



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Åkerböna till slaktkyckling

- Effekt av enzymtillsats

Ida Elgåsen

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **513**

Uppsala 2015

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **513**

Examensarbete, 30 hp

Masterarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 30 hp

Master Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Åkerböna till slaktkyckling - Effekt av enzymtillsats

Faba bean to broilers – Effect of feed enzyme

Ida Elgåsen

Handledare: Emma Ivarsson, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Supervisor:

Examinator: Ragnar Tauson, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examiner:

Omfattning: 30 hp
Extent:

Kurstitel: Examensarbete i Husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0552
Course code:

Program: Agronomprogrammet - Husdjur
Programme:

Nivå: Avancerad A2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2015
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 513
Series name, part No:

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>
On-line published:

Nyckelord: Slaktkyckling, åkerböna, enzymtillsats, proteas, amylas, ANS
Key words: Broiler, faba bean, feed enzyme, protease, amylase, ANS

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

<p>Sveriges lantbruksuniversitet Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap Institutionen för husdjurens utfodring och vård Box 7024 750 07 Uppsala Tel. 018/67 10 00 Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld</p>	<p><i>Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management PO Box 7024 SE-750 07 Uppsala Phone +46 (0) 18 67 10 00 Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management</i></p>
--	--

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	1
ABSTRACT	2
1 INLEDNING	3
1.1 SYFTE	4
2 LITTERATURSTUDIE.....	4
2.1 ÅKERBÖNAN I SVERIGE	4
2.2 KYCKLINGENS NÄRINGSBEHOV OCH OLIKA FODERMEDELS PÅVERKAN	5
2.3 ANS I ÅKERBÖNA OCH HUR DET PÅVERKAR SLAKTKYCKLINGEN.....	6
2.3.1 <i>Tanniner</i>	6
2.3.2 <i>Trypsininhibitorer</i>	7
2.3.3 <i>Lektiner</i>	7
2.3.4 <i>ANS i åkerböna jämfört med sojamjöl</i>	7
2.4 ENZYMTILLSATSER TILL FJÄDERFÄ	8
2.4.1 <i>Proteas och amylas</i>	8
2.4.2 <i>Fytas</i>	9
2.4.3 <i>Xylanas</i>	9
2.4.4 <i>Jämförelse mellan enzymtillsatser</i>	9
2.4.5 <i>Enzymtillsats och åkerböna till slaktkyckling</i>	9
2.5 PROTEINETS INVERKAN PÅ SLAKTKROPPSEGENSKAPER.....	10
2.5.1 <i>Andra faktorer som påverkar slaktkroppsegenskaper</i>	10
3 MATERIAL OCH METODER.....	10
3.1 FÖRSÖKSUPPLÄGG OCH SKÖTSEL.....	10
3.2 FODERBEHANDLINGAR	11
3.3 MÄTNINGAR OCH TILLSYN UNDER FÖRSÖKETS GÅNG	12
3.3.1 <i>Tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga och spridning i vikt</i>	12
3.3.2 <i>Sticky droppings och torrs substans i träck</i>	13
3.3.3 <i>Organvikter slaktkroppsegenskaper och fothälsa</i>	13
3.3.4 <i>Statistisk analys</i>	13
4 RESULTAT	14
4.1 TILLVÄXT, FODERINTAG, FODEROMVANDLINGSFÖRMÅGA, SPRIDNING I VIKT OCH DÖDLIGHET	14
4.2 STICKY DROPPINGS OCH TORRSUBSTANS I TRÄCK.....	15
4.3 ORGANVIKTER, SLAKTKROPPSEGENSKAPER OCH FOTHÄLSA	15
5 DISKUSSION	16
5.1 TILLVÄXT, FODERINTAG OCH FODEROMVANDLINGSFÖRMÅGA	16
5.2 TRÄCK OCH FOTHÄLSA.....	18
5.3 ORGANVIKTER	18
5.4 SLAKTKROPPSEGENSKAPER.....	18
5.5 ENZYMER PÅVERKAN	19
5.6 FRAMTIDSUTSIKTER INOM ÄMNET	20

6 SLUTSATSER	21
7 TACK TILL.....	22
8 REFERENSER	23

Sammanfattning

I Sverige är soja det vanligaste proteinfodermedlet inom fjäderfäproduktionen. Att utfodra med inhemska proteinfodermedel istället för soja kan göra slaktkycklingsproduktionen mer hållbar. I Sverige är åkerbönan ett alternativ att ersätta sojan med då den är rik på råprotein och skördarna i landet har ökat de senaste åren. Åkerbönan innehåller dock antinutritionella substanser (ANS) så som tanniner, trypsininhibitorer och lektiner, som försämrar näringsupptaget hos kycklingen. Vitblommig åkerböna innehåller låg mängd av tanniner, men innehåller däremot trypsininhibitorer och lektiner, vilket kan medföra att det blir svårare för kycklingen att tillgodogöra sig protein, vilket kan leda till försämrade produktionsegenskaper. För att minska effekten av trypsininhibitorer och lektiner kan fodret upphettas, dock kan det bli minskad tillgänglighet av exempelvis aminosyror vid upphettning. De exogena enzymtillsatserna xylanas och fytas används redan idag i foder till slaktkyckling och det är därför av intresse att tillsätta ytterligare enzymtillsats för att göra råprotein och aminosyror mer tillgängliga för slaktkycklingen. I denna studie undersöktes effekten på slaktkycklingen vid tillsats av proteas i ett foder med en inblandning av 20 % vitblommig åkerböna. I studien ingick tre foderbehandlingar; en positiv kontrollgrupp (positiv) som fick ett foder där protein och aminosyror gavs enligt utfodringsnorm, en negativ kontrollgrupp (negativ) som fick protein och aminosyror under utfodringsnorm och en grupp som fick samma foder som negativa kontrollgruppen men med tillsats av proteas och amylas (enzym). I studien undersöktes enzymernas påverkan på tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, bukspottkörtelvikt, levervikt, träck, fothälsa och slaktkroppsegenskaper. Resultaten i studien visade ingen skillnad mellan negativ och enzym för samtliga uppmätta parametrar. Dock kan omständigheter kring detta försök som att försöket utfördes i ett försöksstall, att fodret värmdes upp vid pelletering och att proteas gavs i kombination med andra enzymer ha påverkat resultaten.

Abstract

Soya is the most common protein feedstuff in poultry production in Sweden. Feeding with native protein feed instead of soya can make broiler production more sustainable. In Sweden the faba bean is an alternative to replace the soya, because it is rich in crude protein and the crop yields in Sweden have increased in recent years. Unfortunately faba bean contains antinutritional substances (ANS) i.e., tannins, trypsin inhibitors and lectins, that impair nutrient absorption in the broiler chicken. White flowered faba bean has a low content of tannins but contains trypsin inhibitors and lectins, which can have negative impact on the protein metabolism resulting in impaired production traits. To reduce the effect of trypsin inhibitors and lectins, the feed can be heated. However there may be a reduced availability of amino acids by heating the feed. Today, the exogenous feed enzymes xylanase and phytase are already used in feed for broiler chickens; therefore there is an interest in adding additional feed enzymes to make the crude protein and amino acids more available to broiler chickens. In this study the effect on the broiler chickens of adding protease to a feed with 20% white flowered faba bean was studied. Three dietary treatments were included in the experiment; a positive control group (positive) that had crude protein and amino acids according to requirement, a negative control group (negative) that had crude protein and amino acids below requirement and one group that was given the same diet as the negative control group but supplemented with protease and amylase (enzyme). The study included effects from feed enzymes on growth, feed intake, feed conversion, pancreas weight, liver weight, feces, foot health and carcass characteristics. No significant differences were observed between the negative and enzyme in any parameters in the study. The facts that the experiment was conducted at a research facility, as well as the diets were heated when pelleted and that protease was given in combination with other enzymes are some of the circumstances which may have had an impact on the result.

1 Inledning

Soja är det vanligaste proteinfodermedlet i Sverige. År 2007 användes ungefär 350 000 ton soja i fodertillverkningen i Sverige (Heimer, 2010) varav nästan 83 000 ton användes till fjäderfäfoder (Jordbruksverket, 2007). Av den sojan som går till fjäderfä används uppskattningsvis ungefär 2/3 till slaktkycklingsfoder och 1/3 till värphönsfoder (Kalmendal, 2015 personligt meddelande). Sojaanvändningen har under flera års tid varit ifrågasatt ur klimatsynpunkt och ur hållbarhets perspektiv. Detta då det avverkas skog och det används farliga bekämpningsmedel i samband med odlingen och även att varan exporteras långa sträckor då den sojan Sverige främst importerar odlas i Brasilien (Heimer, 2010). Under produktionstiden på 35 dagar ska slaktkycklingen tillväxa mer än 2 kg (Aviagen, 2014b) och därmed är protein i foderstaten avgörande för att slaktkycklingens tillväxt inte ska hämmas (Sainsbury, 2000). Vissa aminosyror, essentiella, måste tillsättas till kroppen via fodret då fågeln inte kan syntetisera dem i kroppen (Leeson & Summers, 2001; Rose, 1997). Metionin, lysin och treonin är de viktigaste essentiella aminosyrorerna för kycklingar och metionin är den först begränsande aminosyran men även lysin och treonin kan vara begränsande (Sainsbury, 2000; Elwinger, 2007).

För att göra animalieproduktionen mer hållbar gäller det att försöka ersätta sojabaserade foder med foder som är baserade på inhemska proteinråvaror. Åkerböna kan vara ett alternativ i Sverige då den är rik på råprotein, innehåller ca 30 % (SLU, 2011; Larsson et al., 2013). Den totala skörden av åkerböna har ökat i landet de senaste åren, 2008 var totalskörden 13 700 ton medan den 2013 var på 61 300 ton (SCB, 2014). Ökningen gynnar förutsättningarna att kunna använda åkerböna till foder, eftersom om tillgången är större minskar den ekonomiska risken för lantbrukaren att priset på åkerböna blir för högt. Blir inte priset för högt på åkerböna kan den i framtiden vara mer ekonomiskt säker att använda än soja eftersom det priset är beroende av världsmarknaden (Heimer, 2010). Dock innehåller åkerböna, precis som andra inhemska proteingrödor, antinutritionella substanser (ANS) som kan leda till försämrat näringsupptag hos slaktkycklingen (Valdebouze et al., 1980; Rubio et al., 1990). Det finns både brokblommiga och vitblommiga sorter av åkerböna. De brokblommiga sorterna innehåller tanniner medan de vitblommiga sorterna har ett lågt innehåll av tanniner (Larbier & Leclercq, 1994) men innehåller lektiner och trypsininhibitorer, de kan förhindra att kycklingen kan utnyttja och bryta ner proteinet i fodret ordentligt vilket leder till att produktionsegenskaperna blir försämrade (Liener, 1989; Rubio et al., 1990). Innehåll av trypsininhibitorer kan också leda till en överaktiv bukspottkörtel då denna får producera mer trypsin och andra matsmältningsenzym då trypsin inhiberas (Liener, 1989; Rubio et al., 1990; Larbier & Leclercq, 1994). Enligt Marquardt et al. (1977) är det dock inte främst lektiner och trypsininhibitorer som står bakom tillväxthämningen, utan kondenserade tanniner som har stor effekt. Kondenserade tanniner är de tanniner som bildar komplex med proteiner (Liener, 1989; Marquardt et al., 1977). Enligt Rubio et al. (1990) kan det också finnas ytterligare faktorer än ovan nämnda som ligger bakom tillväxthämningen. För att minska effekten av lektiner och trypsininhibitorer kan upphettning ske (Liener & Kakade, 1980; Marquardt et al., 1976). Upphettning vid för hög temperatur eller för lång tid kan dock leda till minskad tillgänglighet av aminosyror, speciellt lysin (Barletta, 2010). Ett alternativ till upphettning kan vara att tillsätta enzymtillsats till fodret (Ravindran, 2013) för att öka proteintillgängligheten. Om

proteintillgängligheten blir bättre med enzymtillsats och om upphettning skulle kunna tas bort skulle det i framtiden bli lättare för lantbrukaren att blanda sitt foder själv på gården och då skulle chansen öka att åkerböna börjar användas i utfodring av slaktkyckling i större utsträckning. Tidigare studier har gjorts där enzymtillsatsen proteas har tillsatts till slaktkycklingsfoder. I studien av Kalmendal & Tauson (2012) tillsattes proteas till ett foder baserat på vete och soja och då visades en förbättring av näringsupptaget och därmed en förbättring av foderomvandlingsförmågan jämfört med ett foder utan proteas. Dock, enligt egen kännedom, har endast en tidigare studie gjorts där en enzym-mix innehållande proteas har getts i samband med att åkerböna har ingått i foderblandningen (Wiryawan et al., 1997). I studien påvisades en signifikant ökning av nettoproteinkvoten då det tillsattes enzym till åkerböna jämfört med åkerböna utan enzymtillsats.

1.1 Syfte

Syftet var att undersöka om enzymtillsatsen proteas i foder innehållande vitblommig åkerböna till slaktkyckling ökade tillgängligheten av råprotein och aminosyror i åkerböna. Fokus i studien var hur fodret med enzymtillsats påverkar tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, spridning i vikt, vikt på bukspottskörtel och lever, träck, fothälsa och slaktkroppsegenskaper i jämförelse med foder utan enzymtillsats.

2 Litteraturstudie

2.1 Åkerbönan i Sverige

Vicia faba L. minor är namnet på den åkerböna som används som lantbruksgröda, det är en underart till *Vicia faba* L. vilket förvirrande nog också kallas åkerböna. *Vicia faba* L. minor har en frövikts på 0,15-0,65 g. Hästbönan (*Vicia faba* L. equina) och bondbönan (*Vicia faba* L. major) är också underarter till *Vicia faba* L. och har högre frövikts (Johansson, 1999). Åkerbönan (*Vicia faba* L. minor) har ett högt proteininnehåll (Tabell 1), som varierar en aning mellan sorter (Tabell 2; Larsson et al., 2013). Åkerbönan innehåller lägre nivåer av essentiella aminosyror än sojabönan (Tabell 3; Moschini et al., 2005; SLU, 2011). Innehållet av råprotein är lägre än i sojamjöl men högre än i ärter (Tabell 1). Åkerbönan näringssinnehåll i jämförelse med sojamjöl och ärter visas i Tabell 1 och även innehåll av vissa aminosyror i åkerbönan protein i jämförelse med flera fodermedel visas i Tabell 3.

Den totala skörden av åkerböna har ökat i Sverige från 13 700 ton år 2008 till 61 300 ton år 2013 (SCB, 2014). Åkerböna odlas främst i Västra Götaland (Jordbruksverket, 2014b). I Sverige sås åkerbönan tidig vår då det är en ettårig gröda med lång mognadssäsong (Johansson, 1999). Vårsådd åkerböna är mer proteinrik än höstsådd åkerböna (Duc et al., 1999). Som andra baljväxter lever åkerbönan i symbios med *Rhizobium* bakterier. Åkerbönan är bra att ha med i växtföljden då den inte är beroende av en bra förfrukt. Den är själv en bra förfrukt att ha med i växtföljden, då den fixerar kväve från luften med hjälp av *Rhizobium* bakterier och därmed lämnar kvar kväve till grödan som odlas efteråt (Johansson, 1999; Jordbruksverket, 2014a).

Främst odlas brokblommiga sorter i Sverige (Jordbruksverket fältbesiktning, 2013). De vitblommiga sorterna har lägre avkastning och drabbas oftast lättare av ogräs än brokblommiga sorter (Larsson et al., 2013). De vitblommiga sorterna av åkerböna har ett lågt innehåll av tanniner och är därför den sort som rekommenderas till fjäderfä (Larbier & Leclercq, 1994). Sorten Gloria används i detta försök (Tabell 2). Gloria är vitblommig, har hög proteinhalt men avkastningen är låg (Larsson et al., 2013).

Tabell 1. Näringsinnehåll i vitblommig åkerböna i relation till sojamjöl och ärter (SLU, 2011)

Näringsinnehåll (g/kg TS)	Åkerböna	Sojamjöl	Ärter
Råprotein	311	539	239
Råfett	13	17	12
Stärkelse	433	0	516
Metionin	2,2	7,5	2,3
Lysin	20	32,9	17,3
Metionin+Cystin	6,2	15,4	5,5
Treonin	11,1	20,9	9,1

Tabell 2. Olika sorters åkerböna, dess blomfärg och proteinhalt i konventionell odling (Larsson, 2013)

Sort	Blomfärg	Proteinhalt % av TS
Tattoo	Vit	30,0
Gloria	Vit	34,8
Alexia	Vit	31,6
Fuego	Brokblommig	30,4
Marcel	Brokblommig	30,5
Julia	Brokblommig	32,1
Isabell	Brokblommig	30,8

2.2 Kycklingens näringsbehov och olika fodermedels påverkan

För att kycklingen ska producera så bra som möjligt behöver den få i sig en bra balans av energi, protein och aminosyror, mineraler, vitaminer och essentiella fettsyror (Aviagen, 2014a). Essentiella aminosyror måste tillsättas till kroppen via fodret då de inte kan syntetiseras i kroppen (Leeson & Summers, 2001; Rose, 1997). Metionin, lysin och treonin är de viktigaste essentiella aminosyrorna för kycklingen och metionin är den först begränsande aminosyran (Sainsbury, 2000; Elwinger, 2007). Det innebär att om inte nödvändiga mängder av dessa aminosyror tas upp av kycklingen påverkas proteinsyntesen negativt. En aminosyra är först begränsande om det finns minst av den i fodret av de aminosyror kycklingen har behov av (Larbier & Leclercq, 1994). För att slaktkycklingen ska kunna växa snabbt behöver den höga koncentrationer av smältbara aminosyror då viktökningen väsentligen beror på ökning av proteinrik vävnad (NRC, 1994). Utfodringsnormen gällande protein och essentiella aminosyror per kg foder för slaktkyckling vid 0-3 veckors ålder enligt NRC (1994) är; 230 g råprotein/kg, 5,0 g metionin/kg, 11,0 g lysin/kg, 9,0 g metionin+cystin/kg och 8,0 g treonin/kg. Utfodringsnormen för 3-6 veckor gamla kycklingar är; 200 g råprotein/kg, 3,8 g metionin/kg, 10,0 g lysin/kg, 7,2 g metionin+cystin/kg och 7,4 g treonin/kg (NRC, 1994). Enligt Aviagen (2014c) har utfodringsnormen för Ross 308 något högre värden.

Dagens kycklingfoder innehåller stora mängder spannmål (Aviagen, 2014a; Elwinger, 2007; NRC, 1994). Spannmål har ett lågt proteininnehåll och högt innehåll av stärkelse och används som energiråvara (Elwinger, 2007; SLU, 2011). Spannmål innehåller dock stora mängder icke stärkelsrika polysackarider (NSP), åkerböna innehåller också NSP men inte i lika stor mängd (Bach Knudsen, 1997). NSP har lågt näringsvärde och lösliga NSP ökar viskositeten på kycklingens tarminnehåll som kan medföra minskad smältbarhet på alla näringsämnen och kletig träck (Leeson & Summers, 2001). Spannmål innehåller inte heller tillräckliga mängder essentiella aminosyror och det samma gäller många vegetabiliska fodermedel, medan köttmjöl och fiskmjöl innehåller större mängder (NRC, 1994; Elwinger, 2007). Det är ett högre innehåll av metionin, metionin+cystin och lysin i fiskmjöl jämfört med åkerböna (Tabell 3; Elwinger, 2007) och även smältbarheten av metionin är mycket bättre i fiskmjöl (NRC, 1994). Fjäderfä utfodras främst med vegetabiliska fodermedel, då köttprodukter inte är tillåtet och fiskmjöl i större mängder helst ska undvikas på grund av utfiskning av haven, vilket medför en problematik (Elwinger, 2007).

Tabell 3. Aminosyrainnehåll (% av proteininnehållet) i åkerböna, ärter, sojamjöl och fiskmjöl (Elwinger, 2007)

Aminosyra	Åkerböna	Ärter	Sojamjöl	Fiskmjöl
Metionin	0,6-0,8	0,9-1,0	1,3-1,4	2,3-3,1
Metionin+ Cystin	1,8-1,9	2,3-2,4	2,7-3,0	3,1-4,1
Lysin	5,9-6,1	7,0-7,1	5,6-6,1	5,7-8,2

2.3 ANS i åkerböna och hur det påverkar slaktkycklingen

ANS finns i de flesta baljväxter (Liener, 1989). ANS som finns i åkerböna är tanniner (i brokblommiga sorter), lektiner (hemagglutiner) och trypsininhibitorer (Tabell 4; Rubio et al., 1990; Larbier & Leclercq, 1994; Valdebouze et al., 1980). Vicin och convicin finns också i åkerbönan och har negativ påverkan på värphöns men har mindre betydelse för slaktkyckling (Larbier & Leclercq, 1994). Enligt Rubio et al. (1990) kan det finnas ännu fler faktorer än dessa ANS som påverkar tillväxten hos slaktkyckling.

Tabell 4. Innehåll av ANS i åkerböna och sojamjöl (Modifierad från Ivarsson & Neil, 2014 opublicerad data; Valdebouze et al., 1980)

Innehåll av ANS	Åkerböna	Sojamjöl (avfettat)
Kondenserade tanniner (mg/g)*	6,47 ¹	.
Aktivitet av trypsininhibitorer (TUI/mg)**	3.3-6.2 ²	59.4 ²
Lektiner (hemagglutinin aktivitet; enheter/mg)***	25-100 ²	1600-3200 ²

¹ Ivarsson & Neil, opublicerad data ² Valdebouze et al., 1980

*Innehåll av kondenserade tanniner i brokblommig åkerböna, innehållet i vitblommig är ~0 (Ivarsson & Neil, 2014 opublicerad data)

**TUI=enheter av trypsininhibering

***enheter/mg=Hemagglutinin enheter/mg

2.3.1 Tanniner

Brokblommig åkerböna innehåller tanniner, de bidrar till störningar på proteinnedbrytningen då tanniner bildar komplex med proteiner (kondenserade tanniner). Vilket leder till minskad tillväxt (Liener, 1989; Marquardt et al., 1977). Brokblommig åkerböna innehåller i medeltal

6,47 mg/g kondenserade tanniner (Tabell 4; Ivarsson & Neil, 2014 opublicerad data). Den största mängden tanniner finns i åkerbönsans skal (Marquardt et al., 1977; Larbier & Leclercq, 1994). Tanniner skyddar bönan från mögel- och insektsangrepp. Kycklingen påverkas av åkerbönsans tanniner genom försämrad smältbarhet av protein och aminosyror (Larbier & Leclercq, 1994; Ortiz et al., 1993). Protein- och aminosyrornas smältbarhet minskar när tannininnehållet ökar i åkerbönan (Ortiz et al., 1993).

2.3.2 Trypsininhibitorer

Trypsininhibitorer är proteiner som tillhör proteasinhibitorerna. Trypsininhibitorer är värmeinstabila (Larbier & Leclercq, 1994). Mekanismen ”negativ feedback” blir till när trypsininhibitorer inhiberar proteinnedbrytaren trypsin i tarmen. För då utsöndras peptidhormonet kolecystokinin-pankreozymin (CCK-PZ) från tarmslemhinnan och stimulerar bukspottkörteln till att producera mer trypsin och till det behövs cystin som transformeras från metionin som tas från kycklingens kroppsreserver. Bukspottkörteln stimuleras även till att producera mer av matsmältningsenzymerna kymotrypsin, elastas och amylas. Att tillväxten hos kycklingen hämmas beror på endogen förlust av proteiner rika på svavelhaltiga aminosyror (Liener, 1989; Larbier & Leclercq 1994). I samband med detta förstoras bukspottkörteln (Liener, 1989; Rubio et al., 1990; Larbier & Leclercq, 1994). Rubio et al. (1990) utfodrade slaktkyckling med icke-värmebehandlad åkerböna (350 och 500 g/kg foder) i en studie och det resulterade i signifikant ökad relativ vikt av bukspottkörteln i jämförelse med de kycklingar som åt ett kontrollfoder utan åkerböna och de kycklingar som åt 125 g icke-värmebehandlad åkerböna/kg foder.

2.3.3 Lektiner

Åkerbönan innehåller ungefär 1 g lektiner/kg torrs substans (Rubio et al., 1990) eller 25-100 enheter hemagglutininaktivitet (Tabell 4; Valdebouze et al., 1980) och finns i kotyledonen i bönan. Ingen aktivitet av lektiner kan hittas då åkerbönan är autoklaverad (Rubio et al., 1990). Lektiner är proteiner som genom att binda till epitelcellerna i tunntarmen bidrar till hämrad tillväxt genom att försämra näringsupptaget (Liener, 1989; Rubio et al., 1989). De skador som uppkommer på tunntarmens slemhinna då kycklingar utfodras med mer än 250 g icke-värmebehandlad åkerböna/kg foder beror antagligen på aktivitet av lektiner (Rubio et al., 1989; Rubio et al., 1990).

2.3.4 ANS i åkerböna jämfört med sojamjöl

Vårsådd åkerböna innehåller mer trypsininhibitorer men har mindre innehåll av lektiner än höstsådd åkerböna (Duc, 1999). I en studie av Valdebouze et al. (1980) mättes aktivitet av trypsininhibering och hemagglutininer (lektiner) i åkerböna jämfört med sojamjöl. Förekomst av lektiner i åkerböna mättes med hjälp av att mäta agglutination av trypsinbehandlade röda blodkroppar från kanin, då de är känsligast för förekomst av lektiner i fröextrakt. Resultatet i studien visade att åkerbönan har mycket lägre aktivitet av både trypsininhibitorer och lektiner än sojamjöl (Tabell 4; Valdebouze et al., 1980). Dessutom varierar lektin- och trypsininhibitorsinnehåll mellan olika sorters åkerböna, därför skulle åkerbönsans innehåll av både lektiner och trypsininhibitorer kunna minskas genom genetisk selektion (Marquardt et al., 1975). I en studie av Diaz et al. (2006) kunde 500g icke-värmebehandlad åkerböna/kg ges

utan att kycklingarnas tillväxt eller foderintag påverkades signifikant i jämförelse med ett foder utan åkerböna, men foderomvandlingsförmågan försämrades (Diaz et al., 2006).

2.4 Enzymtillsatser till fjäderfä

Enzymer behövs vid digestion, enzymerna kan bildas av mikrober i tarmen eller hos djuret självt. Ungefär 15-25 % av det foder som fjäderfä äter kan de själva inte smälta, exogena enzymer tillsätts därför i fodret för att kunna öka smältbarheten av stärkelse, protein, aminosyror och vissa mineraler (Barletta, 2010). Så kallade exogena enzymtillsatser kan tillsättas i fodret av olika anledningar, antingen för att höja en låg nivå av naturliga endogena enzymer eller för att skapa nya system och därmed tillsätta enzymer som inte kycklingen redan producerar (Leeson & Summers, 2001). Att tillsätta enzymtillsatser kan även leda till mindre miljöpåverkan och bättre lönsamhet då färre näringsämnen förkastas (Leeson & Summers, 2001; Barletta, 2010). Enzymtillsatserna borde ha störst påverkan på unga djur, detta då den egna produktionen av endogena enzymer är låg och känsligheten för att få i sig för lite aminosyror är som störst (Leeson & Summers, 2001; Barletta, 2010; Moschini et al., 2005). Intresset att tillsätta enzymer i fodret har blivit allt större de senaste åren då priset på foder ingredienser har ökat (Ravindran, 2013; Angel et al., 2011).

Det är pH som är det som först begränsar enzymets aktivitet och stabilitet. För att det exogena enzymet ska vara effektivt i kycklingens foder måste det aktiveras i det pH som är i tarmen eftersom substraten är tillgängliga där och de får inte vara känsliga för pH-förändringar som inträffar i muskelmagen. Det exogena enzymet måste även klara av de påfrestningar som sker vid foderprocessen (tåla värme och pelletering). Det kan därför behövas en ny tillsättning vid efterbearbetning (Leeson & Summers, 2001). Enzymer är substratspecifiserade så för att använda enzymer så effektivt som möjligt ska ett exogent enzym användas som passar till det substrat som ingrediensen i fodret innehåller (Ravindran, 2013). Enzymtillsatser har ofta aktivitet även för andra substrat än det substrat som de ska ha aktivitet för (Angel et al., 2011; Hajati, 2010).

2.4.1 Proteas och amylas

Exogent proteas tillsätts i fodret i syfte att göra protein mer tillgängligt (Angel et al., 2011; Barletta, 2010). Smältbarheten av protein kan förbättras då proteas bryter ner lagrat protein i fodret och kan minska mängden trypsininhibitorer och lektiner (Barletta, 2010). Amylas bryter ner stärkelse, vilket medför att enkelmagade djur som fjäderfä kan utnyttja energin i fodret bättre (Barletta, 2010). Proteas och amylas bildas av djuret självt, men med en ökning av enzymerna via tillsats av exogena enzymer kan fodrets smältbarhet bli förbättrad. Amylas eller proteas ges oftast inte självt utan i en enzym-mix med andra exogena enzymer, men det är oklart hur de andra exogena enzymerna påverkar amylas och proteas (Isaksen et al., 2010). I en studie av Angel et al. (2011) tillsattes olika mängder av en monokomponent av proteas (ingen annan aktivitet än från proteas) i ett foder baserat på majs och soja med lågt proteininnehåll. Studien visade att smältbarheten av flera aminosyror, bland annat lysin och treonin, var bättre i alla grupper som fått foder tillsatt med proteas oavsett mängd i jämförelse med en negativ kontrollgrupp (fick samma foder men utan proteas). Smältbart metionin var signifikant bättre i de grupper som fått de största mängderna av proteas (Angel et al., 2011).

2.4.2 Fytas

Fytas ingår vanligtvis i dagens kycklingfoder (Angel et al., 2011). Fosfor i spannmål finns lagrat som fytat och fjäderfä smälter fytat dåligt då de knappt har någon egen endogen fytasaktivitet. Exogent fytas förbättrar smältbarheten av fosfor då den frigör fosfor från fytat som sedan kan absorberas, på så sätt minskar kycklingens förluster av fosfor (Leeson & Summers, 2001). Fytas kan även göra det möjligt för fjäderfä att tillgodogöra sig andra mineraler (främst kalcium) och aminosyror som bundits av fytat (Leeson & Summers, 2001; Namkung & Leeson, 1999). Fytas är dock känslig för värme och är en kostsam produkt. (Leeson & Summers, 2001).

2.4.3 Xylanas

Xylanas ingår vanligtvis i dagens kycklingfoder som är baserade på vete (Kalmendal & Tauson, 2012; Leeson & Summers, 2001). Xylanas är en glykan som bryter ner arabinoxylaner som är en NSP som finns i vete (Leeson & Summers, 2001; Choct et al., 2004). Lösliga NSP skapar en ogynnsam miljö i tarmen för endogena enzymer genom att öka viskositeten på tarminnehållet och därmed försämras de endogena enzyms möjlighet att komma i kontakt med digestan och bryta ner näringsämnen (Leeson & Summers, 2001).

2.4.4 Jämförelse mellan enzymtillsatser

I en studie av Kalmendal & Tauson (2012) undersöktes om enzymtillsatserna xylanas och proteas i ett foder baserat på vete och soja till hybrid Ross 308 påverkade produktionsparametrar. Resultatet i den studien visade att foderomvandlingsförmågan ökade med foder som innehöll enzymen var för sig men med en kombination av de båda enzymerna blev inte resultatet bättre än när enzymen gavs var för sig. Tillväxt och foderintag påverkades inte av tillsatserna. Vid tillsats av xylanas, proteas eller en kombination av enzymerna ledde det till samma minskade förluster av energi i träck och samma ökade smältbarhet av stärkelse och fett dag 34 jämfört med kontrollgruppen. Påverkan var dock inte signifikant gällande kvarhållande av råprotein. I en studie av Wu et al. (2004) användes också ett vete och soja baserat foder (med tillräckligt innehåll av fosfor), men istället tillsatt med enzymerna xylanas och fytas. Fodren med enzymtillsats påverkade signifikant produktionsparametrarna tillväxt, foderintag och foderomvandlingsförmåga. Inte heller i denna studie var det skillnad på att ge enzymerna var för sig eller i kombination, med undantag från foderomvandlingsförmågan där kombinationen av xylanas och fytas gav bättre resultat än när fytas tillsattes självt (Wu et al., 2004).

2.4.5 Enzymtillsats och åkerböna till slaktkyckling

En tidigare studie (Wiryanawan et al., 1997) har gjorts där en enzym-mix innehållande xylanas, amylas och proteas tillsattes till kycklingfoder innehållande åkerböna. I studien testades även enzym-mixens påverkan på nio andra legumer. Enzym-mixen visade sig ha störst påverkan gällande nettoproteinkvot på åkerbönan, nettoproteinkvoten ökade signifikant när fodret innehöll enzymtillsats jämfört med ett kontrollfoder på åkerböna. Det visade sig också finnas en positiv korrelation mellan förbättring av nettoproteinkvot och NDF (Neutral Detergent Fibre) i cellväggen. Enzymtillsatsen förbättrade nettoproteinkvoten mest i de legumer med störst innehåll av NDF (Wiryanawan et al., 1997).

2.5 Proteinets inverkan på slaktkroppsegenskaper

Får inte kycklingen i sig sitt näringsbehov påverkas muskelansättningen. Det är viktigt för avkastningen av bröstfilén att lysinbehovet hos kycklingen tillgodoses (Leeson & Summers, 2001; Acar et al., 1991). Relativt höga nivåer av lysin behövs för att ansätta stor mängd magert kött (Rose, 1997). I en studie av Aletor et al. (2000) undersöktes hur slaktkycklingen påverkas av att få en foderstat med lågt proteininnehåll kompletterat med essentiella aminosyror enligt utfodringsnormen. Det visade sig inte vara någon signifikant skillnad gällande tillväxt mellan grupperna som åt ett foder med 225 g/kg råprotein respektive 153 g/kg. Lägre råproteininnehåll påverkade inte heller signifikant slaktkroppsvikt, bröstvikt eller klubbvikt. Dock påverkades kroppsfettansättningen av lägre proteininnehåll, det var signifikant mer fettansättning på de kycklingar som åt foder med lägre innehåll av råprotein (Aletor et al., 2000). I en studie av Diaz et al. (2006) ökade vikten på bröstmuskeln när 500g icke-värmebehandlad åkerböna/kg tillsattes i fodret i jämförelse med ett kontrollfoder utan åkerböna.

2.5.1 Andra faktorer som påverkar slaktkroppsegenskaper

Det finns andra faktorer än nutrition som kan påverka slaktkroppsegenskaper (Young et al., 2001; Havenstein et al., 2003). Young et al. (2001) gjorde en studie där ett flertal faktorer undersöktes angående om de påverkar vikten på flera slaktkroppsdelar hos Rosshybrider. Faktorerna mättes dag 37,39,42,44,46,49,51. Ålder vid slakt visade sig påverka vikten på bröstfilén. Det var en signifikant ökning i vikt på bröstfiléerna (uträknat i procent av för kyld slaktkroppsvikt) på de kycklingar som slaktades vid ökad ålder (efter dag 37) med undantag för dag 39 och dag 46 där signifikant ökning inte visades. De mer köttigare slaktkroppsdelarna ökade i vikt i samband med ökad ålder vid slakt, klubbvikten påverkades inte av ålder. Faktorn kön visade sig påverka vikten på vissa slaktkroppsdelar. Tuppar hade signifikant större klubbvikt än hönorna medan hönorna hade signifikant högre bröstvikt (med skin och ben) och signifikant högre bröstfilévikt. De signifikanta skillnaderna mellan kön gällde dock inte inom samma ålder. Faktorerna kön och ålder visade sig vara oberoende av varandra (Young et al., 2001).

3 Material och metoder

3.1 Försöksupplägg och skötsel

Försöket var godkänt av Uppsalas djurförsöksetiska nämnd och startade 140914, då kycklingarna var daggamla, och avslutades 141020, då kycklingarna slaktades vid 36 dagars ålder. Försöket utfördes på Lövsta forskningscentrum; en försöksanläggning ansluten till Sveriges lantbruksuniversitet. I försöket ingick sammanlagt 253 kycklingar av hybrid Ross 308. 240 kycklingar fördelades slumpmässigt ut i 30 burar med 8 kycklingar i varje bur. De resterande 13 kycklingarna fördelades jämt ut över burarna och jämt över foderbehandlingarna för att kunna ersätta döda kycklingar första veckan så att minst 8 kycklingar då fanns i varje bur. Dag 7 sattes överflödiga kycklingar in i en extra bur som inte ingick i försöket. Tre foderbehandlingar ingick i försöket, med 10 replikat (burar) per foderbehandling. Samma foder användes inom varje foderbehandling under hela försöksperioden. Fodret gavs i form av pellets-kross och djuren hade fri tillgång till foder och

vatten under hela försöket. Burarna var 1,5×0,75m stora. Kycklingarna var inhysta på spånbedd som inte byttes ut under försökets gång, med undantaget om någon vattenläcka inträffade. Temperaturprogram och ljusprogram följde Ross management handbook (Aviagen, 2014a). Temperaturen var 33 °C dag 1 och sänktes sedan under försökets gång och när det var dags för slakt låg temperaturen på 23 °C. Varje vecka vägdes kycklingarna och deras foder. I försöket mättes parametrarna tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, spridning i vikt, vikt på bukspottskörtel och lever, sticky droppings, torrsubstansinnehåll i träck, fothälsa och slaktkroppsegenskaper (slaktkroppsvikt, bröstfilévikt och klubbarnas vikt).

3.2 Foderbehandlingar

Alla tre foder innehöll 20 % vitblommig åkerböna (Tabell 5). Foderbehandlingarna som ingick var positiv, negativ och enzym. Positiv var en positiv kontrollgrupp som fick ett foder där protein och aminosyror gavs enligt utfodringsnorm (NRC,1994). Positiv fick enzymerna xylanas (Xylanase 8000G; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) och fytas (Phyzyme XP 5000 TPT; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK). Enzymerna tillsattes så att 2300 IE xylanas och 500 IE fytas skulle finnas per kg foder. Negativ var en negativ kontrollgrupp som fick ett foder där protein och aminosyror gavs under utfodringsnorm och fick även samma enzymer som positiv. Grupp enzym fick också ett foder där protein och aminosyror gavs under utfodringsnorm men med tillsats av en enzym-mix. Enzym-mixen bestod av proteas, amylas och xylanas (Avizyme 1505 X; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) och även fytas (Phyzyme XP 5000 TPT; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) tillsattes i fodret. Enzymerna tillsattes så att 4000 IE proteas, 400 IE amylas, 2300 IE xylanas och 500 IE fytas skulle finnas i fodret, dvs samma mängd xylans och fytas som i kontroll och negativ. En enzymaktivitetsanalys gjordes efter att fodret producerats som visade att önskad enzymaktivitet i fodret var uppnådd. Positiv optimerades att innehålla en procent mer råprotein än negativ och enzym (Tabell 6).

Tabell 5: Råvarusammansättning för de tre försöksfodren

Råvara %	Positiv	Negativ	Enzym
Vete	50,33	53,20	53,20
Åkerböna	20,00	20,00	20,00
Sojamjöl	18,07	15,65	15,65
Vegetabilisk olja	5,25	4,97	4,97
Foderkalk	1,93	1,93	1,93
Monokalciumfosfat	1,43	1,46	1,46
Koksalt	0,27	0,27	0,27
Natriumbikarbonat	0,12	0,12	0,12
Lysin syntetiskt	0,45	0,40	0,40
Metionin syntetiskt	0,23	0,11	0,11
Treonin syntetiskt	0,14	0,09	0,09
E-vitamin	0,09	0,09	0,09
PMX Värp KRAV	0,70	0,70	0,70
Enzym XyPh 1% ^a	1,00	1,00	
Enzym PhAv 1% ^b			1,00

^a Enzymerna xylanase (Xylanase 8000G; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) och fytas (Phyzyme XP 5000 TPT; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK).

^b enzym-mix av proteas, amylas och xylanase (Avizyme 1505 X; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) och fytas (Phyzyme XP 5000 TPT; Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK).

Tabell 6: Analyserat och optimerat näringsinnehåll för de tre försöksfodren

	Positiv	Negativ	Enzym
<i>Optimerat näringsinnehåll g/kg</i>			
Omsättbar energi (MJ)	12,2	12,2	12,2
Råprotein	200,0	190,0	190,0
Ca	11,00	11,00	11,00
P	7,00	7,00	7,00
Lysin	12,00	11,00	11,00
Metionin	5,30	4,00	4,00
Metionin+Cystin	9,34	7,93	7,93
Treonin	8,00	7,20	7,20
Råfett	70,1	67,3	67,3
Växttråd	41,5	41,2	41,2
Stärkelse	385,27	401,31	401,31
Aska	65,8	65,1	65,1
TS	875,4	874,3	874,3
<i>Analyserat näringsinnehåll g/kg</i>			
Råprotein	199,0	181,0	187,0
Lysin	13,9	13,1	13,6
Metionin	5,5	4,7	5,0
Cystin	6,8	6,8	6,9
Treonin	7,7	6,5	6,4
Råfett	62,9	74,3	71,4
Växttråd	47,0	53,0	51,0
Aska	64,5	55,1	57,9
TS	889,0	885,0	884,0

3.3 Mätningar och tillsyn under försökets gång

Daglig tillsyn av kycklingarna utfördes för att kontrollera hälsa, upptäcka eventuellt döda djur eller vattenläcka. Svaga och sjuka kycklingar togs bort under försökets gång och avlivades med slag i huvudet och efterföljd halsdislokation. För att undersöka effekt av kön på tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, individvikt, organvikter och slaktkroppsegenskaper könbestämdes kycklingarna visuellt dag 35.

3.3.1 Tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga och spridning i vikt

En sammanlagd vikt av varje burs kycklingar registrerades varje vecka för att sedan få ut ett medelvärde för varje kyckling i buren. Dag 35 individvägdes även kycklingarna för att kunna analysera den individuella viktspridningen inom varje burgrupp. Gruppernas spridning i individvikt, variationskoefficient (CV), beräknades med formel; $CV \% = (\text{standardavvikelse}/\text{medelvikt}) \times 100$. Foderförbrukning i varje bur registrerades varje vecka, då restfoder vägdes.

3.3.2 Sticky droppings och torrsubstans i träck

Dag 7 och 14 registrerades förekomst av sticky droppings. De kycklingar där det satt fast träck kring kloaken poängsattes med 1 poäng och de som var rena runt kloaken fick 0 poäng; burgruppens poäng motsvarade hur många i gruppen som hade sticky droppings. Träckens torrsubstans mättes dag 12, 22 och 33. Ströbädden täcktes med plast i 0,5-6 timmar och ca 20 g träck samlades in från varje bur för att räcka till träckprov på ca 10g. Proverna homogeniserades och torkades i ugn på 103 °C. Efter ca 16 timmar i ugn sattes de i en exikator i ca en timme för att de skulle svalna utan att dra åt sig fukt från luften. Efter avkylning vägdes träckproven åter igen och träckens torrsubstans beräknades. Ströbädden bedömdes också dag 12, 22 och 33. Den bedömdes genom att bädden delades upp i fyra rutor och poängsattes enskilt på en skala 1-5. En helt kladdig ströbädd fick 5 poäng och en helt torr fick 1 poäng. För varje bur beräknades sedan ett medelvärde av de fyra rutorna.

3.3.3 Organvikter slaktkroppsegenskaper och fothälsa

Dag 35 valdes representativa kycklingar för varje bur ut, en tupp och en höna, som dag 36 skulle slaktas (sammanlagt 60 kycklingar). De representativa djuren märktes ut med benringar som var markerade med burarnas nummer, röd ring på höna och blå ring på tupp för att lätt hålla koll på vilket djur som var vilket vid slakt. Dag 36 slaktades djuren. Kycklingarna sattes i slakttrattar och bedövades genom att få elektricitet igenom hjärnan och avlivades sedan genom avblodning. Efter avlivning skällades och plockades kycklingarna maskinellt.

I samband med slakten registrerades bukspottkörtelvikt, levervikt och fothälsa. Direkt efter avlivning och plockning öppnades bukhålan och lever och bukspottkörtel dissekerades fria och vägdes. Fothälsa bedömdes på en skala 0-2 enligt Ekstrand et al. (1998), där 0 innebar inga skador på fötterna, 1 innebar lätta skador och fötter med förekomst av sår blev bedömda med 2. För att mäta slaktkroppsegenskaper plockades alla inre organ ut, bukfett skars bort, huvud med hals togs bort och fötter klipptes av för att få ut den slaktkropp som vägdes. Sedan styckades bröstfiléerna och klubborna ut för att vägas. Styckningen började med att separera kycklingens över- och underkropp genom att skära mellan 7:e bröstkotan och 1:a ländryggsakralkotan. Båda bröstfiléerna styckades sedan fram. En bröstfilé skars ut genom att först skära längs bröstbenet och sedan skära i borte änden av bröstet och fortsätta skära dorsalt så att filén släppte från bröstet. Klubborna separerades från låren genom att skära i leden till lårbenet (Hudspeth et al., 1973).

3.3.4 Statistisk analys

Statistisk bearbetning på värdena för dödlighet och fothälsa gjordes endast med beskrivande statistik. Resterande parametrars värden bearbetades statistiskt i SAS 9.3 genom variansanalys. Alla värden testades för normalfördelning och arcsin transformering av sticky droppings värdena gjordes inför statistisk bearbetning. I SAS analyserades produktionsparametrar, sticky droppings, organvikter och slaktkroppsegenskaper i proceduren General Linear Models (PROC GLM). I modellen testades effekt av foderbehandling samt effekt av kön. Då ströbäddsbedömning och torrsubstans i träck mättes vid upprepade tillfällen analyserades dessa med repeated measurements med unstructured kovariat struktur i proceduren mixed (Proc Mixed). I modellen var foderbehandling och tid fixa faktorer, medan bur var

random faktor. Effekt av foderbehandling skilde sig signifikant åt om p-värdet var $P < 0,05$ och det tolkades som att det var tendens till signifikant skillnad om $P < 0,10$.

4 Resultat

4.1 Tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, spridning i vikt och dödlighet

Vid dag 21 fanns det tendens till signifikant skillnad i tillväxt och vid dag 35 var tillväxten i positiv signifikant bättre än i negativ och enzym. Foderintaget var signifikant högre i positiv än i negativ och enzym dag 35. Foderomvandlingsförmågan i positiv var signifikant bättre än i negativ och enzym dag 14 och även signifikant bättre än enzym dag 21 och tendens till signifikant bättre än negativ dag 21. I parametrarna tillväxt, foderintag och foderomvandlingsförmåga fanns varken signifikant skillnad eller tendens till signifikant skillnad mellan grupp negativ och grupp enzym (Tabell 7). Gällande spridning i individvikt var den ungefär 3 % lägre i positiv jämfört med negativ och enzym (Figur 1).

Totalt i försöket var det 16 kycklingar av 240 som dog, det är en dödlighet på 6,7 %. Av de 16 kycklingarna var det 2 som självdog och 14 som avlivades, främst på grund av benfel. Sammanlagt dog eller avlivades sju kycklingar i grupp positiv, fyra kycklingar i grupp negativ och fem i grupp enzym.

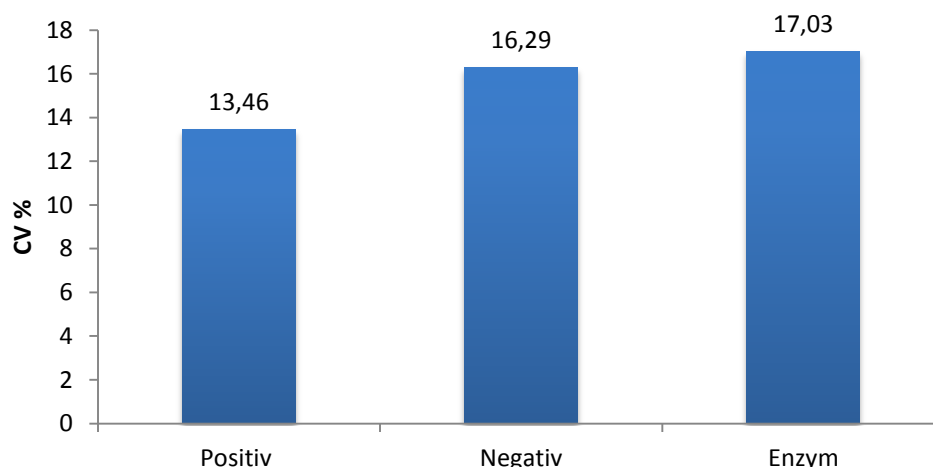
Tabell 7. Medelvärde per kyckling av produktionsresultat medelvärde \pm standardfel (SEM)

Parameter	Foder			Poolat SEM	P-värde
	Positiv	Negativ	Enzym		
Levande vikt (g)					
d7	143	134	134	3,26	0,108
d14	337	304	317	11,17	0,160
d21	752	646	648	35,50	0,085
d28	1257	1154	1185	34,57	0,135
d35	1959 ^b	1770 ^a	1787 ^a	42,35	0,012
Foderintag (g)					
d7	200	188	194	6,63	0,435
d14	474	477	493	10,28	0,329
d21	1025	982	1034	25,24	0,299
d28	1959	1813	1837	51,41	0,134
d35	3170 ^b	2940 ^a	2950 ^a	66,18	0,045
FCR* (g)					
d7	1,42	1,42	1,46	0,055	0,844
d14	1,42 ^b	1,57 ^a	1,56 ^a	0,036	0,015
d21	1,40 ^b	1,54 ^{ab}	1,59 ^a	0,050	0,038
d28	1,57	1,57	1,55	0,045	0,945
d35	1,62	1,66	1,65	0,021	0,368

^{ab}, medelvärden med olika bokstäver är signifikant skilda ($p < 0,05$)

*FCR=Foderomvandlingsförmåga

Spridning i individvikt dag 35



Figur 1. Spridning i individvikt dag 35 (CV %) för de tre foderbehandlingarna.

4.2 Sticky droppings och torrsubstans i träck

Gällande ströbäddsbedömning fanns det tendens till att ströbädden var sämre i positiv än i negativ och enzym. Träcken var signifikant torrare i negativ och enzym än i positiv. Gällande parametrarna ströbäddsbedömning och träckens torrsubstans hade tiden då proverna togs signifikant påverkan. Inga signifikanta skillnader fanns i sticky droppings mellan grupperna. Fullständiga resultat visas i Tabell 8.

Tabell 8. Förekomst av sticky droppings, torrsubstans i träck och ströbäddsbedömning, medelvärde ± standardfel (SEM)

Parameter	Foder			Poolat SEM	P-värde	Tid			Poolat SEM	P-värde
	Positiv	Negativ	Enzym			12	22	33		
Ströbäddsbedömning (skala 1-5)*	1,3	1,2	1,2	0,04	0,010	1,12 ^a	1,36 ^b	1,28 ^b	0,04	<0,0001
Torrsubstans träck %	22,3 ^b	23,2 ^a	23,1 ^a	0,31	0,006	25,0 ^a	23,1 ^b	20,5 ^c	0,33	<0,0001
Sticky droppings % förekomst d 7	31,3	16,7	29,2	5,85	0,199	.	.	.	.	.
Sticky droppings % förekomst d 14	15,5	12,5	12,5	2,50	0,528	.	.	.	.	.

^{abc}, medelvärden med olika bokstäver är signifikant skilda ($p < 0,05$), vänster och höger tabell är helt skilda gällande beteckning av signifikanser

*Skala 1-5; 1-torr ströbädd och 5-kladdig ströbädd

4.3 Organvikter, slaktkroppsegenskaper och fothälsa

Inga signifikanta skillnader fanns mellan grupperna gällande relativ bukspottkörtelvikt och relativ levervikt. Dock fanns tendens till lägre levervikt i positiv jämfört med negativ och enzym. Den relativa slaktkroppsvikten var signifikant högre i positiv än i negativ och enzym. Det fanns också tendens till högre bröstfilévikt i positiv ($P=0,054$). Inga skillnader fanns mellan grupperna gällande klubbvikt. Fullständiga resultat visas i Tabell 9. Gällande fothälsa blev alla kycklingar klassificerade med noll, därmed registrerades inga fotskador på kycklingarna.

Tabell 9. Relativ organvikt, slaktkroppsvikt, bröstfilévikt och klubbvikt, medelvärde per foderbehandling ± standardfel (SEM)

Parameter	Foder			Poolat SEM	P-värde
	Positiv	Negativ	Enzym		
Relativ bukspottkörtelvikt (g/kg kroppsvikt)	1,7	1,6	1,8	0,08	0,264
Relativ levervikt (g/kg kroppsvikt)	18,3	19,4	19,4	0,39	0,098
Relativ slaktkroppsvikt (% av kroppsvikt)	73,0 ^b	71,7 ^a	70,8 ^a	0,41	0,002
Relativ bröstfilévikt (% av slaktkroppsvikt)	25,4	23,7	23,6	0,58	0,054
Relativ klubbvikt (% av slaktkroppsvikt)	14,9	14,6	15,0	0,20	0,431

^{ab}, medelvärden med olika bokstäver är signifikant skilda ($p < 0,05$)

5 Diskussion

5.1 Tillväxt, foderintag och foderomvandlingsförmåga

Dag 35 var levande vikten signifikant högre i positiva gruppen jämfört med negativ och enzym, dock fanns inga signifikanta skillnader tidigare än dag 35. Det var väntat att grupp negativ skulle ha lägre levande vikt än positiv eftersom råprotein och aminosyror gavs under utfodringsnorm (NRC, 1994). Syftet med försöket var att se om proteas gjorde råprotein och aminosyror i fodret mer tillgängligt för slaktkycklingen och om så var fallet förväntades det att enzym skulle ha en bättre tillväxt än negativ. I det här försöket sågs dock ingen skillnad mellan enzym och negativ på någon parameter. Det tyder på att varken proteas eller amylas gav någon ytterligare effekt på proteintillgängligheten. Det resulterade i att kycklingarna i de båda grupperna inte fick sitt behov av råprotein och aminosyror tillgodosett vilket förklarar den sämre tillväxten jämfört med positiv. Behovet av metionin, lysin och treonin måste tillgodoses för att inte begränsa kycklingen (Sainsbury, 2000; Elwinger 2007). Det borde dock inte vara lysin som begränsar tillväxten i det här försöket då det analyserade värdet var över utfodringsnormen i alla involverade foder. Det verkar inte heller vara metionin som begränsade tillväxten. Det optimerade innehållet av metionin skulle vara lägre än utfodringsnorm i negativ och i enzym, men det analyserade värdet var 5,0g/kg i fodret som grupp enzym fick, vilket är behovet vid 0-3 veckor enligt NRC (1994) och därmed borde inte metionin varit begränsande. De analyserade innehållet av treonin i fodren till grupp negativ och grupp enzym (6,5g/kg respektive 6,4 g/kg) var dock ganska mycket lägre än utfodringsnormen 0-3 veckor (8,0 g/kg) och utfodringsnormen 3-6 veckor (7,4 g/kg) i jämförelse med grupp positiv (7,7 g/kg). Brist på treonin kan påverka tillväxten negativt enligt Kidd et al. (1999).

Att inga signifikanta skillnader i tillväxt visades förrän vid dag 35 kan bero på att kycklingarna i den positiva gruppen inte heller fick tillräckligt med råprotein i början av produktionen. Det berodde på att samma foder gavs under hela försökets gång vilket innebar att råproteininnehållet i positiv var lägre än utfodringsnorm i början av produktionen men täckte behovet i slutet av uppfödningen. De signifikanta skillnaderna i slutet av produktionen kan bero på att positiva gruppen täckte sitt proteinbehov i slutet av produktionen och hade därför möjlighet att växa ifrån de andra grupperna som fortfarande var utfodrade under

utfodringsnorm, förutsatt att proteas och amylas inte hade tillräcklig effekt i grupp enzym. De analyserade innehållet av de tre först begränsande essentiella aminosyror visade sig dock täcka behovet under hela produktionstiden i positiv, med undantag från treonin som visade sig vara lite lägre (7,7 g/kg) än utfodringsnorm även i positiv i början av produktionen.

Enligt Aviagen (2014b) ska kycklingen väga ungefär 2,1 kg vid 35 dagars ålder. Ingen grupp medelvikt uppnådde denna vikt. Kycklingarna i försöket hade en medelvikt mellan 1,770 kg och 1,959 kg dag 35. Med största sannolikhet beror detta på fodret och inte på miljön eftersom hygien var väldigt god, djurtätheten låg och försöksstallet relativt nybyggt. I försöket innehöll alla försöksfodren en inblandning på 20 % åkerböna vilket visat sig i studien av Ivarsson et al. (2014) vara den maximala mängd som inte försämrar produktionen vid inblandning i pelleterat foder. Den positiva kontrollgruppens medelvikt (1,959kg) i nuvarande försök var lägre dag 35 än medelvikten dag 34 (2,167 kg) i gruppen som också åt 20 % åkerböna i studien av Ivarsson et al. (2014). Foderintaget var också lägre i alla grupper jämfört med Ivarsson et al. (2014). Den försämrade tillväxten är en konsekvens av att foderintaget var lågt, att signifikanta skillnader uppkom samtidigt i parametrarna tillväxt och foderintag och att foderomvandlingsförmågan i grupperna i försöket (1,62-1,66) inte var mycket högre än det beräknade värdet (1,55) i Aviagen (2014b) stödjer detta. Det låga foderintaget i nuvarande studie beror antagligen på att fodret under hela försöket gavs som pelletsform, vilket lätt smulades sönder.

Fjäderfä har inte bra smaklökar, men struktur på fodret är viktigt (Sainsbury, 2000). Fåglarna äter 5-8 % mer foder om det är pelleterat jämfört med om det är i mjölform (Rose et al., 1997). I jämförelse med gruppen som fick foder med 20 % åkerböna i pelletsform i studien av Ivarsson et al. (2014) var foderintaget vid dag 28 så mycket som 24 % lägre i nuvarande studie. Enligt Aviagen (2014a) ska kycklingarna de första dagarna utfodras med pelletsform eller små pellets för att sedan utfodras med pellets.

Foderomvandlingsförmågan var signifikant bättre i positiva gruppen dag 14 än i negativ och enzym och även signifikant bättre än enzym dag 21 och tendens till signifikant bättre än negativ dag 21. Vid dag 35 fanns inga signifikanta skillnader. Detta tyder på att grupperna enzym och negativ sannolikt led av brist på något näringsämne i början av produktionen då näringsbehovet är som störst. Att råproteininnehållet var lägre i negativ och enzym jämfört med positiv kan ha påverkat detta då foderomvandlingsförmågan kan påverkas negativt av låg mängd råprotein enligt Aletor et al. (2000). Behovet av råprotein och inte endast behovet av essentiella aminosyror behöver täckas eftersom kycklingen också har ett behov av icke-essentiella aminosyror (NRC, 1994). I studien av Aletor et al. (2000) var det dock så lågt innehåll som 153 g råprotein/kg foder som utgjorde signifikant skillnad på foderomvandlingsförmågan jämfört med 225g råprotein/kg foder men det var vid 3-6 veckors ålder, det kanske blir större påverkan vid 0-3 veckors ålder då behovet av råprotein är större. Även bristen på treonin kan vara en möjlig orsak till högre foderomvandlingsförmåga eftersom den kan påverkas negativt av treoninbrist enligt Kidd et al. (1999).

5.2 Träck och fothälsa

Träcken var torrare i negativ och enzym, dock är de numeriska skillnaderna små, och med tanke på den goda fothälsan i försöket bedöms skillnaden inte ha någon större biologisk relevans. Även åldern på kycklingarna då proverna togs hade signifikant påverkan på träckens torrsubstans. Träcken blev torrare med tiden, detta kan bero på att kycklingens matsmältningssystem mognar med åldern (Barletta, 2010) och därmed utnyttjar fodret bättre vid ökad ålder. Dock var det flera andra faktorer som kan ha påverkat resultaten, metoden för insamlingen av träck till exempel. Fukt kanske hann avdunsta från träcken innan invägningen och sågspån kan ha råkat följa med i träckproverna i vissa grupper då kycklingarna i vissa fall sprätte upp plasten vid insamling. I försöket hade åldern även en signifikant påverkan på parametern ströbäddsbedömning. Ströbädden var signifikant torrare vid 12 dagar jämfört med senare bedömningar under försökets gång. Ströbädden i försöket är dock svår att jämföra med den i verkliga och hela produktionsstallar då det är så små ytor i burarna. Ströbäddsbedömningens resultat är därför inget att lägga stor vikt på. Då är sticky droppings en tydligare parameter vad gäller om träcken är kletig, men där visades inga signifikanta skillnader. Det passar ihop med att inga fotskador uppkom i försöket. Är kycklingarnas träck kletig uppkommer lättare fotskador enligt Ekstrand et al. (1998).

5.3 Organvikter

I försöket blev det ingen skillnad på relativ bukspottkörtelvikt mellan grupperna. En hypotes var att vikten skulle vara lägre i grupp enzym jämfört med grupp negativ och positiv. Enligt Barletta (2010) blir proteinsmältbarheten bättre och mängden trypsininhibitorer kan minska i soja vid tillsats av proteaser. Med en minskad effekt av inhibitorer borde vikten av bukspottkörteln minska eftersom bukspottkörteln inte behöver arbeta med att producera lika mycket trypsin och därmed bli överaktiv och förstörd (Liener 1989; Rubio et al., 1990; Larbier & Leclercq 1994). Anledningen till att det inte blev någon effekt på bukspottkörtelvikten kan ha varit att inblandningen av åkerböna inte var så hög, och att innehållet av trypsininhibitorer är lågt i åkerböna (Valdebouze et al., 1980), därmed blev inte mängden inhibitorer tillräckligt hög för att skapa en överaktiv och förstörd bukspottkörtel.

5.4 Slaktkroppsegenskaper

Den relativa slaktkroppsvikten var högre i positiva gruppen, procentandelen relativ slaktkroppsvikt av levande vikten i grupperna i försöket var 73,0 % i positiv, 71,7 % i negativ och 70,8 % i enzym. Det fanns även tendens till högre relativ bröstfilévikt i positiva gruppen jämfört med grupperna negativ och enzym. Brist på treonin kan påverka slaktkroppsvikten och tillväxten av bröstfilén negativt enligt Kidd (1999) och eftersom det var brist på treonin i negativ och enzym kan det vara en orsak till att de hade lägre vikter än positiv. Enligt Acar et al. (1991) är det viktigt för avkastningen på bröstfilén att behovet av lysin tillgodoses, men eftersom innehållet av lysin var högt i alla involverade foder, borde det därför inte vara den faktor som påverkade bröstfiléns tillväxt negativt. Procentandelen relativ slaktkroppsvikt av levande vikten i samtliga grupper i försöket stämde ungefär överens med beräknade procentandelen 71,35-71,72 i Aviagen (2014b). Dock är inte värdena helt jämförbara då slaktkroppen i detta försök styckades ut och vägdes direkt efter slakt medan den beräknade

procentandelen i Aviagen (2014b) är beräknad på torr slaktkropp. Även procentandel relativ bröstfilévikt och relativ klubbvikt av slaktkroppsvikten i försöket stämmer ungefär överens med värdena framtagna i studien av Hudspeth et al. (1973). I den nuvarande studien gjordes ingen kompositionsanalys av slaktkropparna. Därmed mättes inte andelen kroppsfett, hade det gjorts hade det antagligen varit större kroppsfettansättning i grupperna negativ och enzym. I en studie av Aletor et al. (2000) visades det sig att andelen kroppsfett ökar vid lägre innehåll av råprotein i fodret. En ökad andel bukfett verkar dock inte vara något bevis på att slaktkroppen innehåller ökad andel kroppsfett (Aletor et al., 2000; Summers et al., 1992). Enligt Aletor et al. (2000) påverkar kvoten energi/intakt protein andelen kroppsfett där intakt protein är den mängd protein som kommer från foderråvarorna. Vid ökad kvot energi/intakt protein ökar andelen kroppsfett. I studien av Aletor et al. (2000) påverkas inte totala proteininnehållet i kroppen av lågt innehåll av råprotein, men enligt Summers et al. (1992) ökar proteininnehållet procentuellt i slaktkroppen när proteinnivån i fodret ökar.

5.5 Enzymers påverkan

Att döma av resultaten i studien kan man inte se att enzymerna hade någon påverkan i gruppen som åt proteas och amylas. Studien utfördes ju i ett försöksstall, det är väldigt viktigt att ha i åtanke eftersom det medför resultat som inte alltid visar sig vara det samma som i en produktionsbesättning. Miljön i ett försöksstall är oftast väldigt bra då djurtätheten är låg, smittrycket är lågt och hygien är väldigt noga kontrollerad, vilket medför förbättrad produktivitet. Enligt Sainsbury (2000) blir slutvikten på slaktkycklingar lägre om djurgruppen ökar i storlek. Det finns därför en risk för att förbättringar inte syns i en försöksbesättning, som skulle syns i en produktionsbesättning. Det kan misstänkas i studien av Kalmendal & Tauson (2012) då inga förbättringar på tillväxt och foderomvandlingsförmåga uppkom vid tillsats av koccidiostatika i fodret. Den bra miljön medförde antagligen att det blev ett lägre angrepp av koccidier samt att kycklingarna fick en allmänt god tarmflora och därmed hög motståndskraft mot koccidier även utan tillsats av koccidiostatika. Även om koccidiostatika och proteas inte verkar på samma sätt kan ett liknande scenario ändå tänkas skett med effekten av proteas. Om tarmhälsan skiljer sig mellan kycklingar i ett försöksstall och i en produktionsbesättning kan det leda till att enzymet verkar olika effektivt. Enligt Ravindran (2013) påverkar tarmhälsan så som pH och den tid som digestan befinner sig i tarmkanalen, hur stor effekt enzymet har, och det kan därmed inte uteslutas att effekten av enzymet skulle vara större i en produktionsbesättning.

Om nu proteas och amylas ändå har en effekt, även om den inte syntes i försöket, kan även värmen från pelleteringen vara en orsak till att enzymtillsatsen inte gjorde effekt. Fodret i försöket pelleterades och därmed värmdes upp till ungefär 75 °C. Då optimerad enzymaktivitet visade sig finnas i fodret via enzymaktivitetsanalys, hade alltså inte värmen från pelleteringen förstört enzymaktiviteten. Dock kanske värmen från pelleteringen redan hade tagit bort en del av det som enzymerna skulle påverka. Effekten av lektiner och trypsininhibitorer minskar och smältbarheten på stärkelse kan öka vid upphettning (Liener & Kakade, 1980; Marquardt et al., 1976; Larbier & Leclercq, 1994) och därmed kan upphettningen redan ha gjort en del av proteasets och amylasets arbetsuppgifter. Ett alternativ till pelletering för att tydligare kunna studera effekten av enzymerna, är att ge åkerböna i icke-

värmebehandlat müsslifoder, men i studien av Ivarsson et al. (2014) visade det sig att kycklingarna hade ett lågt foderintag av det fodret.

Ännu en orsak till att proteas och amylas inte gjorde effekt kan vara att de tillsattes tillsammans med andra enzymer. I studien ingick fyra olika enzymtillsatser i fodret som grupp enzym åt och om flera enzym blandas blir kanske inte effekten av dem bättre än när en enzymtillsats tillsätts. Enligt Isaksen et al. (2010) är det oklart hur andra exogena enzymer i en enzym-mix påverkar amylas och proteas. I både studien av Wu et al. (2004) där xylanas och fytas tillsattes i fodret och i studien av Kalmendal & Tauson (2012) där xylanas och proteas tillsattes i fodret var det i princip ingen skillnad på att ge enzymerna var för sig eller i kombination. Resultaten i studien av Wu et al. (2004) kan dock ha påverkats av att fytaset som användes även innehöll xylanas men i studien av Kalmendal & Tauson användes monokomponenter av enzymerna. Xylanas och fytas tillsätts vanligtvis redan idag i foder till slaktkycklingar i produktion (Kalmendal & Tauson, 2012; Leeson & Summers, 2001; Angel et al., 2011). Det känns onödigt om de inte är bättre tillsammans än var för sig. Att nuvarande försök utfördes i ett försöksstall kanske påverkade alla enzymernas aktivitet och därför visades inte en förbättring med flera enzymer. Detta kan vara en förklaring då både studien av Wu et al. (2004) och studien av Kalmendal & Tauson (2012) utfördes i försöksstall och inte i produktionsstall.

5.6 Framtidsutsikter inom ämnet

Då användandet av soja behöver minskas för att animalieproduktionen ska göras till en mer hållbar produktion är det viktigt att forska om vilka alternativa proteinfodermedel som skulle kunna ges till slaktkycklingen istället. Då fodret är den del i slaktkycklingsproduktionen som är mest kostsam (Aviagen, 2014a), är givetvis även ekonomin en viktig faktor att ta hänsyn till vid forskning på alternativa proteinfodermedel. I nuvarande försök testades det om tillgängligheten av råprotein och aminosyror i åkerböna kunde öka med hjälp av proteas och amylas. Om det skulle fungera att minska råprotein och innehåll av aminosyror i fodret genom att tillsätta enzym så måste det också vara praktiskt genomförbart. Det måste löna sig ekonomiskt att tillsätta enzym istället för att ge extra råprotein och aminosyror som förspills i träcken. Då fytas och xylanas är enzymer som redan används i dagens foder till slaktkyckling (Angel et al., 2011; Kalmendal & Tauson, 2012; Leeson & Summers, 2001) är det av intresse att se om även tillgängligheten av råprotein och aminosyror skulle kunna öka med hjälp av ytterligare enzymtillsats.

Enligt egen erfarenhet har endast en liknande studie med åkerböna gjorts tidigare. I studien av Wiryawan et al. (1997) visades en förbättring av nettoproteinkvoten när en enzym-mix av xylanas, amylas och proteas tillsattes till foder med åkerböna jämfört med ett kontrollfoder med åkerböna utan enzymtillsats. Dock har inga mer detaljerade uppgifter publicerats om försöket och därför kan inga jämförelser till försöket göras. Då få studier har gjorts på detta ämne behövs fler utföras för att kunna dra säkra slutsatser och göra korrekta tillämpningar. Eftersom ingen effekt av proteas påvisades i nuvarande studie skulle det därför vara värdefullt om försöket gjordes om, dock med vissa förbättringar. Det hade således varit bra om försöket kunde genomföras i en produktionsbesättning istället för i ett försöksstall för att se om

proteaset lättare visar påverkan i praktiken. Dock är ett sådant försök svårt att praktiskt genomföra. Det hade även varit bra om smältbarhet kunde mätas i försöket då det är en parameter av stort intresse, i detta försök fanns inte den möjligheten. Även möjligheten att anpassa proteaset bättre för att användas tillsammans med åkerböna skulle behöva studeras mer, eftersom samma substrat kan skilja sig i reaktion på enzymet beroende på vilken ingrediens substratet är i enligt Ravindran (2013) och även andra ingredienser i fodret påverkar hur tillgängligt substratet är och därmed hur enzymet verkar (Leeson & Summers, 2001). Om proteas efter fler gjorda studier ändå inte verkar fungera behövs andra alternativa behandlingar av åkerböna studeras vidare. Alla behandlingar som gör åkerböns råprotein och aminosyror mer tillgängliga behöver undersökas. Extrudering av åkerbönan minskar ANS (Alonso et al., 2000) och är därför en metod som skulle behöva studeras vidare för att undersöka möjligheten att använda det i utfodring av slaktkyckling.

6 Slutsatser

Syftet med denna studie var att undersöka om enzymtillsatsen proteas i foder med åkerböna till slaktkyckling ökade tillgängligheten av råprotein och aminosyror i åkerböna. Resultaten visar ingen signifikant förbättring med proteas gällande samtliga uppmätta parametrar. Omständigheterna kring denna studie som att det genomfördes i ett försöksstall, att det eventuellt blev uppvärmningseffekter av pelleteringen på ANS och att proteas gavs i kombination med flera andra enzymer kan dock ha påverkat resultaten. Det krävs därför mer forskning om att ge proteas tillsammans med åkerböna till slaktkyckling. Då alternativa proteinfodermedel för att ersätta soja behövs krävs mer forskning generellt kring alternativa behandlingar av åkerböna för att göra den till ett optimalt proteinfodermedel till slaktkyckling.

7 Tack till

Tack till min handledare Emma Ivarsson för väldigt bra handledarskap under examensarbetets gång. Jag vill även tacka personalen på Lövsta forskningscentrum som utfört ett jättebra jobb under genomförandet av det praktiska försöket. Jag vill även passa på att tacka familj och vänner som stöttat mig och även ställt upp som hundvakt vid långa arbetsdagar på Lövsta och laboratoriet. Jag vill slutligen tacka min underbara hund som funnits vid min sida under hela examensarbetets gång.

8 Referenser

- Acar, N., Moran, E.T. Jr., Bilgili, S.F. 1991. Live performance and carcass yield of male broilers from two commercial strain crosses receiving rations containing lysine below and above the established requirement between six and eight weeks of age. *Poultry Science* 70, 2315-2321.
- Aletor, V.A., Hamid, I.I., Nieß, E., Pfeffer, E. 2000. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 547-554.
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry* 68, 159-165.
- Angel, C.R., Saylor, W., Vieira, S.L., Ward. 2011. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. *Poultry Science* 90, 2281-2286.
- Aviagen. 2014a. Broiler Management Handbook.
http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf
(hämtad 2014-10-08)
- Aviagen. 2014b. Ross 308: Broiler Performance Objectives.
http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-308-Broiler-PO-2014-EN.pdf (hämtad 2014-10-08)
- Aviagen. 2014c. Ross 308: Broiler Nutrition Specifications.
http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross308BroilerNutritionSpecs2014-EN.pdf
(hämtad 2015-01-08)
- Barletta, A. 2010. Introduction: Current Market and Expected Developments. In: *Enzymes in Farm Animal Nutrition*, 2nd edition (eds. M.R. Bedford, G.G. Partridge), 1-11. CABI Publishing, UK.
- Bedford, M.R. 2003. New enzyme technologies for poultry feeds. *British Poultry Science* 44, 14-16.
- Bach Knudsen, K. E. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science Technology* 67, 319-338.
- Choct, M., Kocher, A., Waters, D.L.E., Pettersson, D., Ross, G. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition* 92, 53-61.
- Diaz, D., Morlacchini, M., Masoero, F., Moschini, M., Fusconi, G., Piva, G. 2006. Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba* var. minor) and lupin seeds (*Lupinus albus* var. multitalia) as protein sources in broiler diets: effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Science* 5, 43-53.
- Duc, G., Marget, P., Esnault, R., Guen, J. LE, & Bastianelli, D. 1999. Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia Faba*): Comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *Journal of Agricultural Science* 133, 185-196.
- 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.
- Elwinger, K. 2007. Feedstuffs and diets for laying hens and slaughter chickens. *Animal Nutrition and Management*. SLU.
- Hajati, H. 2010. Effects of enzyme supplementation on performance, carcass characteristics, carcass composition and some blood parameters of broiler chicken. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 5 (3), 221-227.
- Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Qureshi, M.A. 2003. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science* 82, 1509-1518.
- Heimer, A. 2010. Soja som foder och livsmedel i Sverige, konsekvenser lokalt och globalt. Rapport andra upplagan, Naturskyddsföreningen.
- Hudspeth, J.P., Lyon, C.E., Lyon, B.G., Mercuri, A.J. 1973. Weights of broiler parts as related to carcass weights and type of cut. *Journal of Food Science* 38, 145-150.

- Isaksen, M.F., Cowieson, A.J., Kragh, K.M. 2010. Starch- and protein-degrading enzymes: biochemistry, enzymology and characteristics relevant to animal feed use. In: *Enzymes in Farm Animal Nutrition*, 2nd edition (eds. M.R. Bedford, G.G. Partridge), 85-95. CABI Publishing, UK.
- Ivarsson, E., Wall, H., Tauson, R., Jönsson, L., Elwingar, K. 2014. Ökat utnyttjande av raps och åkerböna i slaktkycklingfoder. Slutrapport. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Johansson, U. 1999. Ärtor och annan trindsäd. Jordbruksinformation 9, Jordbruksverket.
- Jordbruksverket. 2007. Jordbruksverkets foderkontroll 2007.
http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra08_6.pdf (hämtad 2015-02-02)
- Jordbruksverket fältbesiktning. 2013. Resultat från fältbesiktningen av fröburet utsäde fältbesiktning 2013.
<http://www.jordbruksverket.se/download/18.2c4b2c401409a334931ac1b/1380201670063/Slutlig+f%C3%A4ltbesiktning+2013+korrigerad.pdf> (hämtad 2014-11-10)
- Jordbruksverket. 2014a. Åkerbönor i växtföljden.
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor/akerbonor/vaxtfoljd.4.3229365112c8a099bd980006509.html> (hämtad 2014-11-10)
- Jordbruksverket. 2014b. Jordbruksstatistisk årsbok 2014. Kap 4 Skördar.
<http://www.jordbruksverket.se/download/18.37e9ac46144f41921cd21be4/1403096032877/Kap+4+Sk%C3%B6rdar.pdf> (hämtad 2014-11-10)
- Kalmendal, R., Tauson, R. 2012. Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophore coccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. *Poultry Science* 91, 1387-1393.
- Kidd, M. T., Lerner, S. P., Allard, J. P., Rao, S.K., Halley, J. T. 1999. Threonine needs of finishing broilers: growth, carcass, and economic responses. *Journal of Applied Poultry Research* 8 (2), 160-169.
- Larbier, M., Leclercq, B. 1994. *Nutrition and feeding of poultry*. Nottingham: Nottingham University Press.
- Larsson, S., Hagman, J. & Dryler, K. (2013). *Stråsådd Trindsäd Oljeväxter Potatis*. (Sortval 2013). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Leeson, S., Summers, J. D. 2001. *Scotts's nutrition of the chicken*, 4th edition. Ontario: University Books.
- Liener, I.E., Kakade, M.L. 1980. Protease inhibitors. In: *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs* (ed. I.E. Liener), 7-71. Academic Press, New York.
- Liener, I.E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. In: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds* (eds. J. Huisman, T.F.B. van der Poel, I.E. Liener), 6-13. PUDOC, Wageningen.
- Marquardt, R.R., Mckirdy, J.A., Ward, T., Campbell, L.D. 1975. Amino acid, hemagglutinin and trypsin inhibitor levels and proximate analyses of faba beans (*Vicia faba*) and faba bean fractions. *Canadian Journal of Animal Science* 55, 421-429.
- Marquardt, R.R., Campbell, L.D., Ward, T. 1976. Studies with chicks on the growth depressing factor(s) in faba beans (*Vicia faba* L. var. minor). *The Journal of Nutrition* 106, 275-284.
- Marquardt, R.R., Ward, A.T., Campbell, L.D., Cansfield, P.E. 1977. Purification, identification and characterization of a growth inhibitor in faba beans (*Vicia faba* L. var. minor). *The Journal of Nutrition* 107, 1313-1324.
- Moschini, M., Masoero, F., Prandini, A., Fusconi, G., Morlacchini, M., Piva, G. 2005. Raw pea (*Pisum sativum*), raw faba bean (*Vicia faba* var. minor) and raw lupin (*Lupinus albus* var. multitalia) as alternative protein sources in broiler diets. *Italian Journal of Animal Science* 4, 59-69.
- Namkung, H., Leeson, S. 1999. Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poultry Science* 78, 1317-1319.

- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry, 9th edition. National academy press. Washington, D.C.
- Ortiz,L.T., Centeno,C., Trevino,J. 1993. Tannins in faba bean seeds; effects on the digestion of protein and amino acids in growing chicks. *Animal Feed Science and Technology* 41, 271-278.
- Ravindran, V. 2013. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. Poultry Science Association, 628-636.
- Sainsbury, D. 2000. Poultry Health and Management. Blackwell Science Ltd, London, UK.
- Summers, J.D., Spratt, D., Atkinson, J.L. 1992. Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level. *Poultry Science* 71, 263-273.
- Rose, S.P. 1997. Principles of Poultry Science. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Rubio, L. A., Brenes, A., Castaño, M. 1989. Histological alterations of the pancreas and the intestinal tract produced by raw faba bean (*Vicia faba* L. minor) diets in growing chicks. *British Poultry Science* 30, 15-28.
- Rubio, L. A., Brenes, A., Castaño, M. 1990. The utilization of raw and autoclaved faba beans (*Vicia faba* L., var. minor) and faba bean fractions in diets for growing broiler chickens. *British Journal of Nutrition* 63, 419-430.
- SLU, 2011. Fodertabell för gris. <http://www.slu.se/sv/institutioner/husdjurens-utfodring-vard/verktyg/fodertabeller/fodertabell-for-gris/> (hämtad 2014-10-08)
- SCB, 2014. Skördar efter län/riket och gröda. http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_JO_JO0601/SkordarL/?rxid=fc7a03ae-33f4-4c1b-af9b-ea9d053c1e52 (hämtad 2014-11-10)
- Valdebouze, P., Bergeron, E., Gaborit, T., Delort-Laval, J. 1980. Content and distribution of trypsin inhibitors and haemagglutinins in some legume seeds. *Canadian Journal of Plant Science* 60, 695–701.
- Wiryanan, K.G., Dingle, J.G., Creswell, D. 1997. Enzyme supplementation improves protein quality of grain legumes for poultry production. In: *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, 231.
- Wu, Y. B., Ravindran,V., Thomas, D.G., Birtles, M.J., Hendriks, W.H. 2004. Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *British Poultry Science* 45, 76–84.
- Young, L.L., Northcutt, J.K., Buhr, R.J., Lyon, C.E., Ware, G.O. 2001. Effects of age, sex, and duration of postmortem aging on percentage yield of parts from broiler chicken carcasses. *Poultry Science* 80, 376-379.

Opublicerad data

- Ivarsson, E., Neil, M. 2014. Opublicerad data. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet.

Personligt erhållen information

- Kalmendal, R. Februari 2015. Personligt meddelande. Lantmännen Lantbruk.