



# **Slutrapport**

## **Ökat utnyttjande av raps och åkerböna i slaktskycklingfoder**



**Emma Ivarsson, Helena Wall, Ragnar Tauson,  
Lotta Jönsson och Klas Elwinger**

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU**

**Uppsala 2014-05-21**

## Sammanfattning

Sojaanvändningen inom animalieproduktionen är kraftigt ifrågasatt, och att ersätta sojan med inhemska proteinfodermedel är en av de viktigaste förändringar för att minska miljöpåverkan och stärka svensk kycklings varumärke. Raps och åkerbönor är två av de proteingrödor som är odlingsbara i Sverige och det finns stora möjligheter att öka användningen av dessa i kycklingfoder. Ett litet gissel med i stort sett alla inhemska proteingrödor är att de innehåller en del ämnen s.k. antinutritionella substanser (ANS) som kan störa näringsupptaget hos fjäderfän. I raps är det framförallt glukosinolater och dess nedbrytningsprodukter som utgör ett problem. Nedbrytning av glukosinolater aktiveras av enzymet myrosinas. Begränsningen hos åkerböna är för växande djur framförallt tanniner och trypsininhibitorer, där vitblommiga åkerböna är i princip fria från tanniner. Såväl myrosinas som trypsininhibitorer är värmeinstabila och det finns därmed möjligheter att genom förbehandling med värme, förstöra dessa oönskade substanser i råvaran innan den blandas in i fodret. Dock saknas information om optimal tid och temperatur på värmebehandlingen och hur denna påverkar möjlig inblandningsnivå i slaktkycklingfoder. Risken med en för kraftig värmebehandling är att proteinkvaliteten blir negativt påverkad. För att undersöka detta genomfördes fyra delförsök, ett labförsök och ett slaktkycklingförsök med rapsfrö och ett labförsök och ett slaktkycklingförsök med vitblommig åkerböna. Labförsöken utfördes på Kungsängens forskningscentrum, SLU och raps respektive åkerböna torr-rostades i ugn i olika tider och temperaturer. För raps var enzymet myrosinas helt inaktiverat vid rostning 120 °C, 15 min samtidigt som proteinets kvalitet var bibehållen. För åkerböna sågs en sänkning av trypsininhibitoraktivitet och bibehållen proteinkvalitet vid rostning 140 °C, 5,5 min, och dessa temperaturer bedöms som optimala vid torr- rostning. Slaktkycklingförsöken utfördes på Lövsta forskningscentrum, och i rapsförsöket testades 4 inblandningsnivåer, 0, 8, 16, 24 % raps, samt effekt av värmebehandling i form av ångpelletering. För de pelleterade fodren var 16 % inblandning möjlig utan att påverka foderintag, tillväxt eller foderomvandlingsförmåga (FCR) negativt. För de icke-pelleterade - müslifodern var FCR bibehållen vid 8 % inblandning, men vikt och foderintag var sämre än kontrollfodret och sänktes sedan linjärt med ökad inblandningsnivå. I slaktkycklingförsöket med åkerböna testades också 4 inblandningsnivåer, 0, 10, 20 och 30 %, dessa foder ångpelleterades. För nivån 20 % åkerböna testades även effekten av värmebehandling och foderstruktur genom att två müslifoder tillverkades, i det ena var åkerböna förrostade i 140 °C, 5,5 min i det andra var de obehandlade. Resultaten visade att foderintag, vikt och FCR var bibehållen vid 20 % inblandning, vid 30 % inblandning var FCR bibehållen, men foderintag och vikt var sänkta. I båda müslifodern sågs ett väldigt lågt foderintag och därmed låga vikter, men bibehållen FCR. Som slutsats konstaterades att värmebehandling i form av pelletering möjliggör inblandning av 16 % rapsfrö och 20 % vitblommig åkerböna i slaktkycklingfoder.

## Inledning och Syfte

Åkerböna och raps är två proteinråvaror som är odlingsbara i Sverige och har potential att ta en större plats i svenskt slaktkycklingfoder. Båda grödorna innehåller relativt mycket protein, (rapsfrö ~21 och åkerböna ~30% råprotein (SLU, 2011)) och borde på sikt kunna ersätta en stor del av den importerade sojan. Ett litet gissel med i stort sett alla inhemska proteingrödor är att de innehåller en del ämnen som kan störa näringsupptaget hos fjäderfän och andra enkelmagade djur. Dessa s.k. antinutritionella substanser (ANS) begränsar hur mycket av råvaran som kan blandas in i fodret (Jezierny *et al.*, 2010). Det finns dock möjligheter att förstöra flera av dessa oönskade substanser i råvaran innan den blandas in i fodret. T.ex. kan värmekänsliga ANS elimineras via upphettning, vilket redan tillämpas rutinmässigt vid framställning av sojamjöl. Det är sannolikt att liknande upphettning kan förbättra proteinets tillgänglighet i åkerböna och raps, men här saknas kunskap om vad som är optimal temperatur och upphettningstid för att inte värmebehandlingen i sig ska försämra proteinets tillgänglighet. Vid för kraftig upphettning riskeras att protein och kolhydrater bildar svårnedbrytbara komplex, vilket i sin tur minskar utnyttjandet av såväl protein som kolhydrater.

De ANS som förknippas med raps är s.k. glukosinolater som genom växtförädling minskats till nivåer som idag är mindre kontroversiella än tidigare (Tripathi & Mishra, 2007) men likväl är rekommenderad maximal inblandningsmängd av rapsmjöl och rapsfrö till slaktkyckling begränsad till ca 10 % (Fasima & Campbell, 1997; Carlsson, 2012). Glukosinolaterna i sig är inte giftiga utan det är deras nedbrytningsprodukter som bildas i samband med värmebehandling och/eller genom att de kommer i kontakt med myrosinas, ett enzym som finns i fröet och som frigörs då fröet skadas/krossas. Det finns även mikrober i mag-tarmkanalen hos kycklingar som kan bilda myrosinas (Khajali & Slominski, 2012). Nedbrytningsprodukterna påverkar kycklingarnas produktion negativt genom att sänka smakligheten och foderintaget, påverka lever och njurfunktion, samt störa jodtillgänglighet och sköldkörtelfunktioner (Tripathi & Mishra, 2007).

Även om raps är möjligt att odla i Sverige, är det framförallt importerat rapsmjöl som används inom dagens slaktkycklingproduktion (Dahlström *et al.*, 2010). Detta på grund av att merparten av den raps som odlas i Sverige säljs till Aarhus Karlsruhamn (Björklund *et al.*, 2010) som utviner oljan och tar fram ett rapsmjöl (ExPro) anpassat till idisslare. Rapsmjöl är den rapsprodukt som används i störst utsträckning i svenska fjäderfäfoder (22 000 ton) men även rapsfrö används (18 100 ton) (Björklund *et al.*, 2010). Till skillnad från rapsmjölet är rapsfröet vanligtvis av svenskt ursprung (Dahlström *et al.*, 2010). Genom att istället för rapsmjöl använda helt rapsfrö, och tillsätta detta på gården ungefär på samma sätt som hel vete, kan en större del av proteinbehovet täckas av närproducerat foder. Det finns här olika argument för hur fröet bäst ska hanteras för att minimera ev. effekter av glukosinolater. För att öka tillgängligheten av näringsämnen rekommenderas att fröet krossas/mals före inblandning (Fasima & Campbell, 1997), vilket t.ex. kan ske genom att det mals tillsammans med spannmål, varvid det dock samtidigt finns risk att myrosinas och glukosinolater möts och det bildas giftiga nedbrytningsprodukter. Genom upphettning (rostning) av fröet innan krossning kan man förstöra myrosinas, som är värmekänsligt, men samtidigt riskerar man då också en viss nedbrytning av glukosinolater till giftiga ämnen. Det gäller alltså att hitta en ur näringssynpunkt optimal nivå av värmebehandling, önskvärt är bibehållen proteintillgänglighet samt inaktivering av myrosinas (Bell, 1993).

Förekommande ANS i åkerböna är ffa tanniner, lektiner och trypsininhibitorer (Jezierny *et al.*, 2010). Innehållet av tanniner har genom växtförädling framgångsrikt reducerats i vitblommiga sorter av åkerböna och är därmed av underordnad betydelse (Griffiths, 1981). Trypsininhibitorer och lektiner kan dock ställa till problem genom negativ inverkan på kycklingens möjlighet att bryta ned och utnyttja fodrets protein vilket leder till försämrat foderutnyttjande, lägre tillväxt samt en överaktiv bukspottkörtel (Jezierny *et al.*, 2010).

Trypsininhibitorer och lektiner är värmeinstabila och ett sätt att reducera deras negativa inverkan är upphettning via t.ex. rostning. I dagsläget saknas dock kunskap om optimal temperatur och under hur lång tid upphettningen bör göras. Ett annat alternativt tillvägagångssätt som enligt vår kännedom ännu inte testats på åkerböna är att eliminera trypsinibitoraktiviteten med hjälp av ett mikrobiellt proteas, dvs en enzymtillsats. Detta skulle vara fördelaktigt vid exempelvis gårdsblandningar där det eventuellt är tänkbart att åkerböna liksom hel vete i framtiden kan inblandas i foderstaten direkt på gården.

Syftet med detta projekt är att:

- finna och utvärdera optimal värmebehandlingsprocess för raps och åkerböna för att minimera effekter av ANS utan att proteinet förstörs av upphettningen
- studera effekter på produktion och hälsa vid olika inblandningsnivåer av krossad raps eller åkerböna
- utvärdera effekten på kycklingarnas foderomvandling och tillväxt av att rosta åkerbönan innan den blandas i fodret eller tillsätta proteasenzym.
- utvärdera effekten av värmebehandling genom att jämföra pelleterat och opelleterat foder.

### **Projektets genomförande**

Inom ramen för detta projekt har 4 studier genomförts, ett labförsök med raps, ett tillämpat slaktkycklingförsök med raps, ett labförsök med åkerböna samt ett tillämpat slaktkycklingförsök med åkerböna.

#### ***Genomförandet av labstudierna***

Studierna genomfördes på Kungsängens forskningscentrum. Vid varje rostning spreds 50-55 gram rapsfrö eller åkerböna ut på en plåt (1 lager) och torr-rostades i ugn.

#### ***Raps***

I rapsförsöket rostades 15 prov se Tabell 1, även ett kontrollprov (orostad raps) ingick i försöket, samtliga prov analyserades för proteinlöslighet och myrosinasaktivitet, dessutom analyserades glukosinolatinnehåll på 8 utvalda prov. Proteinlösligheten är direkt kopplad till proteinets smältbarhet, dvs hur stor del av proteinet som kan utnyttjas av kycklingarna. De prov som analyserades för glukosinolater (markerade kursivt i tabellen) var kontroll, samt proven som rostades i 30 min i 80, 100, 120 respektive 140 °C, samt samtliga prover rostade i 160 °C.

Tabell 1. Tider (min), och temperaturer, (°C) vid rostning av rapsfrö. Kursivt innebär att proverna förutom proteinlöslighet och myrosinasaktivitet analyserats för innehåll av glukosinolater

Temp	Tid	Temp	Tid	Temp	Tid	Temp	Tid	Temp	Tid
80	8	100	8	120	8	140	8	<i>160</i>	8
80	15	100	15	120	15	140	15	<i>160</i>	<i>15</i>
80	30	<i>100</i>	30	120	30	<i>140</i>	30	<i>160</i>	30

### *Åkerböna*

I åkerböna försöket rostades 3 prover och dessutom ingick ett kontrollprov (orostad åkerböna) i försöket. Samtliga prov rostades i 5,5 min i 120, 140 samt 160 °C. Temperaturerna och tiderna valdes i samråd med Fredrik Fogelberg på JTI. Proven analyserades för proteinlöslighet och trypsininhibitoraktivitet.

### **Genomförandet av tillämpade slaktkycklingförsök**

Försöken utfördes på Lövsta forskningscentrum, och det ingick 320 kycklingar i respektive försök av hybrid Ross 308. Kycklingarna sattes in som daggamla och produktionsförsöken avslutades då kycklingarna var 34 dagar gamla. De 320 kycklingarna var fördelade på 40 grupper med 8 djur/grupp, se Figur 1. I försöket ingick 8 olika foderbehandlingar med 5 upprepningar per behandling. Kycklingarna vägdes veckovis i grupp, samt individvägdes och könsbestämdes vid dag 34. Foderintag registrerades veckovis. Foderomvandlingsförmåga beräknades för varje vecka och korrigerades för döda kycklingars vikt. Individvikterna vid dag 34 användes för att räkna ut variationskoefficienten (CV) som är ett mått på spridning i vikt inom grupp. Följande formel användes:  $CV \% = (\text{Standardavvikelsen}/\text{medelvikt}) \times 100$ . Förekomst av sticky droppings (skala 0-1) registrerades dag 7 och 14. Ströbäddsbedömning och torrsubstans på träck bestämdes vid dag 12, 22 och 33. Vid ströbäddsbedömningen delades bädden i 4 rutor där varje ruta gavs poäng mellan 1-5, där 1 = helt torr bädd och 5 är blöt/kladdig bädd. Ett medelvärde för de 4 rutorna användes sedan som total poäng/grupp. Vid dag 35 valdes det slumpvis ut en höna och en tupp per grupp som avlivades, individvägdes, dissekerades samt fothälsobedömdes. Fothälsan bedömdes enligt Ekstrand *et al.* (1998), där 0= inga skador, 1= lindrig fotskada, 2= svår fotskada. I rapsförsöket vägdes lever och sköldkörtel, och i åkerböna försöket vägdes lever och bukspottskörtel. Organvikterna relaterades till levande vikten och beräknades som g organ per kg levande vikt.

Samtliga försöksfoder var baserade på vete och sojamjöl, som ersattes med raps eller åkerböna i olika utsträckning i de olika behandlingarna. Fodren analyserades avseende torrsubstans (ts), aska, råprotein (RP), råfett (RF), växttråd och aminosyror.



Figur 1. Smågruppsmodul från Lövsta forskningscentrum, SLU som användes i både raps- och åkerböna försöket. Foto: Malin Alm.

### Raps

I rapsförsöket studerades effekt av inblandningsnivå av raps, samt effekt av värmebehandling i form av pelletering. De opelleterade fodren värmebehandlas inte och var så kallade müsli-foder. Totalt ingick 8 foderbehandlingar, se Tabell 2. För försöksfodren analyserades förutom tidigare nämnda näringsvärden, mängden glukosinolater och aktiviteten av myrosinas. Råvarusammansättning och analyserat näringsinnehåll visas i Tabell A, Bilaga 1.

Tabell 2. Foderbehandlingar i rapsförsöket

Behandling	Inblandningsnivå, Raps, %	Värmebehandling pelletering	=
Kontroll M*	0	Nej	
raps8 M	8	Nej	
raps16 M	16	Nej	
raps24 M	24	Nej	
Kontroll PK <sup>#</sup>	0	Ja	
raps8 PK	8	Ja	
raps16 PK	16	Ja	
raps24 PK	24	Ja	

\*M = Müsli

<sup>#</sup>PK= Pellets-kross

### Åkerböna

I åkerböna försöket studerades effekt av inblandningsnivå, förrostning av åkerböna, samt tillsats av proteas. Försöken behandlas som 3 delförsök. Totalt ingick 8 foderbehandlingar, se Tabell 3.

Tabell 3. Foderbehandlingar i åkerböna försök

Delförsök	Rostning	Foder	Inblandningsnivå åkerböna, %
<i>Nivå-försök</i>			
Pelleterat foder	Nej	Kontroll	0
	Nej	ÅB10	10
	Nej	ÅB20	20
	Nej	ÅB30	30
<i>Rostningsförsök</i>			
Müslifoder	Ja	Müsli-rostad	20
	Nej	Müsli	20
<i>Proteas-försök</i>			
Pelleterat foder	Nej	Neg. Kontroll	20
	Nej	Proteas	20

I rostningsförsöket förrostades åkerböna i 140 °C, 5,5 min, rostningen utfördes av Fredrik Fogelberg, JTI. Därefter maldes och blandades böna in ett müslifoder, detta jämfördes mot müslifoder med orostade åkerböna. I proteasförsöket skapades en negativkontroll som låg under kycklingarnas behov av råprotein och aminosyror, till samma recept tillsattes sedan proteaset. Råvarusammansättning och analyserat näringsinnehåll visas i Tabell B, Bilaga 1.

## Resultat

### *Labförsök raps*

Rostning av raps visade att mängden glukosinolater minskades först vid rostning i 160 °C i 15 min varvid även proteinlösligheten reducerats. Myrosinasaktiviteten däremot halverades redan vid rostning 120 °C 8 min, och var helt inaktiverad från 120 °C i 15 min. Samtliga resultat visas i Tabell C, Bilaga 1. I försöksfodren sågs att myrosinsaktiviteten halverades under pelletering och att glukosinolathalten minskade något, se Tabell A, Bilaga 1.

### *Tillämpat slaktkycklingförsök med raps*

Vid försökets start uppmärksammades att kycklingarna som fick Kontroll PK åt dåligt och sorterade fodret, vi fann även en stor del mörka pelletter i fodret som indikerade fel vid pelletering. En låg proteinlöslighet bekräftade att något gått fel vid pelletering och därmed användes inte resultat från denna behandling, fodren från övriga behandlingar bedömdes vara korrekt pelleterade. Produktionsresultaten från övriga behandlingar visas i Tabell D, Bilaga 1. Vid dag 34 var det inte någon skillnad i levande vikt och foderintag mellan müslikontrollen och någon av rapsinblandningsnivåerna för de pelleterade fodren, däremot var det i princip en linjär sänkning för båda parametrarna med ökad inblandning av raps i müslifoder. I müslifodren skiljde sig inte foderomvandlingsförmågan mellan Kontroll och 8 % raps medan den var försämrad vid 16 och 24 % inblandning. Vid pelleterat foder var foderomvandlingsförmågan bibehållen vid 16 % inblandning, men försämrad vid 24 % inblandning. Spridningen i vikt ökade kraftigt vid 16 och 24 % raps inblandning vid müslifoder, detta observerades inte vid höga rapsinblandningar för pelleterat foder (Figur 1, Bilaga 1). Den relativa sköldkörtelvikten var högre i samtliga foder med rapsinblandning jämfört med kontrollfodret, de högsta vikterna observerades för 16 och 24 % inblandning vid pelleterat foder. Det var ingen skillnad i levervikt eller förekomst av sticky

droppings mellan olika foderbehandlingar, däremot hade samtliga kycklingar som fått müslifoder en torrare träck och lägre fothälsopoäng jämfört med kycklingarna som fick pelleterat foder, samtliga resultat visas i Tabell E, Bilaga 1.

#### *Labförsök åkerböna*

Rostningen av åkerböna och analyserna av proteinlöslighet och trypsininhibitoraktivitet visade låga nivåer av trypsininhibitorer, en viss sänkning av aktiviteten skedde vid rostning i 140 °C utan att proteinlösligheten var påverkad, vilket den var vid 160 °C. Därmed valdes temperaturen 140 °C som den optimala temperaturen och var den som användes vid förrostning till slaktkycklingförsöket. Samtliga resultat från studien visas i Tabell F, Bilaga 1.

#### *Slaktkycklingförsök åkerböna*

Vid analys av aktiviteten av tillsatta enzymer framgick att proteas inte tillsatts i korrekt mängd vid fodertillverkningen på fabrik. Därmed är inte resultaten från denna behandling (Proteas-försöket) tillförlitliga och redovisas inte. Produktionsresultat från övriga behandlingar visas i Tabell G, Bilaga 1. I nivå-försöket med pelleterat foder var det vid dag 34 inte någon skillnad i levande vikt och foderomvandlingsförmåga mellan kontroll och 20 % åkerböna medan båda parametrarna var något lägre vid 30 % inblandning av åkerböna. Vid 20 % inblandning av åkerböna i müslifoder var foderintaget och som en konsekvens även levande vikten låg. Det var ingen skillnad om fodret innehöll obehandlad eller förrostad åkerböna. För foderomvandlingsförmågan däremot hade åkerböna 10 %, åkerböna 30 % och müsli-rostad bäst värden, även om övriga behandlingar låg inom förväntade värden (1,71-1,73). Spridningen i vikt (CV%) skiljde sig inte markant mellan de olika behandlingarna, även om den var något ökad i müslifodret med obehandlad åkerböna (Figur 2, Bilaga 1). Den relativa bukspottskörtelvikten var högre i de båda müslifodren än i övriga foderbehandlingar, men ingen skillnad observerades i levervikt eller förekomst av sticky droppings. Liksom i rapsförsöket hade kycklingarna som åt müslifoder en torrare träck än de som åt pelleterat foder, fullständiga resultat visas i Tabell H, Bilaga 1.

## **Diskussion**

Labförsöket med raps visar att för att helt inaktivera myrosinas vid torr-rostning krävs 120 °C i 15 min. Vid denna tid och temperatur är såväl proteinlösligheten som glukosinolaterna intakta, och behandlingen kan därför rekommenderas vid förrostning av raps. Det är inte helt klart om det är mest fördelaktigt att bibehålla glukosinolaterna intakta, eller att de bryts ner till viss del innan utfodring. Då kycklingarna har myrosinasaktivitet i framförallt blindtarmarna gör det att en viss nedbrytning alltid kommer ske i djuret (Khajali & Slominski, 2012). I vårt labförsök sågs att för att minska mängden glukosinolater med torr-rostning krävdes en så pass kraftig värmebehandling vilket medförde att proteinets kvalitet förstördes. Enligt Bell (1993) bör man sträva efter en värmebehandling som precis inaktiverar myrosinas, för vid kraftigare värmebehandling är risken för stor att proteinets och framförallt lysinets tillgänglighet försämras. Vid ångpelletering (~75°C) av försöksfodren sågs ungefär en halvering av myrosinasaktiviteten medan ca 25 % av glukosinolaterna bröts ner. Förutom tid och temperatur påverkar även fuktighet och tryck effektiviteten av värmebehandling. En svensk studie av Kärnell (1988) visade att myrosinas inaktiveras helt vid upphettning till 95°C i ca 5 min med ångpelletering. Samma värmebehandling gav ingen effekt på glukosinolatinnehåll. I en dansk studie av Jensen *et al.*



(1995) ångrostades rapsmjöl i 100<sup>0</sup>C i 0, 15, 30, 60 och 120 min. Glukosinolatinnehållet minskade med 24, 46, 70 och 95 % för de olika tiderna, dock minskade även proteinlösligheten med ökad tid och var för de olika behandlingarna: 85, 81, 61, 51 och 40 %. Ett tydligt samband kunde även konstateras mellan minskad proteinlöslighet och minskad smältbarheten för RP hos råttor. På grund av att varierande förhållandena vid olika värmebehandlingar resulterar i olika optimala tider och temperaturer, är det svårt att ge en generell rekommendation om optimal tid och temperatur. Man bör därför göra en specifik utvärdering för just den värmebehandling man själv är intresserad av, där såväl tid, temperatur, fuktighet som tryck inkluderas.

Produktionsresultaten från rapsförsöket visar att 16 % rapsfröinblandning i ett pelleterat foder är möjlig utan att sänka tillväxt, foderintag eller foderomvandlingsförmåga. Resultat från tidigare studier ger varierande uppgifter av vad maximala inblandningsnivån av raps är. I en artikel av Woyengo *et al.* (2011) spekulerar kanadensiska forskare i om sammansättningen på den basala dieten, dess fiberinnehåll och sammansättningen på kycklingarnas tarmflora påverkar hur hög inblandningsnivå som är möjlig. Skillnader i sammansättning mellan basaldieten i olika försök kan därför vara en faktor som förklarar varför resultaten varierar. I ett examensarbete av Carlsson (2012) från SLU blandades rapsfrö och rapsmjöl i förhållandet 1:5 och inblandningsnivåer från 10-30 % testades. Försöket visade att produktionen var negativt påverkad redan vid 10 % inblandning. I en indisk studie av Ramesh *et al.* (2006) visades det däremot att en 30 % inblandning av rapsmjöl är möjlig i ett majs-sojamjölslutbaserat slutfoder utan negativ påverkan på produktionen. I en kanadensisk studie av Fasima & Campbell, (1997) testades olika inblandningsnivåer av rapsfrö och ärtor (1:1), och där framkom att en viss sänkning av produktionen (0,79 dagar längre uppfödningstid) uppkom redan vid 10 % inblandning, men sänkningen av produktionen med ökad inblandningsnivå var sedan marginell (20 % - 1,0 dag; 30 % - 1,2 dagar längre uppfödningstid) och någon distinkt maximal inblandningsnivå kunde inte identifieras. I våra försök visades att vid inblandning av rapsfrö i müsli-foder var toleransnivån betydligt lägre jämfört med i pelleterade foder. Såväl tillväxt som foderintag var lägre redan vid 8 % rapsinblandning, även om foderomvandlingsförmågan var bibehållen, vilket indikerar att det var foderintaget som var begränsningen. Vid 16 % inblandning i müsli-foder var även foderomvandlingsförmågan negativt påverkad. I grupperna som fått 16 och 24 % raps som müsli-foder sågs även en markant ökning i spridning i individvikt. Detta indikerar att det finns individuella skillnader i hur väl kycklingarna tål icke-värmebehandlad raps. Positiva effekter av pelletering fann även Fasima & Campbell (1997). De rapporterade en bättre tillväxt och foderomvandlingsförmåga vid ångpelleterat jämfört med obehandlat rapsfrö, vilket förklarades med en förbättrad proteinsmältbarhet, kväveretention, fettsmältbarhet och omsättbar energi. I en tysk studie av Danicke *et al.* (1998) framkom att krossning/malning av rapsfrö till under 0,6 mm förbättrar energivärdet för raps. Liknande resultat fick Shen *et al.* fram redan 1983, då man fann att såväl malning av rapsfrö två gånger (hammarkvarn 3,2 mm) som ångpelletering förbättrade fettsmältbarheten. De fann även att enbart malning inte var jämförbart med pelletering, och de drog som slutsats att någon form av värmebehandling är nödvändig för att utnyttja raps optimalt. Förutom förbättrad smältbarhet inaktiveras myrosinaser genom värmebehandling, och därmed blir det färre giftiga nedbrytningsprodukter från glukosinolater.

Även om växtförädling gjort att nivåerna av glukosinolater i dagens raps är långt under vad det en gång varit (10 vs 120 µmol/g), finns det fortfarande en oro för att en hög inblandningsnivå av raps kan påverka djurs hälsa och produktion negativt. Det finns varierande uppgifter på

toleransnivån för glukosinolater i foder till kycklingar. Slutsatsen från en litteraturstudie av Tripathi & Mishra (2007) var att sätta maxgränsen till 5,4  $\mu\text{mol/g}$  foder, men man indikerade att en viss sänkning av tillväxt kan initieras redan vid nivåer mellan 2-4  $\mu\text{mol/g}$  foder och vid nivåer mellan 6-10  $\mu\text{mol/g}$  foder bör man förvänta sig en tillväxtsänkning med ungefär 10 %, vid nivåer över 10  $\mu\text{mol/g}$  foder en kraftig sänkning av tillväxten. Dock baserades slutsatserna framförallt på studier utförda på 70- och 80-talet. Slutsatsen av en annan litteraturstudie av Khajali & Slominski (2012) var att 4  $\mu\text{mol/g}$  foder kan ses som en säker gräns. Dagens dubbellåga rapssorter innehåller ca 10  $\mu\text{mol/g}$  raps, för att nå 4  $\mu\text{mol/g}$  foder kan det med avseende på glukosinolat innehåll blandas in upp till 40 % rapsfrö. I vårt försök låg glukosinolat innehåll i fodren mellan 0-3,5  $\mu\text{mol/g}$  foder, enligt litteraturen var därmed samtliga foder under gränsvärdet för mängden glukosinolater till kyckling. Trots detta sågs förstörade sköldkörtlar i samtliga foder med rapsinnehåll. Däremot sågs det inte en klar koppling mellan ökat glukosinolat innehåll, förstörd sköldkörtel och försämrad produktion. Kycklingarna som fick foder med 16 och 24 % rapsinblandning av pelleterat foder var de som hade störst sköldkörtlar, intressant nog var inte tillväxten negativt påverkad i någon av dessa behandlingar. I studien av Ramesh *et al.* (2006) fann man liknande resultat, en ökad sköldkörtelvikt vid rapsinblandning, men ingen påverkan på sköldkörtelhormoner eller produktionsparametrar. I studien av Woyengo *et al.* (2011) å andrasidan utfodrades mellan 0-40% rapsmjöl och man såg en linjär minskning av foderintag och tillväxt med ökad rapsmjölsinblandning, däremot var varken sköldkörtelvikt eller hormon påverkade. Levern däremot ökade i vikt med ökad rapsinblandning. Ökad levervikt observerades inte i vår studie. De varierande resultaten i påverkan på organvikter tyder på att en förstörd lever eller sköldkörtel inte kan användas som enda mått för att mäta negativa hälsoeffekter av glukosinolater.

Labstudien rörande åkerböna visade att rostning i 140 °C i 5,5 min var den temperatur som var optimal, vilket baserades på att trypsininhibitoraktiviteten sänktes något utan att proteinkvaliteten påverkades. Överlag var trypsininhibitoreraktiviteten låg, i obehandlad åkerböna var aktiviteten 2,0 mg/g att jämföra med värmebehandlat sojamjöl som har en aktivitet runt 4,0 mg/g. Vad toleransnivån för kycklingar är, är inte känt men höga inblandningar av sojamjöl används frekvent utan problem och därmed borde inte nivåerna som uppmätts i åkerböna utgöra en begränsning. Andra fördelar med värmebehandling av åkerböna är en hygiensisk aspekt. I en fransk studie av Lacassange *et al.* (1988) visades att pelletering av åkerböna leder till förbättrad protein- och stärkelsesmältbarhet. Då åkerbönona är stärkelsrika är detta en viktig aspekt, men inget som undersökts närmre i detta försök.

Produktionsresultaten av slaktkycklingförsöken med åkerböna visade att upp till 20 % inblandning är möjlig i ett pelleterat foder utan att påverka produktionen negativt. Även 30 % inblandning tolererades bra, och de kycklingarna hade till och med bättre foderomvandlingsförmåga än de som fått kontrollfoder. Däremot sågs ett lägre foderintag och därmed en lägre tillväxt vid 30 % inblandning, vilket resulterar i en längre uppfödningstid. Goda produktionsresultat vid 20 % inblandning stämmer överens med resultat från studier utförda på Nya Zeeland och Australien (Farell *et al.*, 1999; Nalle *et al.*, 2010). I en italiensk studie av Laudadio *et al.* (2011) visades däremot att med skalning och värmebehandling i form av mikronisering var 31 % inblandning av åkerbönor möjlig utan negativa effekter på produktionen. I vår studie fann vi en stor skillnad i produktionsresultat mellan pelleterat och müsli-foder. Vid müsli-foder var foderintaget kraftigt försämrat vid 20 % inblandning. I en

sydafrikansk studie av Gous (2011) visades också ett försämrat foderintag vid inblandning av åkerböna i ett icke värmebehandlat mjölfoder jämfört med ett pelleterat foder. I den studien var det även en linjär sänkning av foderomvandlingsförmågan med ökad åkerböna-inblandning i mjölfoder, vilket inte sågs då fodren var pelleterade. De drog som slutsats att åkerböner innehåller en värmelabil komponent som påverkar kycklingarnas produktion negativt, vilken komponent det rörde sig om var inte känt. I vår studie var foderomvandlingsförmågan i müsli-fodren jämförbar med de pelleterade fodren, och i de förrostade åkerbönerna var foderomvandlingsförmågan bättre än i såväl de orostade böner som det pelleterade fodret med 20 % inblandning. Detta indikerar att det finns ytterligare en förklaring till varför kycklingarna producerar sämre på müsli/mjölfoder än pelleterat foder, annars hade vi fått en mer tydlig effekt av förrostningen av åkerbönerna. Som nämnts tidigare har det visats att pelletering förbättrar stärkelse- och proteinsmältbarheten av åkerböna (Lacassange *et al.*, 1998). Då kycklingarna som åt de förrostade åkerbönerna hade en bättre foderomvandlingsförmåga än de som åt obehandlade böner tyder det att även rostningen har en positiv effekt på smältbarhet och energivärde. Problemet i vår studie var det låga foderintaget, vilket kan tyda på smaklighetsproblem. Kycklingar har dåligt utvecklade smaklökar, vilket tyder på att det snarare är foderstrukturen som är en bakomliggande orsak än själva smakligheten. Då enbart en nivå (20 %) och en struktur användes av müsli-fodret och det resulterade i ett lågt foderintag är det svårt att uttala sig om vad en lämplig inblandningsnivå av åkerböna i müsli-foder skulle vara och för att göra det krävs fler studier.

Sammantaget har detta projekt gett många intressanta svar, men även en del frågor att jobba vidare med. Det vi anser viktigt att fokusera på är alternativa värmebehandlingar som är möjliga att utföra på gårdsnivå, så som extrudering av såväl raps som åkerböna. Andra intressanta frågor är bakomliggande anledningar till de stora individuella skillnaderna i rapstolerans samt effekter av att använda brokblommig åkerböna.

Tack till Anita Pettersson, Ulrik Helgstrand, och Fredrik Fogelberg för hjälp med genomförandet av studien!

En sammanfattning av studierna presenteras i Fjäderfä, nr. 5, 2014.

## Referenser

- Bell, JM. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Canadian Journal of Animal Science* 73: 679-697
- Björklund, I., Eklöf, P. och Renström, C. 2010. Marknadsöversikt- vegetabilier. Jordbruksverket. Rapport 2010:4.
- Carlsson, Å. 2012 Raps som fodermedel till slaktkycklingar. Examensarbete 372., SLU, Uppsala
- Dahlström, J., Eskilsson, K. och Gredegård, S., Molander, C. och Wejdemar, K. 2010. Jordbruksverkets foder-kontroll 2010. Jordbruksverket.
- Danicke *et al.* (1998) Danicke S, Kracht W, Jeroch H., Zachmann R, Heidenreich E & Löwe R. 1998. Effect of different technical treatments of rapeseed on the feed value for broilers and laying hens. *Archives of Animal Nutrition* 51: 53-62.
- Ekstrand C, Carpenter TE, Andersson I & Algers B. 1998. Prevalence and control of foot-pad dermatitis in broilers in Sweden. *British Poultry Science* 39: 318–324.
- Farell DJ, Perez-Maldonado RA & Mannion PF. 1999. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. *British Poultry Science* 40: 674–680.
- Fasina YO & Campbell GL. 1997. Whole canola/pea and whole canola/canola meal blends in diets for broiler chickens .2. Determination of optimal inclusion levels. *Canadian Journal of Animal Science* 77: 191-195.
- Griffiths DW. 1981. The polyphenolic content and enzyme inhibitory activity of testas from bean (*Vicia faba*) and pea (*Pisum spp.*) varieties. *Journal of Science of Food and Agriculture* 32: 797–804.
- Gous RM. (2011) Evaluation of faba bean (*Vicia faba* cv. Fiord) as a protein source for broilers. *South African Journal of Animal Science* 2011, 41: 71-78.
- Jensen S K, Liu YG & Eggum BO. 1995. The effect of heat treatment on glucosinolates and nutritional value of rape-seed meal in rats. *Animal Feed Science and Technology*.53, 17–28.
- Jezierny D, Mosenthin R & Bauer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 157: 111–128.
- Khajali F & Slominski BA. 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry Science* 91:2564–2575
- Kärnell R. 1988. Nedbrytning av glukosinolater in vitro i våmvätska- jämförelse mellan obehandlat rapsfrö, värmebehandlat rapsfrö och rapsmjöl. Examensarbete i ämnet husdjurens utfodring och vård. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Lacassange L, Francesch M, Carri B & Melcion JP. 1988. Utilization of tannin-containing and tannin-free faba Beans ( *Vicia faba*) by young chicks: effects of pelleting feeds on energy, protein and starch digestibility. *Animal Feed Science and Technology* 20: 59-68.
- Laudadio V, Ceci E & Tufarelli V. 2011. Productive traits and meat fatty acid profile of broiler chickens fed diets containing micronized fava beans (*Vicia faba* L. var. minor) as the main protein source. *Journal of Applied Poultry Research* 20: 12-20.
- Nalle CL, Ravindran V & Ravindran G. Nutritional value of faba beans (*Vicia faba* L.) for broilers: Apparent metabolisable energy, ileal amino acid digestibility and production performance. *Animal Feed Science and Technology* 156: 104–111.
- Ramesh K R, Devegowda G & Khosravinia, H. 2006. Effects of enzyme addition to broiler diets containing varying levels of double zero rapeseed meal. *Asian-Australasian Journal of*

- Animal Sciences 19, 1354-1360.
- Shen H, Summers JD & Leeson S. 1983. The influence of steam pelleting and grinding on the nutritive value of canola rapeseed for poultry. *Animal Feed Science and Technology* 8: 303-311.
- SLU. 2011. Fodermedelstabell för gris  
<http://www.slu.se/sv/fakulteter/vh/institutioner/institutionen-for-husdjurens-utfodring-och-var/verktyg/fodertabeller/fodertabell-for-gris/> (hämtad 2014-04-15).
- Tripati M K, & Mishra AS. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 132: 1-27.
- Woyengo TA, Kiarie E & Nyachoti CM. 2011. Growth performance, organ weights, and blood parameters of broilers fed diets containing expeller-extracted canola meal. *Poultry Science*. 90: 2520–2527.

## BILAGA 1

Tabell A. Råvarusammansättning och analyserat näringsinnehåll i foderblandningarna som användes i rapsförsöket (optimerad värden inom parantes)

	Kontroll	Raps8	Raps16	Raps24
<i>Råvaror %</i>				
Vete	64,27	61,80	57,44	43,19
Sojamjöl	26,42	23,61	21,20	27,70
Raps	0	8,00	16,00	24,00
AK-standard	5,70	3,01	1,00	1,00
Kalk	1,64	1,60	2,42	2,23
Monokalciumfosfat	0,67	0,81	0,80	0,93
L-Lysin- HCl	0,36	0,32	0,31	0,03
DL- Metionin	0,24	0,23	0,22	0,19
L-Treonin	0,06	0,04	0,02	0
Premix	0,25	0,20	0,20	0,20
Natriumklorid	0,21	0,21	0,21	0,31
Mononatriumfosfat	0,17	0,16	0,17	0,24
<i>Analyserat innehåll g/kg</i>				
Omsättbar energi MJ (beräknad)	12,3	12,3	12,3	12,3
TS	868,0	871,4	879,8	8856
Aska	40,5	42,1	60,2	71,2
Råprotein	205,4	201,6	200,1	194,4
Växttråd	26,1	28,1	31,1	31,8
Fett	71,3	73,6	100,0	116,4
Lysin	14,5 (11,9)	13,5(12,3)	13,4(12,8)	12,2(13,4)
Metionin	9,2(5,0)	7,8(5,3)	8,5(5,6)	8,0(5,9)
Cystin	7,1	6,9	7,3	7,6
Treonin	8,7	7,6	7,0	7,9
Ca (beräknat)	9,0	9,00	12,0	12,0
P (beräknat)	5,5	6,3	6,8	7,4
Glukosinolater (µmol/g), müsli	0	0,9	2,6	3,5
Glukosinolater (µmol/g), pellet	0	0,9	1,8	2,6
Myrosinas (µmol /min/ml), müsli	0,0	0,1	0,3	0,3
Myrosinas, (µmol /min/ml), pellet	0,0	0,0	0,1	0,2

Tabell B. Råvarusammansättning och analyserat näringsinnehåll för försöksfodren i åkerböna försöket

	Pelleterat				Müssli			
	Kontroll	ÅB10	ÅB20	ÅB30	Neg, Kontroll	Proteas	ÅB20	ÅB20- rostad
<i>Råvara %</i>								
Vete	65,92	59,95	53,79	47,32	59,86	59,86	53,79	53,79
Sojamjöl	24,49	20,29	16,15	12,08	10,59	10,59	16,15	16,15
Åkerböna	0,00	10,00	20,00	30,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Vegetabilisk olja	3,99	4,35	4,70	5,28	4,26	4,26	4,70	4,70
Kalk	2,11	1,99	2,03	2,07	2,02	2,02	1,99	1,99
Monokalciumfosfat	1,62	1,55	1,48	1,41	1,56	1,56	1,48	1,48
L-Lysin- HCl	0,33	0,30	0,27	0,23	0,20	0,20	0,27	0,27
DL- Metionin	0,24	0,24	0,25	0,26	0,15	0,15	0,25	0,25
L-Treonin	0,10	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
Premix	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Salt	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27	0,27
Natriumbikarbonat	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,12	0,12
Xylanas+ fytas	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Proteas	.	.	.	.	.	0,04	.	.
<i>Analyserat näringsinnehåll</i>								
<i>g/kg</i>								
Omsättbar energi MJ (beräknad)	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
Torrsubstans	869	868	867	863	864	868	875	877
Aska	61,7	60,8	61,6	58,7	59,6	58,2	64,0	54,4
Råprotein	192,9	191,8	189,0	200,2	177,1	170,1	203,9	198,2
Växtråd	33,9	34,7	38,1	44,9	36,3	38,2	30,6	38,6
Fett	41,7	44,2	38,1	46,6	38,9	36,4	59,5	49,1
Lysin	12,0	11,8	10,7	12,0	9,60	8,90	10,9	11,0
Metionin	6,5	6,7	6,6	6,5	5,5	4,5	6,1	5,8
Cystin	6,3	8,5	7,6	6,3	9,6	9,0	7,3	8,2
Treonin	7,2	6,8	5,8	6,9	6,8	6,6	7,9	7,0
Ca (beräknad)	11,5	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Tillgänglig P (beräknad)	4,3	4,2	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2

Tabell C. Resultat av labförsök med raps

Temperatur	Tid	Proteinlöslighet, g	Myrosinas $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mL}$	Glukosinolater $\mu\text{mol}/\text{g}$
0	0	253	0,35	11
80	8	283	0,27	.*
80	15	293	0,25	.
80	30	292	0,27	13
100	8	295	0,21	.
100	15	325	0,21	.
100	30	314	0,30	10
120	8	306	0,15	.
120	15	363	0,00	.
120	30	362	0,00	11
140	8	355	0,03	.
140	15	337	0,00	.
140	30	377	0,00	9
160	8	259	0,00	12
160	15	184	0,01	5
160	30	75	0,01	3

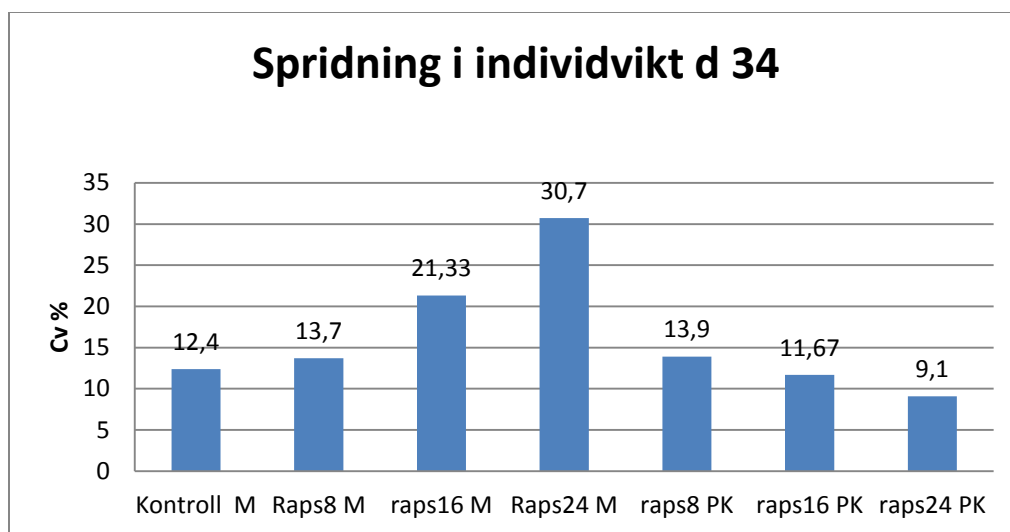
.\*= inte analyserat



Tabell D. Medelvärden av produktionsresultat vid rapsförsök medelvärde ± standardfel

	Müslifoder (ej värmebehandlat)				Pelleterad (Värmebehandlat)			Pooled SEM	P-värde
	Kontroll M	Raps8 M	Raps16 M	Raps24 M	Raps8 PK	Raps16 PK	Raps24 PK		
Levande Vikt (g)									
d 7	156 <sup>b</sup>	142 <sup>c</sup>	141 <sup>c</sup>	125 <sup>d</sup>	166 <sup>ab</sup>	171 <sup>a</sup>	161 <sup>ab</sup>	3.8	<0.0001
d 14	440 <sup>ab</sup>	366 <sup>c</sup>	337 <sup>c</sup>	269 <sup>d</sup>	443 <sup>ab</sup>	464 <sup>a</sup>	412 <sup>b</sup>	13.9	<0.0001
d 21	852 <sup>b</sup>	723 <sup>c</sup>	670 <sup>c</sup>	500 <sup>d</sup>	895 <sup>ab</sup>	932 <sup>a</sup>	819 <sup>b</sup>	27.9	<0.0001
d 28	1434 <sup>ab</sup>	1233 <sup>c</sup>	1136 <sup>c</sup>	798 <sup>d</sup>	1417 <sup>ab</sup>	1484 <sup>a</sup>	1352 <sup>b</sup>	39.4	<0.0001
d 34	2072 <sup>a</sup>	1824 <sup>bc</sup>	1692 <sup>c</sup>	1114 <sup>d</sup>	1993 <sup>a</sup>	2072 <sup>a</sup>	1947 <sup>ab</sup>	50.9	<0.0001
Foderintag (g)									
d 7	230 <sup>cd</sup>	224 <sup>d</sup>	235 <sup>bcd</sup>	226 <sup>d</sup>	256 <sup>a</sup>	245 <sup>ab</sup>	240 <sup>bc</sup>	4.4	<0.0001
d 14	590 <sup>bc</sup>	535 <sup>cd</sup>	523 <sup>d</sup>	479 <sup>e</sup>	632 <sup>a</sup>	622 <sup>ab</sup>	565 <sup>c</sup>	13.0	<0.0001
d 21	1219 <sup>bc</sup>	1078 <sup>d</sup>	1065 <sup>d</sup>	959 <sup>e</sup>	1329 <sup>a</sup>	1299 <sup>ab</sup>	1199 <sup>c</sup>	31.9	<0.0001
d 28	2105 <sup>a</sup>	1891 <sup>b</sup>	1929 <sup>b</sup>	1790 <sup>b</sup>	2263 <sup>a</sup>	2241 <sup>a</sup>	2225 <sup>a</sup>	58.2	<0.0001
d 34	3157 <sup>ab</sup>	2857 <sup>c</sup>	2915 <sup>bc</sup>	2686 <sup>c</sup>	3330 <sup>a</sup>	3292 <sup>a</sup>	3380 <sup>a</sup>	88.0	<0.0001
FCR									
d 7	1.47 <sup>ab</sup>	1.57 <sup>bc</sup>	1.66 <sup>c</sup>	1.82 <sup>d</sup>	1.54 <sup>abc</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.49 <sup>ab</sup>	0.044	<0.0001
d 14	1.34 <sup>a</sup>	1.46 <sup>bc</sup>	1.55 <sup>c</sup>	1.78 <sup>d</sup>	1.43 <sup>ab</sup>	1.34 <sup>a</sup>	1.38 <sup>ab</sup>	0.034	<0.0001
d 21	1.43 <sup>ab</sup>	1.49 <sup>b</sup>	1.59 <sup>c</sup>	1.92 <sup>d</sup>	1.48 <sup>b</sup>	1.39 <sup>a</sup>	1.47 <sup>ab</sup>	0.029	<0.0001
d 28	1.47 <sup>a</sup>	1.53 <sup>abc</sup>	1.70 <sup>d</sup>	2.26 <sup>e</sup>	1.60 <sup>bc</sup>	1.51 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>cd</sup>	0.044	<0.0001
d 34	1.52 <sup>a</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	1.73 <sup>c</sup>	2.42 <sup>d</sup>	1.67 <sup>bc</sup>	1.59 <sup>ab</sup>	1.74 <sup>c</sup>	0.042	<0.0001

<sup>abcd</sup>, olika beteckning indikerar statistiska skillnader mellan behandlingar (P<0,05).



Figur 1. Spridning i individvikt ((variationskoefficient % (CV) av medelvärde)) för de olika foderbehandlingarna i rapsförsöket.

Tabell E. Relativ organvikt, förekomst av sticky droppings, och torrsubstans i träck, medelvärde per foderbehandling vid rapsförsök ± standardfel

Parameter	Värmebehandling							Pooled SEM	P-värde
	Nej, Müssli				Ja, Pelletering				
	Kontroll	MR8	MR16	MR24	PR8	PR16	PR24		
Relativ sköldkörtelvikt (mg/kg kroppsvikt)	108 <sup>e</sup>	148 <sup>de</sup>	193 <sup>bc</sup>	152 <sup>cde</sup>	203 <sup>b</sup>	278 <sup>a</sup>	292 <sup>a</sup>	18.6	<0.001
Relativ levervikt (g/kg kroppsvikt)	31.5	33.9	33.6	33.3	33.8	32.9	35.2	1.24	0.610
Sticky droppings % förekomst d 7	8.2	13.5	15.1	12.3	29.2	32.8	18.6	6.62	0.065
Sticky droppings % förekomst d 14	8.2	18.2	8.5	20.3	27.8	12.8	6.4	5.78	0.190
Torrsubstans träck %	23.1 <sup>b</sup>	24.4 <sup>ab</sup>	25.1 <sup>a</sup>	24.4 <sup>ab</sup>	19.3 <sup>d</sup>	21.2 <sup>c</sup>	21.8 <sup>c</sup>	0.75	<0.001
Total fothälsopoäng	4.9 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	0.3 <sup>a</sup>	0.1 <sup>a</sup>	14.6 <sup>bc</sup>	20.1 <sup>c</sup>	15.1 <sup>bc</sup>	4.79	0.029

<sup>abc</sup>, olika beteckning indikerar statistiska skillnader mellan behandlingar (P<0,05).

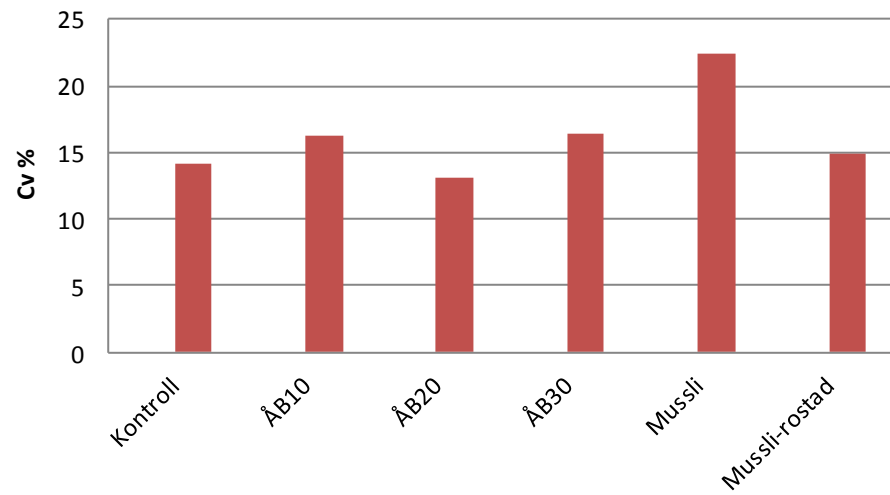
Tabell F. Resultat av labförsök med åkerböna

Rostning	Trypsininhibitoraktivitet (TIA) mg/g	Proteinlöslighet g/kg protein
Obehandlad	2,0	21,9
120	2,1	22,6
140	1,8	22,0
160	1,4	20,8

Tabell G. Medelvärden av produktionsresultat vid åkerböneförsök, medelvärde ± standardfel

Parameter	Foder						Pooled SEM	P-värde
	Pelleterade				Müssli			
	Kontroll	ÄB10	ÄB20	ÄB30	ÄB20	ÄB20-rostad		
Leveande vikt (g)								
d 7	152 <sup>b</sup>	148 <sup>bc</sup>	174 <sup>a</sup>	148 <sup>bc</sup>	135 <sup>cd</sup>	136 <sup>cd</sup>	4,91	<0,001
d 14	439 <sup>b</sup>	417 <sup>b</sup>	518 <sup>a</sup>	388 <sup>b</sup>	296 <sup>c</sup>	300 <sup>c</sup>	19,73	<0,001
d 21	898 <sup>b</sup>	847 <sup>b</sup>	1019 <sup>a</sup>	794 <sup>b</sup>	591 <sup>c</sup>	592 <sup>c</sup>	37,49	<0,001
d 28	1511 <sup>b</sup>	1423 <sup>bc</sup>	1681 <sup>a</sup>	1372 <sup>c</sup>	1018 <sup>d</sup>	1037 <sup>d</sup>	48,89	<0,001
d 34	2098 <sup>a</sup>	2003 <sup>ab</sup>	2167 <sup>a</sup>	1900 <sup>b</sup>	1478 <sup>c</sup>	1544 <sup>c</sup>	66,91	<0,001
Foderintag (g)								
d 7	198 <sup>b</sup>	202 <sup>b</sup>	223 <sup>a</sup>	203 <sup>b</sup>	194 <sup>b</sup>	202 <sup>b</sup>	4,87	0,001
d 14	592 <sup>b</sup>	565 <sup>bc</sup>	677 <sup>a</sup>	518 <sup>c</sup>	453 <sup>d</sup>	468 <sup>d</sup>	17,27	<0,001
d 21	1290 <sup>b</sup>	1211 <sup>bc</sup>	1419 <sup>a</sup>	1124 <sup>c</sup>	949 <sup>d</sup>	954 <sup>d</sup>	37,18	<0,001
d 28	2306 <sup>b</sup>	2141 <sup>bc</sup>	2565 <sup>a</sup>	2020 <sup>c</sup>	1667 <sup>d</sup>	1679 <sup>d</sup>	65,12	<0,001
d 34	3641 <sup>a</sup>	3214 <sup>b</sup>	3726 <sup>a</sup>	2951 <sup>b</sup>	2524 <sup>c</sup>	2562 <sup>c</sup>	115,68	<0,001
FCR								
d 7	1.31	1.38	1.28	1.38	1.44	1.49	0,058	0,089
d 14	1.35 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>	1.57 <sup>b</sup>	1.57 <sup>b</sup>	0,071	<0,001
d 21	1.44 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	1.63 <sup>b</sup>	1.62 <sup>b</sup>	0,063	<0,001
d 28	1.52 <sup>ab</sup>	1.51 <sup>ab</sup>	1.53 <sup>abc</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.64 <sup>c</sup>	1.62 <sup>bc</sup>	0,045	<0,001
d 34	1.73 <sup>b</sup>	1.61 <sup>ab</sup>	1.73 <sup>b</sup>	1.55 <sup>a</sup>	1.71 <sup>b</sup>	1.66 <sup>ab</sup>	0,050	0,009

<sup>abc</sup>, olika beteckning indikerar statistiska skillnader mellan behandlingar (P<0,05).



Figur 2. Spridning i individvikt ((variationskoefficient % (CV) av medelvärde)) för de olika foderbehandlingarna i åkerböna försöket.

Tabell H. Relativ organvikt, förekomst av sticky droppings, och torrsubstans i träck, medelvärde per foderbehandling vid åkerböna försök ± standardfel

Parameter	Foder						Pooled SEM	P-value
	Pelleterat				Müssli			
	Kontroll	ÅB10	ÅB20	ÅB30	ÅB20	ÅB20-rostad		
Relativ bukspottskörtelvikt (g/kg kroppsvikt)	2.1 <sup>c</sup>	2.3 <sup>bc</sup>	2.3 <sup>bc</sup>	2.2 <sup>c</sup>	2.7 <sup>a</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	0.10	<0.001
Relativ lever vikt (g/kg kroppsvikt)	30.5	28.8	27.9	28.3	30.8	29.4	1.12	0.481
Sticky droppings % förekomst d 7	11.0	16.0	12.8	10.7	19.0	4.0	4.87	0.339
Sticky droppings % förekomst d 14	13.0	1.7	13.5	10.67	11.0	6.3	4.39	0.218
Torrsubstans träck %	22.9 <sup>c</sup>	22.9 <sup>c</sup>	24.5 <sup>c</sup>	24.1 <sup>c</sup>	29.2 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	0.61	<0.001

<sup>abc</sup>, olika beteckning indikerar statistiska skillnader mellan behandlingar (P<0,05).