



Raps som fodermedel till slaktkycklingar

Rapeseed meal and rapeseed in broiler diets

av

Åsa Carlsson

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

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

**Examensarbete 372
30 hp A2E-nivå**

***Degree project 372
30 credit A2E-level
Uppsala 2012***



Raps som fodermedel till slaktkycklingar

Rapeseed meal and rapeseed in broiler diets

av

Åsa Carlsson

Handledare/ Supervisor: Maria Eriksson
Examinator/ Examiner: Ragnar Tauson

Nyckelord/ Key words: Rapsmjöl, rapsfrö, kycklingar, fjäderfä, protein, foder, aminosyror

Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete 372
30 hp A2E-nivå
Kurskod EX0552

*Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences*

*Degree project 372
30 credit A2E-level
Course code EX0552
Uppsala 2012*

Nr	Titel och författare	År
364	Nursing technique and growth environment of Rabbit fish (<i>Siganus guttatus</i>) in the area of Tam Giang lagoon, Thua Thien Hue 30 hp A2E-nivå Cecilia Stattin	2012
365	Vallfoder till slaktgrisar – effekter på tillväxt och social beteende vid utfodring Forage in slaughter pig production With focus on growth and social behaviour by feeding 30 hp A2E-nivå Anna Skogar	2012
366	Peas as feed for dairy cows 30 hp A1E-nivå David Galméus	2012
367	Can increased activity recorded with help of activity monitoring sensor indicate an upcoming calving? Kan ökad aktivitet registrerad med hjälp av aktivitetsmätare indikera en kommande kalvning? 30 hp A1E-nivå Hanna Persson	2012
368	Tillskott av linfrö till kors foderstat - påverkan på näringstillförseln och mjölkens fettsyrasammansättning hos 5 sydsvenska mjölkbesättningar The addition of linseed to cows diet – the impact on nutrition, and milk fatty acid composition in 5 southern Swedish dairy herds 30 hp A2E-nivå Angelica Eriksson	2012
369	Hästens behov av vitamin A, D och E i foderstaten The requirement of vitamins A, D and E in equine feed 15 hp G2E-nivå Caroline Robersson	2012
370	The effect of social rank on milking and feeding behaviour in automatic milking system for diary cows 30 hp A2E-nivå Tina Danielsson	2012
371	Stallmiljöns inverkan på förekomst av gödsel förorenade slaktsvin Barn environments impact on the presence of manure contaminated pigs 30 hp A2E-nivå Anna Karlsson	2012

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa, samt tidigare arbeten, kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

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. Earlier numbers are listed at the end of this report and may be obtained from the department as long as supplies last.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17

Innehållsförteckning

Sammanfattning	6
Abstract	6
1 Inledning	8
1.1 Syfte	8
2 Litteraturstudie	9
2.1 Rapsens position i Sverige och Europa	9
2.1.1 Framställning av rapsmjöl.....	9
2.2 Slaktkycklingens energi- och proteinbehov.....	10
2.3 Rapsfröet och rapsmjölets innehåll av energi och protein	11
2.4 Rapsens innehåll av kolhydrater och fibrer	12
2.4.1 Träck, ströbädd och fothälsa	13
2.5 Antinutritionella faktorer	14
2.5.1 Glukosinolater	14
2.5.2 Fenoliska föreningar	16
3 Material och metoder	17
3.1 Försöksupplägg	17
3.2 Foderbehandlingar.....	17
3.3 Datainsamling.....	19
3.3.1 Produktionsparametrar	19
3.3.2 Sköldkörtel- och levervikt.....	20
3.3.3 Träck-, ströbädd- och fothälsoparametrar	20
3.4 Statistisk analys	21
4 Resultat	22
4.1 Produktionsparametrar	22
4.2 Sköldkörtel- och levervikt.....	24
4.3 Träck-, ströbädd- och fothälsoparametrar.....	24
5 Diskussion	27
5.1 Produktionsparametrar, sköldkörtel- och levervikt	27
5.1.1 Tillväxt	27
5.1.2 Foderintag	28
5.1.3 Sköldkörtel- och levervikt.....	29
5.1.4 Foderomvandlingsförmåga.....	29
5.2 Träck, ströbädd- och fothälsoparametrar	30
5.3 Rapsens framtid som fodermedel	31
6 Slutsatser	32
Acknowledgement	33
Referenser	34

Sammanfattning

Att tillgodose slaktkycklingens behov av protein och aminosyror är viktigt för att de ska kunna utnyttja sin genetiska tillväxtpotential med bibehållen hälsa. Rapsmjöl och rapsfrö har en aminosyrasammansättning som motsvarar kycklingens behov och det är av intresse att granska om dessa råvaror kan ingå i slaktkycklingens foder i större utsträckning än vad som görs idag. Syftet med denna studie var därför att utvärdera hur 10 %, 20 % och 30 % inblandning av rapsfrö och rapsmjöl (förhållandet 1:5) påverkar parametrar såsom tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, fothälsa, lever- och sköldkörtelvikt samt träckens och ströbäddens TS-innehåll. Totalt ingick 140 kycklingar i försöket jämnt fördelade i 20 burar med 7 djur i varje. Försöket innefattade fyra foderbehandlingar innehållande 0-30 % raps. Kontrollgruppen fick foder innehållandes 0 % raps under hela försöket (dag 0-35). Övriga grupper fick dag 0-10 ett foder innehållandes 10 % raps. Dag 10-35 fortsatte en grupp med 10 % raps medan de övriga två grupperna gavs foder innehållandes 20 % respektive 30 % raps. Foderintag och levande vikt registrerades varje vecka. Övriga parametrar registrerades genom uppsamling och analys av träck och ströbädd, visuell bedömning av kycklingarna och genom dissektion. Resultatet visade att kycklingarna som åt fodren innehållandes raps växte sämre och att foderintaget även sjönk när rapsinblandningen var 20 eller 30 %. Foderomvandlingsförmågan var negativt påverkad hos de kycklingar som åt 10 och 30 % raps. Sköldkörtelns vikt ökade signifikant med ökad inblandning av raps men ingen skillnad i träckens eller ströbäddens TS eller djurens fothälsa kunde ses. Resultatet tyder på att rapsmjöl och rapsfrö kan påverka kycklingarnas tillväxt och foderintag negativt men att rapsinblandning inte påverkar ströbäddens kvalitet. På grund av att aminosyrainnehållet inte var detsamma i alla foder behövs dock vidare studier som undersöker hur kycklingens tillväxt påverkas av rapsinblandning.

Abstract

It is important to satisfy the chickens' requirement of essential amino acids in order to be able to exploit their genetic growth potential at retained bird health. Rapeseed meal and rapeseed have a composition of amino acids corresponding to the needs of the chicken. Hence, it is of interest to assess if rapeseed meal and rapeseed can be included in chicken diets to a greater extent than is currently used. The purpose with this study was to evaluate how an inclusion of 10%, 20% and 30% rapeseed meal and rapeseed (1:5) affects production traits such as growth, feed intake, feed conversion ratio as well as foot health, dry matter of feces and litter, liver and thyroid weights. A total of 140 chicken, evenly distributed over 20 cages with 7 chickens per cage were included in the study. The control group received 0% rapeseed throughout the experiment (day 0-34). The other groups received day 0-10 a feed containing 10% rapeseed. Day 10-35, one group continued to receive the feed containing 10% rapeseed, while the other two groups was given a feed containing 20% or 30% rapeseed. Live weight, feed intake and feed conversion ratio were monitored every week. The other parameters were studied by collection and analysis of feces and litter, physical inspection of the chickens and through dissection of

organs. The result showed that the chickens given feed containing rapeseed had an inferior growth. The feed intake was lower for chickens given 20% rapeseed or more and the feed conversion ratio was worse at inclusion of 10% and 30% rapeseed. The thyroid weight increased with increasing rapeseed inclusion in the feed, but no difference in dry matter of feces and litter or foot health could be seen. The result suggests that rapeseed and rapeseed meal can negatively affect the growth and feed intake of the chicken, but not the quality of the litter. It is suggested that because the different feeds had different amino acid content, more studies are needed to investigate how the growth of the chickens is affected by inclusion of rapeseed.

1 Inledning

Dagens slaktkycklingar är framavlade för att ha en snabb tillväxt och en effektiv foderomvandlingsförmåga (NRC, 1994). Från kläckning till slakt vid 35 dagar äter kycklingen ca 3,2 kg foder och ökar drygt två kilo i vikt (Aviagen, 2007). När den växer expanderar proteinrika vävnader såsom muskler, bindväv, skinn och fjädrar. För att inte tillväxten ska begränsas måste kycklingen därför få sitt behov av aminosyror tillgodosett. Den kan dock inte bilda alla aminosyror själv utan de essentiella aminosyrorerna måste tillföras via fodret (Leeson och Summers, 2001). Viktigast är tillgodose kycklingens behov av metionin, som är den första begränsande aminosyran. Det är även viktigt att tillgodose kycklingens behov av de essentiella aminosyrorerna lysin och treonin (Ojano-Dirain och Waldroup, 2002).

Idag tillgodoses kycklingens behov av aminosyror till stor del genom fodrets innehåll av sojamjöl (Leeson och Summers, 2001). Den soja som används i svenska kycklingfoder får inte vara genmodifierad (GMO) (Svensk Fågel, 2011). Dessvärre minskar den globala odlingsarealen för GMO-fri soja, från att 2002 ha utgjort 57 procent, till att 2008 endast utgöra 35 procent av världens sojaodling. Sverige importerar huvudsakligen soja från Brasilien som är den största odlaren av GMO-fri soja och även där sjunker andelen soja som är GMO-fri. Detta innebär att priset på den GMO-fria sojan ökar (Loxbo, 2009). Sojaanvändningen är dessutom ifrågasatt, då det vid odling av soja används kemiska bekämpningsmedel som är skadliga för människan och miljön. Därtill förbrukar de långa transporter energi som inte är förnybar (Heimer, 2010). Eftersom andelen GMO-fri soja sjunker och sojaanvändningen är ifrågasatt är det således intressant att utvärdera om andra inhemska eller europeiska proteingrödor kan användas i större omfattning än idag.

Ett alternativ till sojamjöl kan vara att blanda in rapsfrö och rapsmjöl i slaktkycklingfoder i större utsträckning än vad som används idag. Raps har en aminosyrasammansättning som motsvarar kycklingens behov (Butler *et al.*, 1982) och dessutom är grödan etablerad i Sverige och Europa (Jordbruksverket, 2011; FAOSTAT, 2011). Det som tidigare har begränsat rapsens användning som fodermedel är främst dess innehåll av glukosinolater (Bell, 1993). Glukosinolater är en sorts antinutritionell faktor som bland annat kan påverka kycklingens tillväxt negativt. Genom växtförädling har dock rapsens innehåll av glukosinolater minskat kraftigt, från ca 120-150 $\mu\text{mol/g}$ till att i dagens så kallade dubbellåga sorter ligga under 25 $\mu\text{mol/g}$ (Newkirk, 2009; EC 2316/1999). Detta gör att de rapsorter som används idag är mer intressanta att användas som fodermedel än tidigare sorter. Trots detta förekommer det variationer i forskningsresultat gällande hur stor andel av den dubbellåga rapsen som kan ingå i slaktkycklingens foder.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie var således att undersöka hur olika inblandningsnivåer av rapsfrö och rapsmjöl påverkar slaktkycklingens produktion och hälsa, så som tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga, fothälsa, lever- och sköldkörtelvikt samt träcken och ströbäddens torrsubstansinnehåll.

2 Litteraturstudie

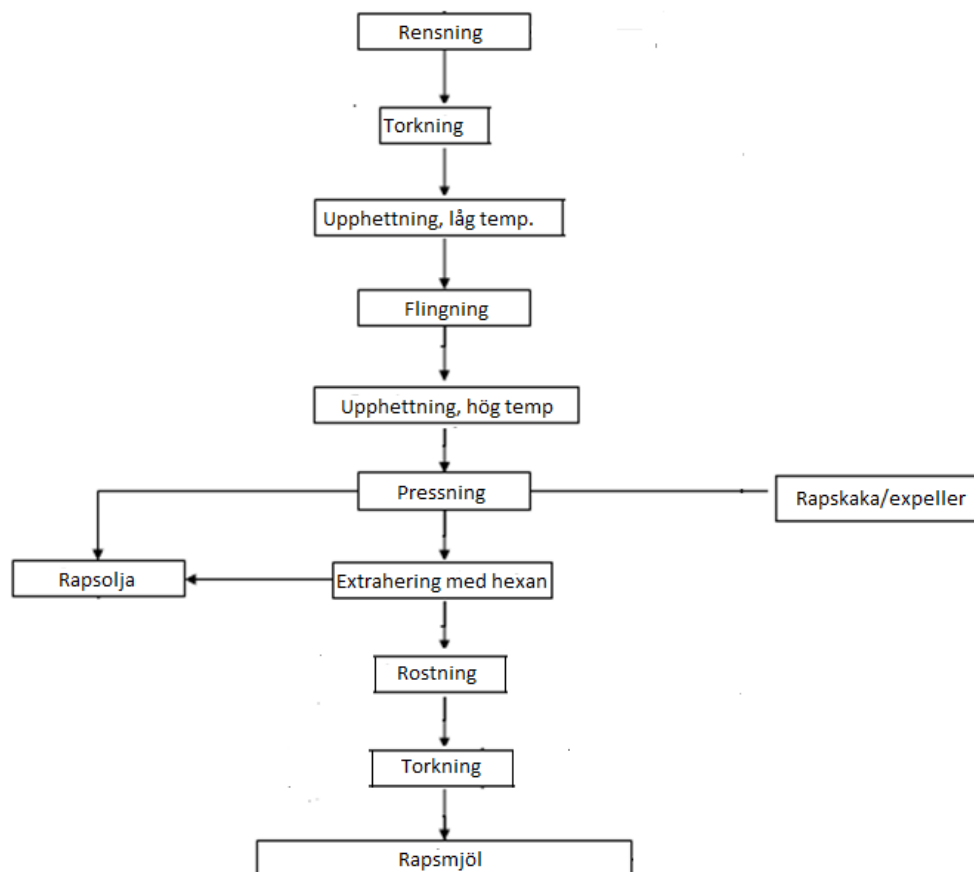
2.1 Rapsens position i Sverige och Europa

Raps (*Brassica napus*) är en oljeväxt som tillhör familjen Brassicaceae (Mawson *et al.*, 1993a; Gupta, 2007). Det är den oljeväxt som odlas i störst omfattning i både Sverige och Europa (Jordbruksverket, 2011; FAOSTAT, 2011). I Sverige odlades det år 2009 en 12 gånger större volym av raps än av lin som är den näst vanligaste oljeväxten (Jordbruksverket, 2011). Odlingsarealen för raps har dessutom ökat i både Sverige och Europa med ca 9 % från 2006 till 2009 (Björklund *et al.*, 2010). Därtill anger oljeväxtförädlarna Svalöv Weibull och DuPont i en artikel från Svensk Frötidning (2011) att det finns möjlighet att under de närmsta 15 åren öka den svenska odlingsarealen av raps med 50 procent.

Merparten av den raps som odlas i Sverige säljs till Aarhus Karlshamn (Björklund *et al.*, 2010) som utvinna oljan och tar fram ett rapsmjöl (ExPro) anpassat till idisslare (Pers. medd. Herland, 2011). Huvuddelen (ca 99 %) av det rapsmjöl som används i svenskt fjäderfäfoder är därför importerat (Dahlström *et al.*, 2010). Importen sker huvudsakligen från Danmark, Tyskland och Frankrike, vars rapsodling tillsammans utgör nästan 60 % av Europas odling (Björklund *et al.*, 2010). 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).

2.1.1 Framställning av rapsmjöl

Rapsmjölet är en biprodukt från oljeframställningen. För att utvinna oljan som finns i rapsfröet och således också få fram rapsmjöl använder de flesta rapsolja-producenter s.k. ”pre-press solvent extraktion” (Figur 1) (EFSA, 2008). Det innebär att rapsfröna rensas och upphettas i låg temperatur (30-40°C). Därefter flingas de, vilket gör att skalet förstörs och sedan upphettas de ytterligare i hög temperatur (80-90°C). Efter upphettningen pressas flingorna med hjälp av skruvar eller expeller och denna pressning gör att 60-70 % av oljan i rapsfröna utvinns. Vid pressningen bildas en biprodukt som kallas för rapskaka/rapsexpeller och som innehåller ca 10-15 % olja. Genom att tillsätta kemiska lösningsmedel såsom hexan till rapskakan kan återstoden av oljan utvinnas (Classen *et al.*, 2004; Newkirk, 2009). När all olja utvunnits återstår ett rapsmjöl med ca 2 % fett (Bernesson, 2007). Dock kan det finnas lösningsmedel kvar i rapsmjölet och för att få bort detta upphettas mjölet till 100°C samtidigt som ånga tillsätts, vilket kallas för rostning. Därefter kyls rapsmjölet ned och torkas till ett torrsubstansinnehåll på ungefär 88 % (Classen *et al.*, 2004; Newkirk, 2009).



Figur 1. Schematisk beskrivning av rapsmjölsframställning (Classen *et al.*, 2004).

2.2 Slaktkycklingens energi- och proteinbehov

De grundläggande målen vid utfodring av slaktkycklingar är att maximera deras genetiska potential gällande tillväxt, foderomvandlingsförmåga och slaktkroppsegenskaper med bibehållen hälsa. Det är också viktigt att kycklingarna uppvisar en jämnhet i vikt gentemot varandra (Aviagen, 2009). Slakterierna betalar utefter en förutbestämd vikt och avvikelser från denna vikt innebär prisavdrag. För att dessa mål ska uppfyllas måste fodret tillgodose kycklingens behov av protein, aminosyror och energi (Aviagen, 2009).

Eftersom kycklingen inte kan bilda alla aminosyror själv, måste de essentiella aminosyror tillföras via fodret. Den aminosyra som det finns minst av i förhållande till kycklingens behov begränsar dess tillväxt (Tabell 1) (Leeson och Summers, 2001). I kycklingfoder är metionin den först begränsande aminosyran, därefter kommer lysin och sedan treonin (Ojano-Dirain och Waldroup, 2002). Kycklingen har även behov av andra essentiella och icke-essentiella aminosyror. För att säkerställa att kycklingens behov av dessa uppfylls finns det även ett minimi krav på fodrets proteininnehåll (NRC, 1994; Pesti, 2009).

Tabell 1. Sammanställning av kycklingens behov av protein och essentiella aminosyror i g per kg foder (NRC, 1994)

Näringsämne	Kycklingens ålder	
	0-3veckor	3-6 veckor
Råprotein	207	180
Metionin	4,5	3,4
Lysin	9,9	9,0
Metionin+ Cystein	8,1	6,5
Treonin	7,2	6,7

Kycklingens höga tillväxt innebär att protein syntetiseras i snabb takt. Denna syntes styrs till stor del av hormoner såsom sköldkörtelhormoner (T_3 och T_4) och tillväxthormoner (Larbier och Leclercq, 1994). Sköldkörtelhormonerna, där T_3 är den aktiva formen, ökar metabolismen i nästan alla kroppens vävnader (Sjaastad *et al.*, 2003). En snabb metabolism krävs för att upprätthålla en hög tillväxt (Luger *et al.*, 2002).

Slaktkycklingens behöver även energi för underhåll av kroppsfunctionerna och för sin tillväxt (Leeson och Summers, 2001). Den energi som finns i en råvara och som kycklingen kan tillgodogöra sig kallas för omsättbar energi (OE) och är det energimått som vanligtvis används rörande kycklingens energi-behov eller råvarors energiinnehåll (Larbier och Leclercq, 1994). Fodrets kvot mellan energi och protein är viktig då kycklingens foderintag till stor del styrs av fodrets energiinnehåll (Leeson och Summers, 2001).

2.3 Rapsfröet och rapsmjölets innehåll av energi och protein

Rapsfröet, vars oljeinnehåll varierar mellan 35-44 % (Gupta, 2007) är intressant som fodermedel då det både har ett högt energiinnehåll (18 MJ OE) och ett högt innehåll av de begränsande aminosyrorna metionin, lysin och treonin (Tabell 2) (Szymbeczko *et al.*, 2010). Rapsmjölet är intressant då det har ett bra innehåll av protein (34,8 %) och ett ca 12 % högre innehåll av tillgängligt metionin jämfört med sojamjöl. Dock har proteinet i rapsmjöl en lägre smältbarhet (76 %) i jämförelse med sojamjöl (87 %) (WPSA, 1989). Proteinets smältbarhet kan påverkas av rapsens innehåll av fibrer och deras förmåga att binda upp protein (Jensen, 2011). Proteinets och aminosyrornas smältbarhet kan också påverkas av rostningen som rapsmjölet genomgår, då en allt för kraftig upphettning kan leda till att aminosyror tillsammans med socker bildar s.k. Maillard reaktioner (Bell, 1993). Maillard reaktioner kan ge rapsmjölet en brun färg och orsaka förlust av aminosyror (Newkirk och Classen, 2003).

Rapsmjöl har till skillnad från rapsfrö och sojamjöl (9,1 MJ OE/kg) ett relativt lågt energiinnehåll (7,6 MJ OE/kg), vilket kan härledas till att det har ett högt innehåll av fibrer (Bell, 1993). Fibrer såväl som innehållet av olja och protein påverkar rapsmjölets energivärde och gör att det kan variera. En ökad

andel protein och olja ökar energiinnehållet medan en ökad andel fibrer sänker energiinnehållet. Energiinnehållet kan således påverkas av oljeutvinningen (Bell, 1993). För att kunna möta sin tillväxtpotential behöver kycklingen ett foder med högt energiinnehåll (ca 13 MJ OE/kg) (Aviagen, 2007). Rapsmjölets låga energiinnehåll kan därmed medföra att råvaran väljs bort vid optimering, till fördel för mer energirika råvaror (pers. medd. Pettersson, 2011).

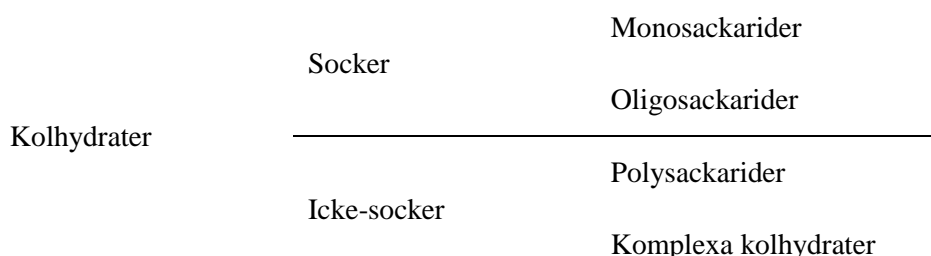
Tabell 2. Näringsinnehåll i rapsfrö, rapsmjöl och sojamjöl. OE i MJ/kg övrigt g/kg (Elwinger, 2007)

Parameter	Rapsfrö	Rapsmjöl	Sojamjöl
OE ¹	18,0	7,6	9,1
Protein	217,0	348,0	440,0
Lysin	12,8	18,5	26,7
Metionin	4,3	7,0	5,9
Metionin + Cystein	9,9	15,2	12,5
Treonin	9,5	15,0	17,1
Lysin smb.	10,2	14,8	24,0
Metionin smb.	3,9	6,2	5,4
Metionin+Cystein smb.	8,0	12,3	10,9
Treonin smb.	7,6	12,0	15,2
Fett	480,0	23,0	13,0
Linolsyra	95,0	7,0	6,0
Stärkelse	20,0	40,0	64,0
Socket	1,0	78,0	93,0
Växttråd	32,5	120,0	60,0

¹Energivärdena gäller för både slaktkyckling och fjäderfä men avvikelser kan förekomma mellan djurslagen (Bell *et al.*, 1993).

2.4 Rapsens innehåll av kolhydrater och fibrer

Kolhydrater består av ihopsatta monosackarider. Innehåller kolhydraterna färre än 10 monosackarider kallas de för socker. Socker kan i sin tur delas upp i monosackarider (1 monosackarid) eller oligosackarider (2-10 monosackarider) (Figur 2). De kolhydrater som innehåller fler än 10 monosackarider kallas för ”icke socker” och delas upp i polysackarider och komplexa kolhydrater (McDonald *et al.*, 2002).



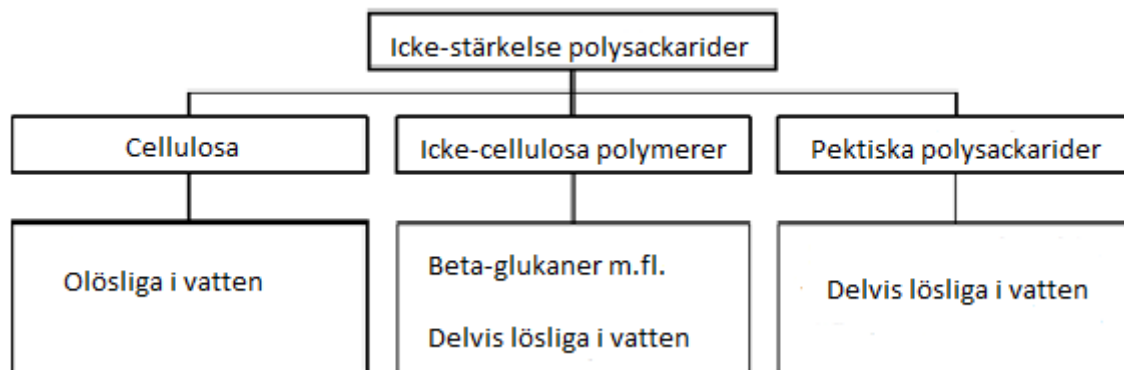
Figur 2. Sammanfattning av kolhydraternas klassificering (McDonald *et al.*, 2002).

Till gruppen polysackarider hör bland annat stärkelse som är kycklingens huvudsakliga energikälla (Bell, 1993). Innehållet av stärkelse i raps är dock lågt och istället förekommer så kallade ”icke stärke-rika polysackarider” (NSP) i stor utsträckning (Tabell 3, Figur 3). NSP utgörs av polysackarider såsom cellulosa, lignin, hemicellulosa, pentosaner och β -glukaner, men också av oligosackariderna raffinose och stachyose (Leeson och Summers, 2001). Kycklingen saknar endogena enzymer som kan bryta ned NSP (Choct och Kocher, 2000). Detta gör att mindre än 3 % av rapsens NSP anses vara smältbara och kunna bidra med energi till fjäderfä (Slominski och Campbell, 1990; Williams *et al.*, 1997; Leeson och Summers, 2001).

Tabell 3. Innehåll av kolhydrater och NSP i rapsmjöl och sojamjöl (Bach Knudsen, 1997)¹

	Stärkelse	NSP	Lignin
Sojamjöl	27	217	16
Rapsmjöl	18	220	134

¹I denna figur är inte lignin inkluderat i NSP



Figur 3. Sammanställning av NSP's klassificering enligt Choct och Kocher (2000).

2.4.1 Träck, ströbädd och fothälsa

NSP kan antingen vara lösliga eller olösliga i vatten (Choct och Kocher, 2000). Förutom dålig smältbarhet har de lösliga NSP antinutritionella egenskaper som kan försämra smältbarheten för stärkelse, protein och fett i fodret (Smits och Annison, 1996; Williams *et al.*, 1997). De NSP som är osmältbara fermenteras av mikrober i tjocktarm och blindtarm vilket kan stimulera till delning av patogena bakterier eller orsaka diarré (Choct och Kocher, 2000; Leeson och Summers, 2001; Józefiak *et al.*, 2004). Både lösliga och olösliga NSP binder också upp vatten och ökar tarminnehållets viskositet. En ökad viskositet gör det svårare för tarminnehållet att blandas och det i sin tur minskar chansen för näringsämnen att komma i kontakt med enzymer och tarmepitel. Upptaget av näringsämnen såsom proteiner, kolhydrater och fetter kan således försämrats (Leeson och Summers, 2001). En ökad viskositet i tarm-

innehållet kan också resultera i kletig träck och så kallade “sticky-droppings” (Leeson och Summers, 2001; Miles och Johnson, 2009). Sticky-droppings är gelatinartad träck som fastnar vid kloaken eller på dunet runt den och kan orsaka hudinfektioner. Både sticky-droppings och kletig träck kan resultera i att ströbädden blir fuktig. En fuktig ströbädd kan ge en försämrad produktivitet och välfärd för kycklingen genom att risken för bröstskador, andningssjukdomar, virussjukdomar och fotskador ökar (Martland, 1985; Ekstrand, 1998; Miles och Johnson, 2009; Francesch och Brufau, 2004). Det finns dock enzymer som visats förbättra smältbarheten för NSP och genom att tillsätta sådana enzymer i fodret till kycklingen kan det också leda till att problemen med viskös träck minskar (Malathi och Devegowda, 2001).

2.5 Antinutritionella faktorer

2.5.1 Glukosinolater

Raps innehåller glukosinolater, en grupp svavelinnehållande föreningar med antinutritionella egenskaper (Tripathi och Mishra, 2007). Glukosinolaterna syntetiseras från aminosyror (EFSA, 2008) och är koncentrerade till frövitnen (Bell, 1984), det vill säga den näringsinlagrande vävnaden i fröet (Fogelfors, 2001). I frövitnen skickar glukosinolaterna signaler till växtätande insekter och fungerar på så sätt som ett försvarssystem för växten (EFSA, 2008). De intakta glukosinolater har vissa antinutritionella effekter, men det är främst de metaboliter som bildas när glukosinolaterna bryts ned som är skadliga för kycklingen (Bille *et al.*, 1983). De intakta glukosinolaterna är nämligen biologiskt inaktiva molekyler medan metaboliterna är biologiskt aktiva (Tripathi och Mishra, 2007). Dessa metaboliter kan ge lever- och sköldkörtelförstoring, en försämrad tillväxt och en generellt lägre produktivitet hos kycklingen (Mawson *et al.*, 1994a). Nedbrytningen av glukosinolater katalyseras av enzymet myrosinas som förekommer i både rapsfröet och i kycklingens mag- och tarmkanal. I rapsfröet är glukosinolater och myrosinas skilda åt, metaboliterna bildas därför först då rapsfröna skadas exempelvis vid oljeutvinning och vid nedbrytning i kycklingens mag- och tarmkanal (Tripathi och Mishra, 2007).

På grund av glukosinolaternas negativa effekter, som hänger samman med dess koncentration i fodret, anses de vara den störst begränsande faktorn vid utfodring av raps (Tripathi och Mishra, 2007). Det finns flera olika typer av glukosinolater och dess metaboliter, vilka har olika påverkan på kycklingen (EFSA, 2008). Vissa av metaboliterna kan, genom att inhibera upptaget av jod och således bildandet av sköldkörtelhormon, ge upphov till att sköldkörteln förstoras (Mawson *et al.*, 1994b; Wallig, 2002). Sköldkörtelförstoring är ett tillstånd som brukar karaktäriseras av en ökad sköldkörtelaktivitet till följd av att koncentrationen av sköldkörtelhormon är sänkt (Mawson *et al.*, 1994b). En sänkt koncentration av sköldkörtelhormoner kan påverka tillväxten negativt (Decuypere *et al.*, 1987) dels genom att utsöndringen av tillväxthormon kan inhiberas (Ganong, 2001) men också genom att kycklingens metabolism kan sänkas (EFSA, 2008; Janjecic, 2002). Glukosinolaternas metaboliter kan också öka aktiviteten hos antioxidanter och avgiftningsevenzymer i levern (Vang *et al.*, 2001; Tanii *et al.*, 2008). En ökad enzymaktivitet kan leda till att levern förstoras (Roland *et al.*, 1996) och således förbrukar den mer energi (Ferrell, 1988). Enligt Jensen (2011) kan metaboliterna också reagera med lysin och sänka

dess tillgänglighet. Dessutom har vissa av glukosinolaterna och dess metaboliter en bitter smak (Lar-bier och Leclercq, 1994; Tripathi och Mishra, 2007).

Med hjälp av växtförädling har dock rapsens innehåll av glukosinolater sänkts kraftigt. Tidigare kunde rapsfröet innehålla 120-150 µmol glukosinolater per gram (Newkirk, 2009), men i mitten av 1970-talet togs s.k. dubbellåg raps fram. Dubbellåg raps har inom EU ett glukosinolat innehåll på maximalt 25 µmol per gram frö (EC 2316/1999), och är i Europa den enda raps som odlas (EFSA, 2008). Eftersom glukosinolaterna inte följer med oljan ut, utan stannar kvar i mjölet kan dock glukosinolat innehåll i rapsmjölet överstiga 25 µmol. På grund av detta rapporterar Bell (1993) att en ytterligare sänkning av glukosinolat innehåll vore önskvärd för rapsens egenskaper som fodermedel. Även Jensen (2011) anger att innehåll av glukosinolater bör sänkas till 10 µmol/g frö för att rapsen ska få ett optimalt användande som fodermedel. Innehåll av glukosinolater är dock inte samma i alla rapspartier. Både det totala innehåll av glukosinolater och sammansättningen av individuella glukosinolater påverkas av rapssort, klimat, region, växtstadium och växtförhållanden (Tabell 4) (Tripathi och Mishra, 2007, EFSA, 2008; Jensen, 2011).

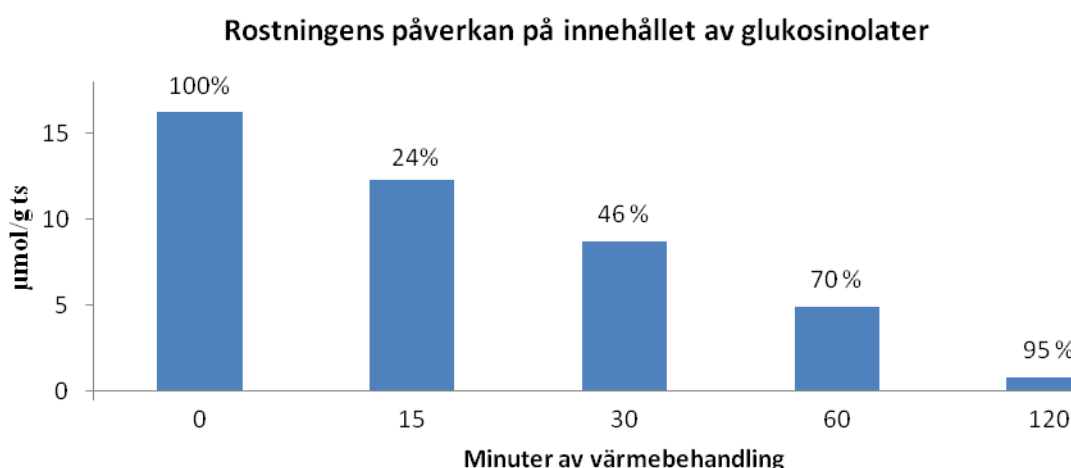
Tabell 4. Innehåll av glukosinolater, angivet i µmol/g, i rapsfrö och rapsmjöl av olika ursprung

Rapsfrö	Rapsmjöl	Ursprung/sort	Källa
	7,2	Kanada	Newkirk, 2009
	10-14	Storbritannien	EFSA, 2008
	10 ¹	AarhusKarlshamn	Herland, 2011
	18	Australien	Mailer <i>et al.</i> , 2008
20		Excalibur	SortInfo
7 ²		Pioneer	SortInfo
	14.5	Tyskland år 2000	Schumann, 2005
	12.9	Tyskland år 2001	Schumann, 2005
	12.7	Tyskland år 2002	Schumann, 2005

¹ Rapsmjöl (Expro). Framtagningsprocessen kan sänka glukosinolaterna till en lägre nivå än i ”vanligt” rapsmjöl.

² Ett fåtal sorter på sortinfo.dk har ett angivet innehåll utav glukosinolater. Pioneer hade angett för 4 av sina sorter och alla låg på 7 µmol/g frö.

En del av glukosinolaterna som finns i rapsmjölet oskadliggörs vid den upphettning som sker när rapsmjölet rostas (Shahidi, 1990). Hur stor andel som bryts ned beror bland annat på temperatur, typ av glukosinolat och hur lång tid upphettningen varar (Tripathi och Mishra, 2007). Om temperaturen ligger på 100°C i det sista upphettningssteget beräknas, beroende på hur lång tid mjölet rostas, 24-95 % av glukosinolaterna att försvinna (Figur 4). Samtidigt som en hög temperatur och lång tid medför att en större andel glukosinolater bryts ned försämras smältbarheten för protein och aminosyror. Speciellt lysin är känsligt för värmebehandling (Jensen *et al.*, 1995). Smältbarheten försämras för att aminosyror vid värmebehandling reagerar med socker och bildar s.k. Maillard reaktioner (Mustafa *et al.*, 1999). Förutom värmebehandling har andra metoder testats för att reducera innehållet av glukosinolater. Dock tycks det inte finnas någon metod som effektivt reducerar innehållet av glukosinolater utan att ha någon annan negativ påverkan på rapsmjölets kvalitet (Tripathi och Mishra, 2007; EFSA, 2008).



Figur 4. Staplarna visar hur rostning av rapsmjölet i 100°C påverkar glukosinlatinnehållet. Procenten ovanför staplarna visar hur stor andel av glukosinolaterna som försvinner (Jensen *et al.*, 1995).

2.5.2 Fenoliska föreningar

Raps innehåller också andra antinutritionella faktorer såsom fenoliska föreningar, vilka huvudsakligen utgörs av sinapin och tanniner (Naczki *et al.*, 1997). Sinapin är en förening med bitter smak medan tanniner kan komplexbinda med enzymer, proteiner och aminosyror och därmed sänka dess smältbarhet (Naczki *et al.*, 1997; Shahidi och Naczki, 1992). Tanninerna bidrar på så vis till rapsens låga energivärde (Larbier och Leclerc, 1994).

3 Material och metoder

3.1 Försöksupplägg

Försöket utfördes på Sveriges Lantbruksuniversitetets försöksgård Lövsta och i det ingick 150 st kycklingar av hybrid Ross 308. Försöksperioden varade från dag 0, då daggamla kycklingar anlände till stallet, till dag 35. Kycklingar (140 st) vägdes och fördelades slumpmässigt över 20 burar med sju kycklingar i vardera bur (1,5*0,75m). Resterande tio kycklingar vägdes och sattes in i två ”extra burar” för att under första veckan kunna ersätta kycklingar som dog eller avlivades i någon av de 20 burarna som ingick i försöket. Kycklingarna hölls på spån bädd som endast byttes ut eller fylldes på om det skulle uppstå exempelvis en vattenläcka. Kycklingarna hade fri tillgång till pelleterat foder och vatten under hela försöksperioden. Krossad pellets gavs dag 0-10 och därefter gavs hela pellets (3 mm) fram till försökets slut (dag 35). Ljus och temperaturprogram följde svensk djurskyddslag (SFS: 1988:534) och Ross manual (Aviagen, 2009). Temperaturen i kycklingstallet startade på 33°C och sänktes sedan successivt till slutligen 23°C vid dag 35. Kycklingarnas hälsa kontrollerades dagligen och de som var svaga, sjuka eller hade benfel avlivades på plats genom ett bedövande slag i huvudet, följt av halsdislokation. Försöket var godkänt av Uppsalas djurförsöksetiska nämnd.

3.2 Foderbehandlingar

Fyra olika foderbehandlingar fördelades slumpmässigt på 20 burar (fem upprepningar per foderbehandling). Fodren utgjordes av ett sojabaserat kontrollfoder och tre försöksfoder där kommersiellt rapsmjöl och rapsfrö i olika inblandningsnivåer i % men alltid i relationen 4:1 ersatte delar av sojan (Tabell 5). Alla fyra foder optimerades utifrån samma energi- och aminosyranivåer, men innehållet av råprotein tilläts variera med en procentenhet (Tabell 6). Försöksfodret med lägst rapsinblandning (Raps Låg) innehöll 8 % rapsmjöl och 2 % rapsfrö. Det andra försöksfodret (Raps Mellan) innehöll 16 % rapsmjöl och 4 % rapsfrö och det försöksfoder med högst rapsinblandning (Raps Hög) innehöll 24 % rapsmjöl och 6 % rapsfrö. Alla foder innehöll också fiberspjälkande enzymer (Premix Rovabio). Kontrollfodret gavs till övriga 4 grupper under hela försöksperioden. Raps Låg gavs dag 0-10 till alla grupper med försöksfoder det vill säga till Raps Låg, Raps Mellan och Raps Hög. Efter dag 10 fortsatte en behandling med Raps Låg och övriga två behandlingar fortsatte med Raps Mellan eller Raps Hög (Tabell 7).

Tabell 5. Råvarusammansättning (%) för kontrollfodret respektive de tre försöksfodren innehållandes 10 % (Raps Låg), 20 % (Raps Mellan och 30 % (Raps Hög) raps. Dag 0-10 gavs Raps Låg till alla grupper förutom kontrollgrupperna

Råvara	Kontroll	Raps Låg	Raps Mellan	Raps Hög
Vete	63,5	62,5	59,2	55,4
Sojamjöl	28,0	20,3	13,5	7,7
Rapsmjöl	-	8,0	16,0	24,0
Rapsfrö	-	2,0	4,0	5,7
Sojaolja	3,2	2,8	2,9	3,0
Kalk	1,8	1,8	1,7	1,6
Monokalciumfosfat	1,7	1,3	1,2	1,2
Natriumbikarbonat	0,23	0,23	0,26	0,26
Lysin	0,30	0,36	0,39	0,40
Metionin	0,17	0,15	0,13	0,11
Treonin	-	-	0,076	0,004
Salt	0,23	0,21	0,19	0,19
Vitamin- och mineralpremix ^a	0,2	0,2	0,2	0,2
Premix Rovabio ^b	0,1	0,1	0,1	0,1
E-vitamin	0,1	0,1	0,1	0,1

^aTillsatt per kg foder: vitamin A, 12 000 IE; vitamin D, 5000 IE; vitamin E, 70 mg; vitamin K3, 4 mg; vitamin B1, 3 mg; vitamin B2, 8 mg; vitamin B6, 5 mg; vitamin B12, 0.02 mg; Pantotensyra, 20 mg; Folinsyra, 2 mg; Niacin, 60 mg; Biotin, 0,175 mg; Järn, 20 mg; Koppar, 15 mg; Kobolt, 0.25 mg; Mangan, 70 mg; Zink 70 mg; Jod, 1 mg; Selen, 035 mg; Molybden, 0.50 mg.

^bPremix Rovabio är en enzym premix som tillverkas av Adisseo och består av xylanas, betaglucanas, pectinas och proteas

Tabell 6. Analyserat näringsinnehåll för kontrollfodret respektive de tre försöksfodren (%). Det analyserade värdet av vissa aminosyror avviker från optimerat värde och då visas optimerat värde i parentes

Parameter	Kontroll	Raps Låg	Raps Mellan	Raps Hög
Energi ^b , (MJ/kg)	11,26	11,45	11,41	11,44
Råprotein ^b	21,3	20,7	20,4	20,0
Växttråd ^b	3,3	3,8	4,7	5,2
Aska ^b	6,2	5,6	5,8	5,8
Fett ^b	4,9	5,7	6,7	7,6
Metionin ^c	0,52 (0,45)	0,49 (0,45)	0,49 (0,45)	0,45 (0,45)
Lysin ^c	1,25 (1,26)	1,31 (1,26)	1,36 (1,26)	1,36 (1,26)
Metionin+ Cystein ^c	0,82	0,80	0,82	0,81
Treonin ^c	0,67 (0,72)	0,65 (0,72)	0,77 (0,8)	0,67 (0,75)
Kalcium ^a	1,00	1,0	1,0	1,0
Fosfor ^a	0,73	0,7	0,73	0,77
Natrium ^a	0,17	0,16	0,16	0,16
Glukosinolater ^d (µmol/g)	0,0	1,36	2,72	4,08

^a Värden som är beräknade enligt Lantmännens egna tabellverk (Pers. medd. Månsson, 2012)

^b Analyserade värden: Råproteinet analyserades enligt Kjeldahl metoden (Nordic Committee on Food Analyses, 2003). Fett analyserades enligt EG-metoden beskriven av Larsson (1989). Växttråden analyserades enligt den s.k. snabba metoden (Jennische och Larsson, 1990)

^c Analyserat av Evonik Degussa International AG enligt Fontaine (2003)

^d Beräknat värde baserat på glukosinolatinnhalten i rapsmjölet respektive rapsfröet

Tabell 7. Tabellen visar vilket foder kycklingarna i de olika behandlingarna fick dag 0-10 och dag 10-35

Ålder	Grupp			
	Kontroll	Raps Låg	Raps Mellan	Raps Hög
Dag 0-10	Kontroll	Raps Låg	Raps Låg	Raps Låg
Dag 10-35	Kontroll	Raps Låg	Raps Mellan	Raps Hög

Rapsfröet och rapsmjölet var av svenskt respektive tyskt ursprung. Deras närings- och glukosinolatinnehåll visas i Tabell 8. Analysen av glukosinolatinnehållet utfördes av Svenska Cereallaboratoriet (SW Seed) i Svalöv genom ISO-metoden 10633 (ISO, 1995). Denna metod bygger på extraktion och slutbestämning av innehållet glukosinolater i oljevaxter med hjälp av separationsmetoden ”high-performance liquid chromatography” (HPLC) (pers. medd., Davidsson, 2011).

Tabell 8. Analyserat närings- och glukosinolatinnehåll i rapsmjöl och rapsfrö (%)

Parameter	Rapsmjöl	Rapsfrö
Råprotein ^a	33,0	19,3
Fett ^a	3,5	45,2
Växtråd ^a	12,2	5,9
Aska ^a	6,2	3,9
Glukosinolater (µmol/g)	12	20

^a Analyserade värden: Råproteinet analyserades enligt Kjeldahl metoden (Nordic Committee on Food Analyses, 2003). Fett analyserades enligt EG-metoden beskriven av Larsson (1989). Växtråden analyserades enligt den s.k. snabba metoden (Jennische och Larsson, 1990)

3.3 Datainsamling

3.3.1 Produktionsparametrar

Kycklingarnas sammanlagda vikt per bur (grupp) registrerades 0, 7, 14, 21, 28 och 35 dagar efter insättning och utifrån den sammanlagda vikten beräknades ett medelvärde per bur. Dag 35 vägdes kycklingarna också individuellt för analys av den individuella viktspridningen inom grupp. För att beräkna medelvärdet av spridningen i individuella vikter användes variationskoefficienten (CV) genom följande ekvation:

$$\frac{\text{Standardavvikelsen}}{\text{Medelvikt}} \times 100 = \text{CV} \%$$

Det ackumulerade foderintaget per bur registrerades dag 7, 14, 21, 28 och 35. Foderomvandlingsförmåga beräknades varje vecka och korrigerades för döda och avlivade kycklingars vikt. Dödligheten beräknades som andelen kycklingar som dog eller avlivades av det ursprungliga antalet kycklingar (140) per foderbehandling. Dag 35 könsbestämdes alla kycklingar för att kunna korrigera vikt, foderintag och foderomvandlingsförmåga för effekt av kön.

3.3.2 Sköldkörtel- och levervikt

Sköldkörtlarnas och leverns vikt registrerades dag 35. En slumpmässigt vald tupp och höna från varje bur, totalt 40 djur, avlivades genom injektion av 3 ml sömnmedel i vingvenen (Pentobarbitalnatrium (100 mg/ml)). Direkt efter avlivning vägdes kycklingen varefter bukhålan omedelbart öppnades. Levern dissekerades fri och vägdes direkt för att minimera vätskeförluster. Därefter frilades nedre delen av halsen och sköldkörtlarna dissekerades fria. De vägdes omedelbart och lades därefter ned i ett förslutet rör för kontrollvägning. Kontrollvägningen utfördes 2-8 h efter dissektion.

3.3.3 Träck-, ströbädd- och fothälsoparametrar

Sticky-droppings registrerades dag 7 på varje kyckling enligt en skala från 0-1. Förekom det fastsittande träck kring kloaken registrerades en etta, förekom ingen träck kring kloak och registrerades en nolla (Figur 5).



Figur 5. Bild på en kyckling med sticky-droppings.

Träckens torrsubstansinnehåll beräknades dag 10 och 32. Träckprover á 50-100 gram från varje bur samlades upp genom att ströbädden täcktes med plast under 0,5-3 timmar. Efter provtagning homogeniserades proverna och 10 gram från varje prov torkades under natten i en ugn på 103°C. Proverna svalnade i en exikator, som möjliggör avsvälning utan att fukt tas upp från luften. När proverna svalnat vägdes de och torrsubstansinnehållet beräknades. Även ströbäddens torrsubstans beräknades dag 32. Ströbäddsprover togs från sju områden på varje ströbädd och slogs ihop till ett prov på ca 100 gram per bur. Provet homogeniserades och av den totala provmängden togs det ut ett prov på 20 gram för torrsubstansbestämning enligt samma metod som för träckten. Ströbäddens fuktighet bedömdes även visuellt och taktilt varje vecka. Bädden delades då in i fyra rutor som bedömdes enligt en skala från 1-5, där 1 står för helt torr ströbädd och en 5 för blöt och kladdig ströbädd.

Förekomsten av fotskador bedömdes dag 35 enligt en skala från 0-2 (Ekstrand *et al.*, 1989). Klassificeringen 0 representerade en fot utan sår, 1 tendens till sår och 2 förekomst av sår.

3.4 Statistisk analys

Alla värden bearbetades statistiskt med hjälp av variansanalys (ANOVA) i SAS 9.2 (SAS, 2008) enligt följande modell med foderbehandling som fix faktor.

$$y_{ij} = \mu_i + a_i + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} = Resultatet av behandling

μ_i = Behandlingarnas sammanslagna medelvärde

a_i = Foderbehandlingens effekt

ε_{ij} = Residual

Analyserna baserades på medelvärden per bur. Alla värden testades för normalfördelning genom proceduren UNIVARIATE i SAS (SAS, 2008) och värdena för sticky-droppings transformerades med hjälp av en arcsin transformering innan den statistiska bearbetningen (Snedecor and Cochran, 1989). Genom proceduren PROC GLM (SAS, 2008) analyserades foderintag, vikt, foderomvandlingsförmåga, sticky-droppings, träcken och ströbäddens torrsubstansinnehåll och sköldkörtel- och levervikt. Vid ett $p < 0,05$ ansågs skillnaderna vara statistiskt signifikanta och vid ett $p < 0,10$ ansågs det finnas tendens till signifikanta skillnader. Alla värden testades för effekt av kön och om $p < 0,05$ så korrigerades det för kön i modellen. Detta gjordes för foderintag, vikt och foderomvandlingsförmåga. Fothälsan och dödligheten förklarades med beskrivande statistik.

4 Resultat

4.1 Produktionsparametrar

Foderintaget sjönk vid en rapsinblandning på 20 % eller mer, det vill säga för kycklingar som åt Raps Mellan och Raps Hög (Tabell 9). Det lägre intaget var dock inte proportionellt mot rapsinblandningen, eftersom inga signifikanta skillnader i foderintag fanns mellan kycklingarna som åt Raps Mellan och de som åt Raps Hög. Den signifikanta skillnaden, mellan kontrollgruppen och kycklingarna som åt Raps Mellan/Raps Hög uppkom först vid 21 dagars ålder, men redan vid 14 dagars ålder fanns tendens ($p=0,0743$) till ett lägre foderintag.

Generellt minskade kycklingarnas vikt med ökad mängd rapsinblandning i fodret (Tabell 9). Minskningen var dock inte helt proportionell mot mängden raps, eftersom kycklingarna som åt Raps Mellan vid försökets slut dag 35 endast hade tendens ($p<0,0512$) till en lägre vikt än kycklingarna som åt Raps Låg. Kycklingarna som åt Raps Hög hade också endast en tendens ($p<0,0738$) till att ha en lägre vikt än kycklingarna som åt Raps Mellan. Den lägre vikten som uppvisades hos kycklingarna som åt försöksfodren innehållandes raps uppvisades först vid 28 dagars ålder för kycklingarna som åt Raps Låg medan kycklingarna som åt Raps Mellan och Raps Hög uppvisade en lägre vikt redan vid 14 dagars ålder. Spridningen i de individuella vikterna, var även om den var numeriskt större med ökad rapsinblandning, inte signifikant skild åt mellan foderbehandlingarna ($p<0,425$) (Figur 6).

Generellt försämrades foderomvandlingsförmågan med ökad inblandning av raps (Tabell 9). Detta gällde dock inte vid 20 % rapsinblandning, eftersom inga skillnader i foderomvandlingsförmåga fanns mellan kycklingarna som åt kontrollfodret och de som åt Raps Mellan. Kycklingarna som åt Raps Låg uppvisade en lägre foderomvandlingsförmåga först vid 35 dagars ålder medan kycklingarna som åt Raps Hög hade en försämrad foderomvandlingsförmåga från och med 21 dagars ålder.

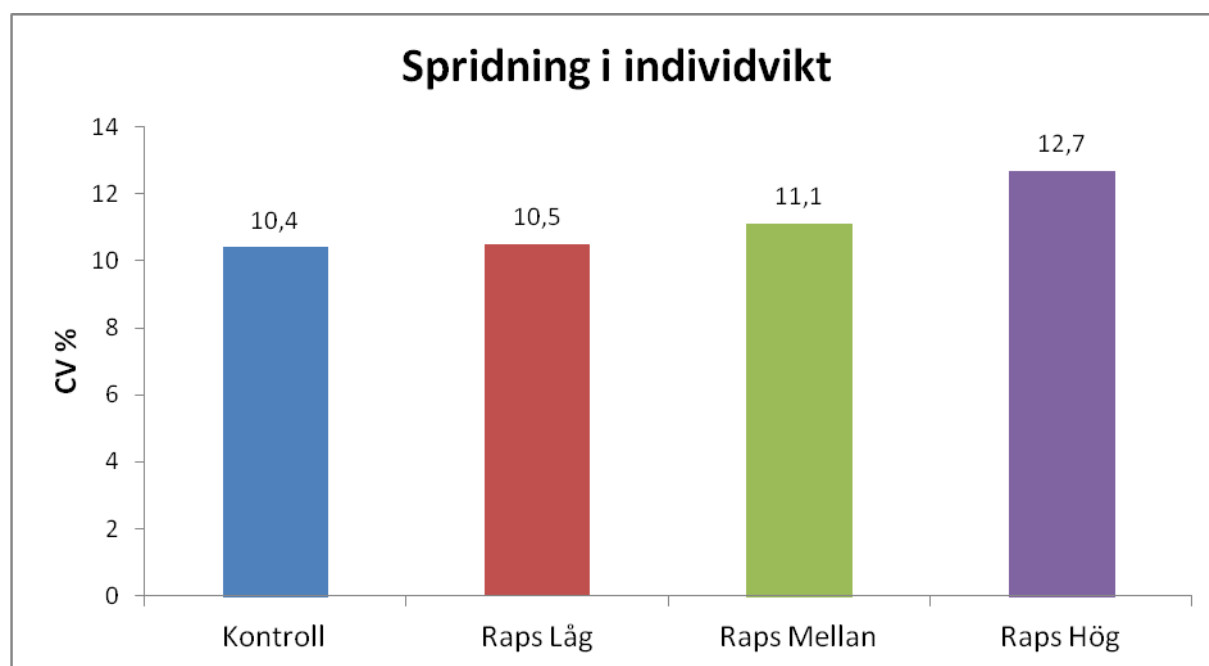
Den totala dödligheten för hela försöksperioden var 4,3 procent (6 st kycklingar av totalt 140). En kyckling dog eller avlivades ur grupperna som åt Raps Låg, Raps Mellan och Raps Hög, totalt tre döda kycklingar. Tre kycklingar dog eller avlivades ur kontrollgruppen.

Tabell 9. Foderbehandlingarnas effekt på kycklingarnas foderintag, vikt och foderomvandlingsförmåga (FCR) angett som medelvärde per kyckling och foderbehandling vid 7, 14, 21, 28 och 35 dagars ålder

Parameter	Ålder (dag)	Kontroll	Raps Låg	Raps Mellan	Raps Hög	CV	Sign. (p) ^a
Foderintag	7	240	242	229	232	4,0	0,106
	14	651	652	608	620	4,7	0,074
	21	1420 ^a	1410 ^{ac}	1300 ^b	1318 ^{bc}	4,8	*
	28	2550 ^a	2521 ^a	2304 ^b	2303 ^b	4,1	***
	35	3664 ^a	3625 ^a	3340 ^b	3293 ^b	3,7	***
Vikt	7	191	193	190	192	5,7	0,977
	14	528 ^a	517 ^{ab}	480 ^b	475 ^b	6,5	*
	21	1077 ^a	1043 ^{ab}	971 ^{bc}	950 ^c	5,1	**
	28	1794 ^a	1723 ^b	1595 ^c	1515 ^c	4,4	***
	35	2418 ^a	2325 ^b	2172 ^{bc}	2069 ^c	4,3	***
FCR	7	1,26	1,26	1,21	1,21	4,0	0,178
	14	1,23	1,26	1,27	1,31	3,8	0,175
	21	1,32 ^a	1,35 ^{ab}	1,34 ^a	1,39 ^b	2,5	*
	28	1,42 ^a	1,46 ^a	1,44 ^a	1,52 ^b	2,5	**
	35	1,52 ^a	1,56 ^{bc}	1,54 ^{ab}	1,59 ^c	2,0	**

¹ Signifikans. *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

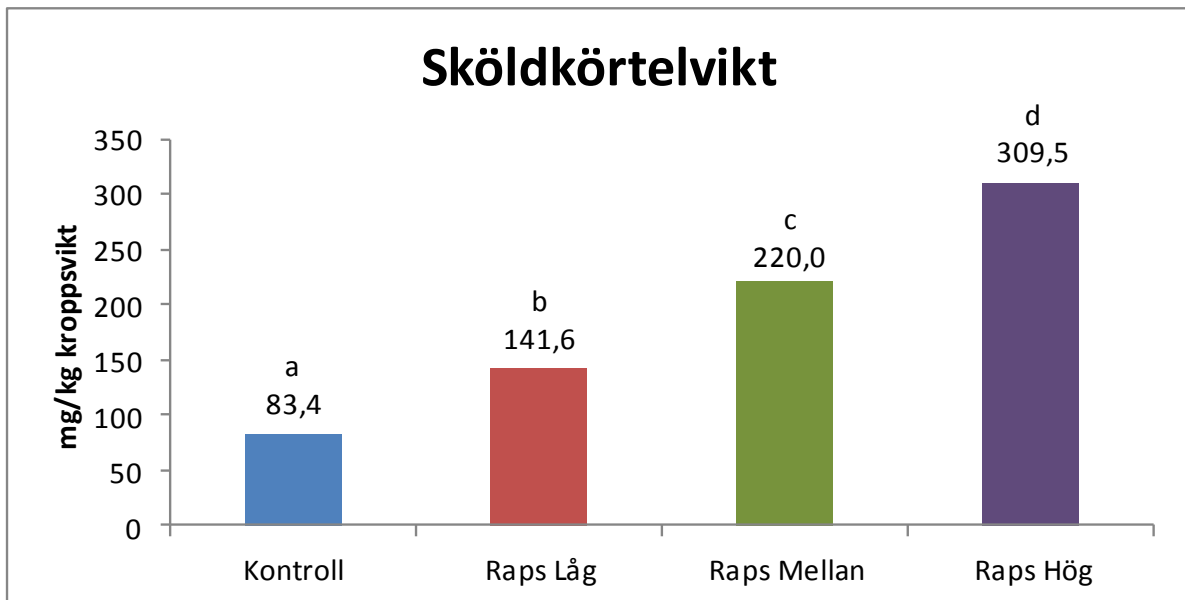
^{a-c} Medelvärden inom en rad utan gemensam bokstav är signifikant skilda, p<0,05.



Figur 6. Spridning i individvikt (CV medelvärde) per foderbehandling dag 35. Spridningen skiljde sig inte signifikant åt mellan foderbehandlingarna (p<0,4251; CV= 21,5 %).

4.2 Sköldkörtel- och levervikt

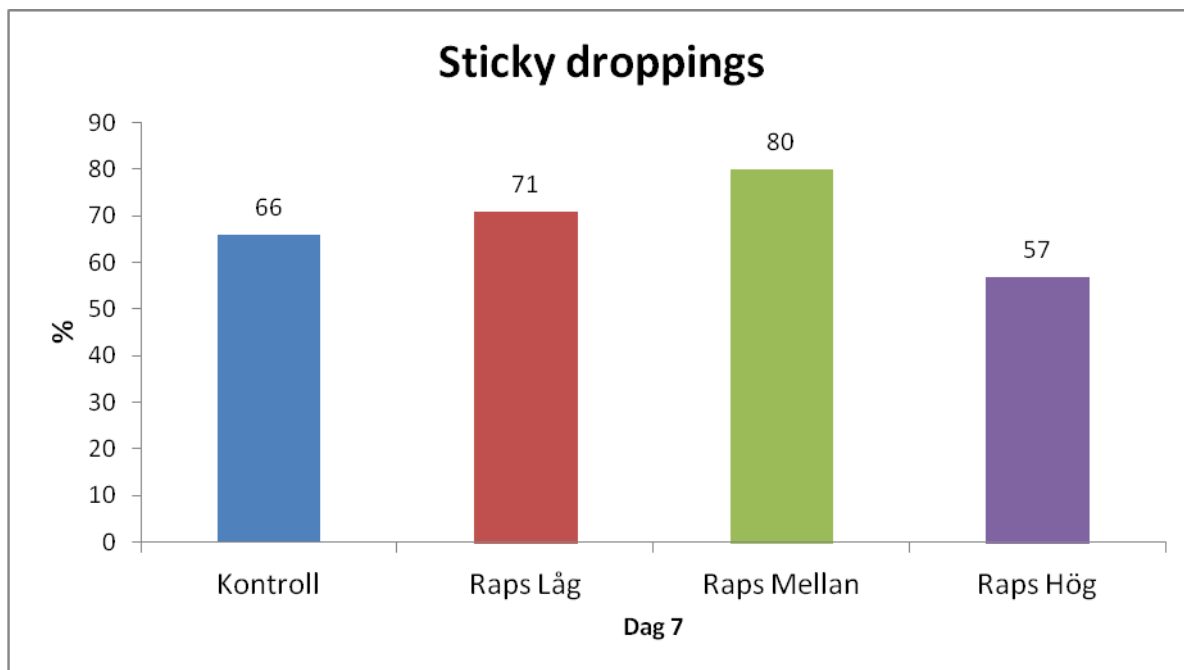
Sköldkörtlarnas vikt ökade signifikant med ökad rapsinblandning ($P < 0,0001$) (Figur 7). Levervikten skilde sig inte signifikant åt mellan de olika foderbehandlingarna ($p < 0,337$).



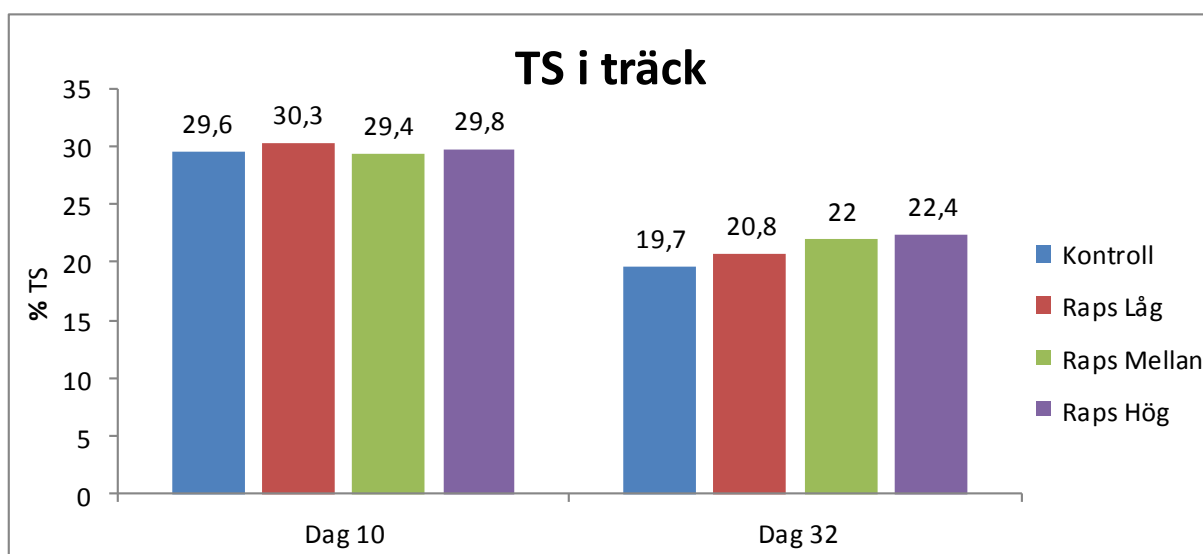
Figur 7. Sköldkörtlarnas medelvikt per foderbehandling angivet i mg per kilo kroppsvikt. ^{a-d} Medelvärden utan gemensam bokstav är signifikant skilda. ($p < 0,05$; $CV = 11,3\%$).

4.3 Träck-, ströbädd- och fothälsoparametrar

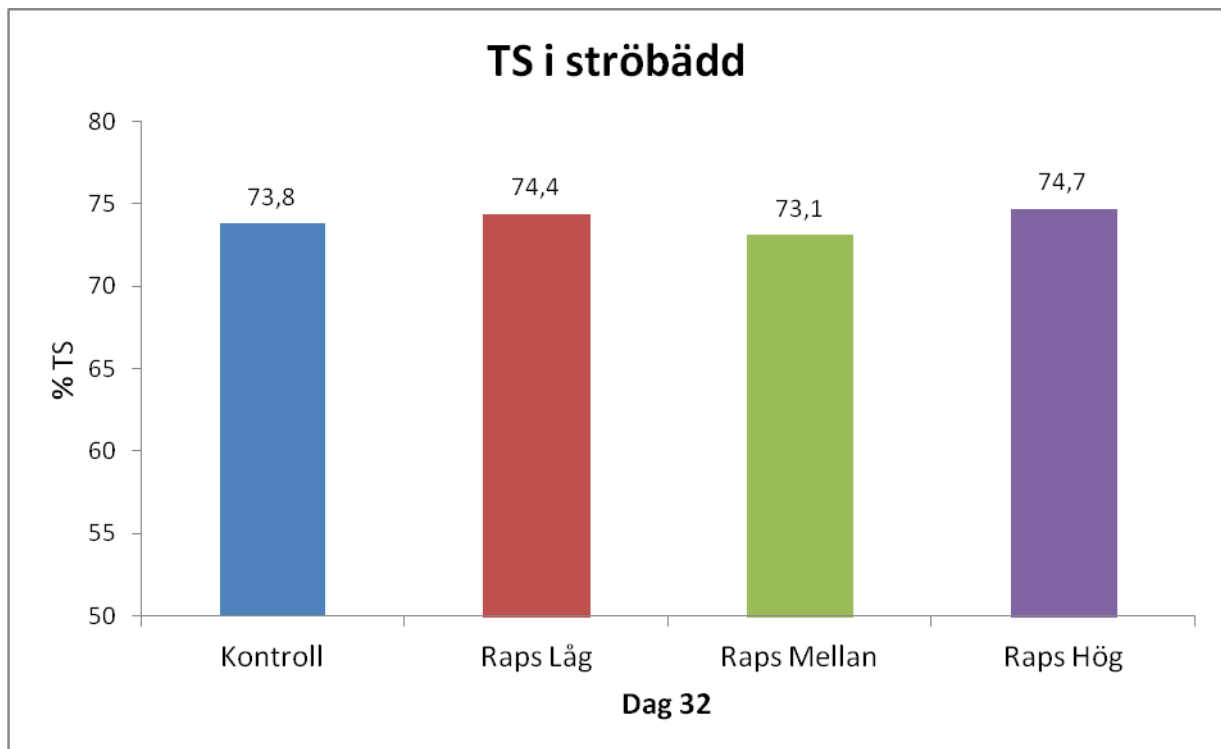
Andelen sticky-droppings skiljde sig inte signifikant åt mellan foderbehandlingarna ($p < 0,2377$) (Figur 8). Träckens torrsubstansinnehåll var heller inte signifikant skild mellan foderbehandlingarna varken dag 10 ($p < 0,926$) eller dag 32 ($p < 0,147$) (Figur 9). Inte heller ströbäddens torrsubstansinnehåll skiljde sig signifikant åt mellan foderbehandlingarna ($p < 0,950$) (Figur 10). Gällande fotskador klassificerades alla kycklingar, förutom en, med en nolla det vill säga ingen förekomst av fotsår.



Figur 8. Andelen djur med sticky-droppings för de olika foderbehandlingarna dag 7. Det förekom inga signifikanta skillnader ($p < 0,2377$; $CV = 27,8\%$).



Figur 9. Träckens torrsbstansinnehåll (medelvärde) per foderbehandling. Inga signifikanta skillnader förekom dag 10 ($p < 0,926$; $CV = 8,0\%$) eller dag 32 ($p < 0,147$; $CV = 9,0\%$).



Figur 10. Ströbäddens torrsbstansinnehåll (medelvärde) per foderbehandling vid dag 32. Inga signifikanta skillnader förekom mellan behandlingarna ($p < 0,950$; CV = 6,1 %)

5 Diskussion

5.1 Produktionsparametrar, sköldkörtel- och levervikt

5.1.1 Tillväxt

Tillväxten var generellt sett lägre hos de kycklingar som åt foder innehållande rapsmjöl och rapsfrö jämfört med de kycklingar som åt kontrollfodret. Det finns emellertid flera tänkbara förklaringar. Resultatet kan ha påverkats av att kontrollfodret hade ett högre innehåll av protein och metionin. Proteininnehållet i kontrollfodret var 21,3 % medan det i Raps Hög, som var fodret med lägst proteininnehåll, var 20,0 %. Det är dock visat att proteininnehållet i fodret kan variera mellan 20-22 % utan att tillväxten påverkas negativt (Moravej, 2006). Innehållet av metionin i kontrollfodret var 0,52 % medan det i Raps Låg och Raps Mellan var 0,49 % och i Raps Hög 0,45 % per kg foder. Detta trots att fodren var optimerade utifrån samma aminosyranivå. Eftersom den unga kycklingens behov, enligt NRC (1994), är 0,45 % per kg foder bör kycklingarnas behov av metionin ha tillgodosetts. Verkar inte metionin begränsande, så är det heller inte säkert att en högre inblandningsnivå leder till en högre tillväxt. Ahmed och Abbas (2011) har dock visat att tillväxten kan påverkas positivt om kycklingen får ett foder med ett metionininnehåll på 10-30 % över NRC's rekommenderade värde. Däremot har Saki *et al.*, (2007) visat att tillväxten inte påverkas om metionininnehållet överstiger NRC's rekommendationer. Om kontrollfodrets metioninnivå bidrog till en högre tillväxt är således oklart men kan inte uteslutas. Det som möjligtvis talar emot att skillnaden i tillväxt mellan kontrollgruppen och kycklingarna som åt Raps Låg berodde på skillnad i metionininnehåll är att en signifikant skillnad uppkom först dag 28. Eftersom kycklingen har ett högre behov av metionin under startperioden borde en signifikant skillnad således ha setts tidigare. Nämnas bör också att fodren hade ett varierande innehåll av lysin, men eftersom fodren som innehöll raps hade ett högre innehåll av lysin än kontrollfodren, kan detta inte förklara den lägre tillväxten. Det är dock anmärkningsvärt att innehållet av lysin i rapsfodren var högre än de optimerade värdena, då det är den aminosyra som är känsligast för den rostning som rapsen genomgår vid framställningen.

Generellt sjönk också kycklingarnas tillväxt med ökad inblandning av rapsfrö och rapsmjöl i deras foder. Det är tidigare visat att en 10-15 % inblandning av både rapsfrö och rapsmjöl i foder till slaktkycklingar från 0-40 dagars ålder påverkar deras tillväxt negativt jämfört med ett foder utan raps (Fasina *et al.*, 1997). Även andra forskningsresultat har visat att redan 10 % rapsmjöl kan ge en lägre tillväxt (Gheorghe *et al.*, 2003; McNeill *et al.*, 2004). Emellertid finns också studier som visar att varken 20 % rapsfrö (Lee *et al.*, 1991) eller 15-30 % rapsmjöl påverkar kycklingens vikt negativt (Elwinger och Säterby, 1986; Leeson *et al.*, 1987; Kocher *et al.*, 2001). Resultaten i denna studie tyder dock på att tillväxten påverkades negativt av rapsfröet och rapsmjölet eftersom kycklingarna som åt Raps Mellan tenderade till att väga mindre än de som åt Raps Låg, trots att det inte förekom någon skillnad i metionininnehåll mellan dessa foder. Anledningen till att skillnaden i vikt inte uppnådde signifikant nivå mellan rapsfodren, trots att den var som mest 150 g, skulle kunna bero på stor variation i vikt mellan kycklingarna inom en foderbehandling. Ingen skillnad i spridning (CV) mellan de

individuella vikterna mellan foderbehandlingarna kunde dock ses, vilket även tydde på att kycklingarnas förmåga att hantera rapsfrö och rapsmjöl inte skiljde sig åt mellan individer. En ytterligare faktor som tyder på att kycklingarna påverkades av inblandningen av raps är att kycklingarna som åt Raps Mellan och Raps Hög uppvisade en lägre vikt gentemot kontrollgruppen direkt efter foderbytet dag 10, då de gick från att äta ett foder innehållande 10 % raps till ett foder innehållande 20 % eller 30 % raps.

Glukosinolater har framhållits vara den faktor i rapsfröet och rapsmjölet som gör att kycklingarna växer sämre (Roth-Maier, 1999; Jensen, 1999; Janjecic *et al.*, 2002; Wallig 2002; Maroyfuan och Kermanshahi, 2006; Kermanshahi och Abbas Pour, 2006; Woyengo *et al.*, 2011) och kan också vara en bidragande faktor till att resultaten varierar mellan studier. Enligt Mawson *et al.* (1994a) påverkas tillväxten negativt om glukosinolatinnehållet överstiger 2 $\mu\text{mol/g}$ foder, oberoende av rapsnivå. I min studie reducerades dock tillväxten med 4 % redan vid ett glukosinolatinnehåll som låg på 1,36 μmol (Raps Låg). Detta kan bero på det lägre metioninnehållet i Raps Låg, men det kan heller inte uteslutas att kycklingarna påverkades negativt av en 10 % rapsinblandning.

5.1.2 Foderintag

Foderintaget var generellt sett lägre hos de kycklingar som åt foder innehållande rapsmjöl och rapsfrö jämfört med de kycklingar som åt kontrollfodret. Kycklingarna som åt foder innehållandes 20 och 30 % raps uppvisade ett lägre foderintag jämfört med kontrollgruppen. Detta kan ha bidragit till deras lägre tillväxt jämfört med de kycklingar som fick det sojabaserade kontrollfodret. Att foderintaget påverkas negativt stämmer överens med en studie av Roth-Maier (1999) som visar att foderintaget påverkas när rapsinblandningen uppgår till 20 % eller mer. Enligt Kermanshahi och Abbas Pour (2006) försämrar glukosinolaterna fodrets smaklighet pga. av att de smakar bittert, vilket i sin tur leder till att foderintaget sänks. Den antinutritionella faktorn sinapin skulle genom sin bittra smak också kunna bidra till en försämrad smaklighet. Även om det är visat att foderintaget kan sjunka om raps blandas in i kycklingens foder (Roth-Maier, 1999; Perez-Maldonado *et al.*, 2001; McNeill *et al.*, 2004; Kermanshahi och Abbas Pour, 2006), saknas forskning som visar att det beror på att kycklingarna tycker att ett foder innehållandes raps smakar sämre jämfört med ett foder utan raps. Forskningen har hittills tenderat till att endast registrera mängden konsumerat foder vid 1-2 tillfällen under kycklingens liv och inte genom s.k. preferensstudier, där kycklingen själv får välja mellan olika foder. En preferensstudie har hittills gjorts och den studien visar att kycklingen inte väljer ett sojabaserat foder före ett foder innehållandes 20 % rapsmjöl (McNeill *et al.* 2004). Kycklingens foderintag påverkas dessutom inte av ett foder som innehåller de mängder sinapin som motsvarar 30 % rapsinblandning (Qiao, 2008). Enligt Mawson *et al.* (1993b) beror inte ett lägre foderintag vid inblandning av raps på en försämrad smaklighet. Författarna anger istället att ett lägre foderintag har ett samband med att metaboliterna ger inre störningar. Huruvida det lägre foderintaget som observerades i det nuvarande försöket för kycklingarna som åt Raps Mellan och Raps Hög var en direkt konsekvens av en försämrad smaklighet eller en konsekvens av inre störningar är därmed inte möjligt att fastställa. Således går det heller inte att veta om den lägre vikten var en följd av ett lägre foderintag eller om det lägre foderintaget var en konsekvens av ett lägre energibehov framkallat av att kycklingarna växte sämre. Det som möjligtvis talar emot att den lägre vikten var en följd av ett lägre foderintag är att kycklingar som åt Raps Låg hade en

lägre tillväxt vid försökets slut trots att foderintaget inte var signifikant lägre. För kycklingar som åt Raps Mellan och Raps Hög var dessutom vikten signifikant lägre redan vid 14 dagars ålder men då fanns det endast en tendens till att foderintaget var lägre.

5.1.3 Sköldkörtel- och levervikt

Intaget av glukosinolater har föreslagits kunna ge metaboliska störningar och en lägre tillväxt (Roth-Maier, 1999). Som tidigare nämnts i litteraturöversikten påverkas metabolismen bland annat av sköldkörtelhormoner (King och May, 1984; Larbier och Leclercq, 1994). Det är visat att en lägre tillväxt i samband med intag av raps eller glukosinolater kan åtföljas av en förstörd sköldkörtel (Elwinger *et al.*, 1986; Jensen *et al.*, 1999; Wallig 2002; Janjecic, 2002). Att glukosinolaterna kan leda till en förstörd sköldkörtel är väl känt och rapporterades redan 1928 (Mawson *et al.*, 1994b). Detta stämmer överens med resultaten i det nuvarande försöket där sköldkörtelarnas vikt ökade fyrfaldigt med en ökad inblandning av raps (0-30 procent) och glukosinolater (0 - 4,08 $\mu\text{mol/g}$). En förstörd sköldkörtel kan innebära att koncentrationen av sköldkörtelhormonen T_3 och T_4 sänks och att metabolismen påverkas (Decuyper, 1987; Mawson *et al.*, 1993b; Janjecic, 2002). Sänks koncentrationen av sköldkörtelhormon kan utsöndringen av tillväxthormon sjunka och således också kycklingens tillväxt (Decuyper, 1987; Janjecic, 2002). Emellertid har varken Vermorel *et al.* (1986), Schöne *et al.* (1993), Kermanshahi och Abbas Pour (2006) eller Maroyfuan och Kermanshahi (2006) kunnat påvisa att en sköldkörtelförstoring orsakad av rapsmjöl också medför att koncentrationen av T_3 som är det aktiva hormonet sänks. Istället har en ökad koncentration av T_3 i vissa fall konstaterats (Schöne *et al.*, 1993; Kermanshahi och Abbas Pour, 2006; Maroyfuan och Kermanshahi, 2006). Om detta påverkar kycklingen är oklart. Kermanshahi och Abbas Pour (2006) visade att kycklingar med en ökad koncentration av hormonet T_3 uppvisar en lägre vikt medan Maroyfuan och Kermanshahi (2006) visar att tillväxten inte påverkas. Eftersom kunskapen om hur glukosinolaterna påverkar kycklingens metabolism är bristfällig (Mawson *et al.*, 1994b) behövs ytterligare studier för att undersöka hur kycklingarna påverkas metaboliskt av en förstörd sköldkörtel orsakad av raps. Det går därmed inte att fastställa om den observerade sköldkörtelförstoringen i detta försök har något samband med den lägre vikten.

5.1.4 Foderomvandlingsförmåga

Foderomvandlingsförmågan var generellt sett lägre hos de kycklingar som åt foder innehållande rapsmjöl och rapsfrö jämfört med de kycklingar som åt kontrollfodret. Kycklingarna som åt Raps Låg och Raps Hög hade generellt en försämrad foderomvandlingsförmåga, utan att ha ett högre foderintag. Det är visat att rapsmjöl och rapsfrö trots tillsats av enzymer kan försämra foderomvandlingsförmågan (Fasina *et al.*, 1997). I motsats till detta finns också studier som visar att varken 10 % rapsfrö (Nguyen, 2003) eller 20 % rapsmjöl påverkar kycklingarnas foderomvandlingsförmåga negativt (McNeill *et al.*, 2004). Tanniner som finns i rapsfrö och rapsmjöl kan komplexbinda med fett och protein och sänka dess smältbarhet (Shahidi och Naczki, 1992). Om aminosyrorna i denna studie hade en lägre smältbarhet än förväntat, skulle det kunna ha resulterat i en högre foderomvandlingsförmåga. Smältbarheten kan också påverkas när rapsmjölet rostas (Mustafa *et al.*, 1999; Newkirk och Classen, 2003). Eftersom innehållet av lysin, som är den aminosyra som är känsligast för värmebehandling, var högre än förväntat är det inte troligt att rostningen har påverkat smältbarheten negativt i denna studie. NSP som finns i

raps kan både binda upp näringsämnen (Williams *et al.*, 2007) och försvåra dess upptag genom att göra tarminnehåller mer visköst (Leeson och Summers, 2001). Kycklingarnas förmåga att bryta ned NSP ökar med åldern, möjligtvis på grund av att tarmfloran anpassar sig och producerar de enzymer som behövs för att bryta ned NSP (Choct och Kocher, 2000; Leeson och Summers, 2001). Således borde NSP ha orsakat mest problem under kycklingens första levnadsveckor. Eftersom kycklingarna som åt Raps Låg och Raps Hög hade en försämrad foderomvandlingsförmåga först under sista respektive tredje veckan tyder detta på att de i denna studie inte påverkades av NSP. Dessutom var NSP nedbrytande enzym tillsatta i fodren och det är konstaterat att denna typ av enzymer kan minska de anti-nutritionella effekter som NSP har (Annison och Choct, 2001). Det sågs heller inga tecken på att träcken skulle vara mer viskösa då träckens torrsubstans inte skiljde sig åt, vilket stödjer teorin om att NSP inte utgjorde något problem. Ytterligare en faktor som kan ha påverkat foderomvandlingsförmågan är fodrens innehåll av treonin. Treonin är viktig för metaboliska processer såsom proteinsyntesen (Martinez *et al.*, 1999) och det är visat att en marginell brist på treonin kan leda till sämre foderomvandlingsförmåga (Kidd *et al.*, 1999). Enligt NRC (1994) är kycklingens behov av treonin ungefär 0,72 % per kg foder och denna nivå uppnåddes endast av Raps Mellan. Det är således möjligt att den bättre foderomvandlingsförmågan för kycklingarna som åt Raps Mellan kan förklaras av innehållet av treonin.

Nämnas bör att foderomvandlingsförmågan överlag var mycket bra, för alla kycklingarna i försöket (1,52-1,61 dag 35), vilket kan bero på att kycklingarna nådde en hög vikt dag 35. De vägde mellan 2,07-2,42 kg vilket var över det beräknade värdet i Ross manual på 2,02 kg (Aviagen, 2007). Kycklingarnas ackumulerade foderintag (3,34-3,66 kg dag 35) var dock också högre än det beräknade värdet i Ross manual på 3,25 kg. Den höga produktiviteten kan ha berott på att försöket utfördes i små grupper (å 7 kycklingar), i nybyggda stallar och att stressen från omgivningen därmed var minimal.

5.2 Träck, ströbädd- och fothälsoparametrar

Det förekom inga skillnader mellan foderbehandlingarna gällande träcken och ströbäddens TS-innehåll, andelen sticky-droppings eller andelen fotskador. Eftersom raps innehåller en större andel NSP än soja (Bach Knudsen, 1997), det vill säga fibrer med dålig smältbarhet, fanns det anledning att tro att fodren som innehöll raps skulle ha gett en träck och ströbädd med lägre TS och en högre andel sticky-droppings. Försöksfodren innehöll NSP-nedbrytande enzymer, vilka borde ha sänkt nivåerna av NSP i rapsfodren och kan därmed ha bidragit till att träcken hos de kycklingar som åt rapsfodren inte hade en lägre torrsubstans. Eftersom varken andelen sticky-droppings eller träckens TS skiljde sig åt mellan foderbehandlingarna, var det förväntat att inte heller ströbäddens TS-innehåll skiljde sig åt. Det är dock möjligt att resultatet vid den första torrsubstansbestämningen vid 10 dagars ålder påverkades av att kycklingarna sprätte upp sågspån på den inlagda plasten där träcken uppsamlades. Det är även möjligt att fuktighet i träcken hann avdunsta så att inte resultatet blev rättvisande. Denna första torrsubstansbestämning gjordes dessutom innan kycklingarna bytte foder, det vill säga alla kycklingar förutom de som åt kontrollfodret fick ett foder innehållandes 10 % raps. Eftersom kycklingarnas förmåga att bryta ned NSP är lägre när de är unga (Choct och Kocher, 2000), är det möjligt att den andra torr-

substansbestämningen av träcken borde gjorts tidigare i försöket, förslagsvis vid drygt 2 veckors ålder och inte vid dag 32. Analysresultatet som visade att ingen skillnad förekom mellan foderbehandlingar, stöddes dock av den visuella och taktila observationen av ströbädden som gjordes varje vecka. Det förekom heller inga fotskador, förutom en kyckling som hade början till sår. Risken för fotskador ökar om ströbädden är fuktig (Ekstrand, 1998). Att inga fotskador kunde ses i denna studie var således förväntat eftersom ströbäddens var torr oavsett behandling. Resultatet är också i enlighet med Gordon *et al.* (2004) som visar att 16 % raps varken leder till en ökad fuktighet i ströbädden eller till en ökad förekomst av fotskador.

5.3 Rapsens framtid som fodermedel

Eftersom det i denna studie inte kunde fastställas hur mycket raps som kan ingå i kycklingens foder utan att kycklingens produktionsparametrar påverkas negativt, behövs ytterligare studier som tittar på hur dessa parametrar påverkas av olika inblandningsnivåer. Det behövs också klargöras om kycklingen påverkas av en förstorad sköldkörtel. I framtida studier skulle det också vara intressant att undersöka om kycklingen påverkas olika av raps i start- och tillväxtfaserna. Khajali *et al.* (2002) visade att tillväxten i startfasen kan påverkas negativt av raps, men att kycklingarna kan kompensera för detta senare. Dock visade Janjeciz *et al.*, (2002) att 10-30 % rapsmjöl i fodret till slaktkycklingar ger en negativ effekt på vikten först efter 21 dagars ålder. Det är således möjligt att rapsen har en ”ackumulerande effekt” i kycklingen, vilket också skulle kunna förklara varför kycklingarna som åt Raps Låg uppvisade en lägre vikt först vid dag 28. Om det finns en ackumulerande effekt kan det vara möjligt att raps bör undvikas under kycklingens första levnadsveckor, men att den kan ingå i högre nivåer i slutfasen.

Det är också möjligt att det behövs tas hänsyn till fler parametrar i framtida studier. I denna studie mättes t.ex. enbart innehållet av totala glukosinolater. Eftersom olika metaboliter kan ha olika påverkan på kycklingen kan det vara så att ytterligare metaboliter bör analyseras. Vilka metaboliter som bildas påverkas också av tarmens bakterieflora, som i sin tur påverkas av foderråvarorna (Roland *et al.*, 1996). Fodren i detta försök baserades på en enkel råvarusammansättning av vete och soja och det är möjligt att inblandning av fler råvaror eller andra råvaror hade gett ett annat utfall. Det kan också vara av intresse att kontrollera under vilka förhållanden rapsmjölet har framställts. Detta baseras på att Perez-Maldonado *et al.* (2001) visat att rapsmjöl från olika oljeutvinningsfabriker, men med liknande glukosinolatinnehåll, ger olika tillväxthastighet när det blandas in i fodret. Det kan således vara av intresse att göra en studie som både jämför rapssort och ursprung.

Baserat på resultaten i denna studie kan det heller inte uteslutas att innehåll av glukosinolater i de dubbellåga sorterna fortfarande är för högt för kycklingen. Då möjligheterna att minska innehållet av glukosinolater genom upphettning eller andra metoder utan att samtidigt påverka proteinets smältbarhet är små, måste innehållet antagligen sänkas genom växtförädling. Eftersom majoriteten av det rapsmjöl som används i fjäderfäfoder i Sverige är importerat från Europa är detta inte enbart en fråga för den svenska rapsproduktionen utan för hela Europa.

6 Slutsatser

Syftet med denna studie var att undersöka om 10 %, 20 % och 30 % inblandning av rapsfrö och rapsmjöl i slaktkycklingens foder påverkar djurets produktions- och hälsoparametrar. Studien tyder på att inblandning av rapsfrö och rapsmjöl generellt sett kan påverka tillväxt och foderintag negativt. Resultatet tyder vidare på att tillväxten kan påverkas redan vid 10 % rapsinblandning men att foderintaget påverkas först vid 20 % raps eller mer. Huruvida ett lägre foderintag är en direkt konsekvens av fodrets smaklighet eller om det är ett resultat av en lägre tillväxt är inte fastställt. Studien visar även att ett glukosinolatinnehåll på 1,36 $\mu\text{mol/g}$ foder och däröver leder till att kycklingens sköldkörtlar förstoras. Hur detta påverkar kycklingen eller inte är oklart. Rapsinblandningen hade dock ingen negativ påverkan på ströbäddens kvalitet. För att rapsen, ur rent näringsmässiga aspekter, ska kunna bli ett konkurrenskraftigt alternativ till sojan behövs mer kunskap om hur mycket raps som kan ingå i slaktkycklingens foder och varför kycklingen kan påverkas negativt av en inblandning av rapsfrö och rapsmjöl.

Acknowledgement

Tack till min handledare Maria Eriksson för all hjälp under examensarbetes genomförande. Ett stort tack till Degussa AG som tjänstvilligt analyserat mina foders aminosyrainnehåll och Börje Ericson vid Kungsängens Försökslaboratorium som utförde de övriga kemiska analyserna. Jag vill också tacka Lars Pettersson, Svenska Foder, för värdefulla diskussioner under examensarbetes gång. Jag vill även ge ett stort tack till personalen vid Nationellt forskningscentrum för lantbrukets djur vid Uppsala-Lövsta för all hjälp med det praktiska arbetet och Desireé Jansson på SVA för att jag fick komma dit och ”träningsdissekera”. Sist men inte minst vill jag tacka Emily Wallström för gott samarbete under hela exjobbet.

Referenser

- Ahmed, M. E. och Abbas, T. E. 2011. Effects of dietary levels of methionine on broiler performance and carcass characteristics. *International Journal of Poultry Science* 10 (2), 147-151.
- Annisson, G. och Choct, M. 1991. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science Journal*. 47, 232-242.
- Aviagen. 2009. [online]. Ross broiler management manual. Newbridge, Midlothian, UK. Tillgänglig: <http://en.aviagen.com/ross-308/> 2011-10-01.
- Aviagen. 2007a. [online]. Ross 308:Broiler performance objectives. Newbridge, Midlothian, UK. Tillgänglig: <http://en.aviagen.com/ross-308/> 2011-11-19.
- Aviagen. 2007b. [online]. Ross 308:Broiler: Nutrition Specification. Newbridge, Midlothian, UK. Tillgänglig: http://www.natchix.co.za/pdf/nutrition_specifications.pdf.
- Bach Knudsen, K. E. 1997. Carbohydrate and lignin content of plant material used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*. 67, 319-338.
- Bell, J. M. 1984. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: a review. *Journal of Animal Science*. 58, 996-1010.
- Bell, J. M. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Canadian Journal of Animal Science*. 73, 679-697.
- Bernesson, S. 2007. Användningsområden för biprodukterna vid pressning och omförestring av rapsolja. SLU. Rapport - miljö, teknik och lantbruk. Nr 4. ISSN 1652-3237.
- Bille, N., Eggum, B. O., Cobseno, I., Olsen, O. och Sörensen, H. 1983. Antinutritional and toxic effects in rats of individual glucosinolates (+ myrosinases) added to a standard diet 1. Effects on protein utilization and organ weights. *Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde*. 49, 195-210.
- Björklund, I., Eklöf, P. och Renström, C. 2010. Marknadsöversikt- vegetabilier. Jordbruksverket. Rapport 2010:4.
- Butler, E. J., Pearson, A. W. och Fenwick, G. R. 1982. Problems which limit the use of rapeseed meal as a protein source in poultry diets. *Journal Science of Food Agriculture*. 33; 866-875.
- Choct, M. och Kocher, A. 2000. Non starch carbohydrates: Digestion and its secondary effects in monogastrics. *Proceedings of the Nutritional Society of Australia*. 24.
- Classen, H. L., Newkirk, R. W. och Maenz, D. D. 2004. Effects of conventional and novel processing on the feed value of canola meal for poultry. 16th Proceedings Australian Poultry Science Symposium. New South Wales. 9-11 Februari.
- Dahlström, J., Eskilsson, K. och Gredegård, S., Molander, C. och Wejdemar, K. 2010. Jordbruksverkets foderkontroll 2010. Jordbruksverket.
- Davidsson, R. Gruppchef analyslaboratoriet, cerealier och oljeväxter. Svenska Cereallaboratoriet. Mailkontakt 2011-09-22.
- Decuypere, E., Buyse, J., Scanes, C. G., Huybrechts, L. och Kühn, E. R. 1987. Effects of hyper- or hypothyroid status on growth, adiposity and levels of growth hormone, somatomedin C and thyroid metabolism in broiler chickens. *Reproduction Nutrient Development*. 27(2B), 555-65.
- EC 2316/1999. [online]. Commission Regulation Nr 2316/1999. Sektion 2. Artikel 4. Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999R2316:en:NOT> [2011-06-17].
- EFSA. European Food safety authority. 2008. Glucosinolates as undesirable substances in animal feed. Scientific panel on contaminants in the food chain. Question N° EFSA-Q-2003-061. *The EFSA Journal* 590. 1-76.
- Ekstrand, C., Carpentier, T. E., Andersson, I. och Algers, B. 1998. Prevalence and control of foot-pad dermatitis in broilers in Sweden. *British Poultry Science*. 39, 318-324.
- Elwinger, K. och Säterby, B. 1986. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 16(1), 27-34.
- Elwinger, K. 2007. [online]. Feedstuffs and diets for laying hens and broiler chickens. SLU. Tillgänglig: http://poultry.huv.slu.se/hen/fodermedel.htm#_Toc159137857 [2011-10-23].
- FAOSTAT. 2011. Production, Crops. [online]. Tillgänglig: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [2011-10-23].
- Fasina, Y. O. och Campbell, G. L. 1997. Whole canola/pea and whole canola/canola meal blends in diets for broiler chickens. 2. Determinations of optimal inclusion levels. *Canadian Journal of Animal Science*. 191-195.
- Ferrell, C. L. 1988. Contribution of visceral organs to animal energy expenditures. *Journal of Animal Science*. 66(3), 23-34.
- Fogelfors, H. 2001. Växtproduktion i jordbruket. Författarna och Natur och Kultur. Borås.

- Fontaine, J., 2003. Amino acid analysis of feeds. In: D'Mello, J.P.F. (Ed.), *Amino Acids in Animal Nutrition*. CAB Publishing, Wallingford, United Kingdom, pp. 15–40.
- Francesch, M. och Brufau, J. 2004. Nutritional factors affecting excreted litter moisture and quality. *World's Poultry Science Journal*. 60, 64-75.
- Ganong, W. F. 2001. The thyroid gland, In: *Review of medical physiology*. 20th edition. Lange medical books/McGraw-Hill, New York. Cit Janjecic, 2002.
- Gheorghe, A., Ciurescu, G. och Moldovan, I. 2005. Productive effect of replacing the dietary soybean meal by various levels of rapeseed meal in broiler diets supplemented with enzyme preparations. *Archiva Zootechnica*. 8, 107-112.
- Gordon, S. H., Short, F., Wilson, D. W. och Croxall, R. 2004. The effect of dietary concentration of rapeseed meal or whole rapeseed on broiler performance and litter quality. *Spring Meeting of the WPSA UK Branch Papers*. *British Poultry Science*, 45(1), 21-S22.
- Gupta, S. K. 2007. Rapeseed breeding. In: *Advances in botanical research. Incorporating advances in plant pathology*. Vol. 45. San Diego: Elsevier.
- Heimer, A. 2010. Soja som foder och livsmedel i Sverige, konsekvenser lokalt och globalt. [online]. Rapport andra upplagan, Naturskyddsföreningen. Tillgänglig: http://www.naturskyddsforeningen.se/upload/Foreningsdokument/Rapporter/sojarapport_justerad.pdf. [2011-10-19]
- Herland, P. J. Foderkonsult. Aarhus Karlshamn. Mailkontakt. [2011-06-22].
- ISO 10633-1: 1995(E). Oilseed residues—Determination of glucosinolates content. Part 1: Method using high-performance liquid chromatography. 9 pp
- Jennische, P., Larsson, K., 1990. SLL Rapport nr 60: Traditionella svenska analysmetoder för foder och växtmaterial. Statens Lantbrukskemiska laboratorium. Uppsala. Sweden.
- Jensen, S. K., Liu, Y-G. och Eggum, B. O. 1995. The effect of heat treatment on glucosinolates and nutritional value of rapeseed meal in rats. *Animal Feed Science and Technology*. 53(1), 17–28.
- Jensen, S. K. 1999. Improvement of the nutritive value of rapeseed by selecting varieties with very low glucosinolate content. 10th International Rapeseed Congress. Canberra. Australien
- Jensen, S. K. 2011. Quality demands for present and future nutritional value of rapeseed for feed purposes. 13th International Rapeseed Congress. Prag. 5-9 Juni.
- Jordbruksverket. 2011. Jordbruksmarkens användning. [online]. Tillgänglig: <http://statistik.sjv.se/Database/Jordbruksverket/databasetree.asp> [2011- 11-28]
- Janjecic, Z., Grbesa, S., Muzic, S., Curic, S., Rupic, V., Liker, B., Dikic, M., Antunovic, B. och Zupanic, D. 2002. Influence of rapeseed meal on productivity and health of broiler chicks. *Acta Veterinaria Hungarica* 50 (1), 37–50.
- Józefiak, D., Rutkowski, A. och Martin, S. A. 2004. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 113(4), 1-15.
- Kermanshahi, H. och Abbas Pour, A. R. 2006. Replacement value of soybean meal with rapeseed meal supplemented with or without a dietary NSP-degrading enzyme on performance, carcass traits and thyroid hormones of broiler chickens. *International journal of poultry science*. 5(10), 932-937.
- Khajali, F., Rafiei, F. och Faraji, M. 2002. Replacement of canola meal for soybean meal in female broiler diets with and without enzyme supplementation. 16th European Symposium on Poultry Nutrition. Strasbourg. Frankrike
- Kidd, M. T., Lerner, S. P., Allard, J. P. och Halley, J. T. 1999. Threonine Needs of Finishing Broilers: Growth, Carcass, and Economic Responses. *Journal of Applied Poultry Research* Summer. 8 (2), 160-169
- King, D. B. och May, J. D. 1984. Thyroidal influence on body growth. *The journal of Experimental Zoology*. 232, 453-460.
- Kocher, A., Choct, M., Morrisroe, L. och Broz, J. 2001. Effects of enzyme supplementation on the replacement value of canola meal for soybean meal in broiler diets. *Australian Journal of Agriculture Research*. 52, 447–452.
- Larsson, K. 1989. Bestämning av råfett - metod 4. Metodbeskrivning - Statens Lantbrukskemiska Laboratorium ; nr 39.
- Lee, K. H., Olomu, J. M. Simt, J. S. 1991. Live performance, carcass yield, protein and energy retention of broiler chickens fed canola and flax full-fat seeds and the restored mixtures of meal and oil. *Canadian Journal of Animal Science*. 71, 897-903.
- Leeson, S., Atteh, J. O. och Summers, J. D. 1987. The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. *Canadian Journal of Animal Science*. 67, 151-158.
- Larbier, M. och Leclercq, B. 1994. *Nutrition and feeding of poultry*. Nottingham: Nottingham University Press.
- Leeson, S. och Summers, J. D. 2001. *Scotts's nutrition of the chicken*. 4th edition. Ontario: University Books.
- Leeson, S. och Summers, J. D. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd. Ontario: University Books.
- Lemme, A., Wijtten, P. J. A., Langhout, D. J. och Petri, A. 2003. Interactions between ideal protein and dietary energy in

- growing broiler chicken. Proceedings 14th European Symposium on Poultry Nutrition. Lillehammer. Norge.
- Loxbo, H. 2009. GMO på fodermarknaden - en lägesbeskrivning och analys av skillnaderna mellan Sverige och övriga EU. Jordbruksverket. Rapport 2009:17.
- Ludger, D., Shinder, D. och Yahav, S. 2002. Hyper- or hypothyroidism: its association with the development of ascites syndrome in fast-growing chickens. *General and Comparative Endocrinology* 127, 293–299.
- Mailer, R. J., McFadden, A., Ayton, J. och Redden, B. 2008. Anti-nutritional components, fibre, sinapine and glucosinolate content in australian Canola (*Brassica napus* L) meal. *Journal of American Oil Chemistry Society*. 85, 937-944.
- Malathi, V. och Devegowda, G. 2001. In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poultry Science*. 80, 302-305.
- Martinez, A., C., J.L. Laparra, E. Avila-Gonzalez, B. Fuente, T. Jinez and M.T. Kidd. 1999. Dietary-threonine response in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 8(2), 236-241.
- Martland, M.F. 1985. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: the effect of wet litter. *Avian Pathology*. 14, 353–364.
- Maroyfuan, E. och Kermanshahi, H. 2006. Effect of different levels of rapeseed meal supplemented with calcium iodate on performance, some carcass traits and thyroid hormones of broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*. 5(11), 1073-1078.
- Mawson, R., Heaney, R. K., Piskula, M. och Kozłowska, H. 1993a. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 1. Rapeseed production and chemistry of glucosinolates. *Die Nahrung*. 37 (2),131-140
- Mawson, R., Heaney, R. K., Zdunczyk, Z. och Kozłowska, H. 1993b. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 2. Flavour and palatability. *Die Nahrung*. 37 (4), 336-344.
- Mawson, R., Heaney, R. K., Zdunczyk, Z. och Kozłowska, H. 1994a. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung*. 38(2):167-177.
- Mawson, R., Heaney, R. K., Zdunczyk, Z. och Kozłowska, H. 1994b. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 4. Goitrogenicity and internal organs abnormalities in animals. *Die Nahrung*. 38(2):178-191.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. och Morgan, C. A. 2002. *Animal nutrition*. 6th edition. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- McNeill, L., Bernard, K. och MacLeod, M. G. 2004. Food intake, growth rate, food conversion and food choice in broilers fed on diets high in rapeseed meal and pea meal, with observations on sensory evaluation of the resulting poultry meat. *British Poultry Science*. 45 (4), 519–523.
- Miles och Johnsson. 2009. [online] Sticky-droppings: A feed related poultry problem. FS002E. Mount Vernon northwest Washington research and extension center. Tillgänglig: <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/fs002e/fs002e.pdf> [2011-10-15].
- Mitaru, B. N., Blair, R., Belli, J. M. och Reichert, R. D. 1982. Tannin and fiber content of rapeseed and canola hulls. *Animal Science*. 62, 661-663.
- Moravej, H., Khazali, H., Shivazad, M. och Mehrabani-Yeganeh, H. 2006. Plasma concentrations of thyroid hormone and growth hormone in lohmann male broilers fed on different dietary energy and protein levels. *International Journal of Poultry Science*. 5, 457-462.
- Mustafa, A. F., Christensen, D. A., McKinnon, J.J. och Newkirk, R. 1999. Effects of stage of processing of canola seed on chemical composition and in vitro protein degradability of canola meal and intermediate products. *Canadian Journal of Animal Science*. 80(1), 211-214.
- Månsson, A. Lantmännen. Mailkontakt [120111].
- Nordic Committee on Food Analyses, 2003. NMKL Method No.6: Nitrogen Determination in Foods and Feeds According to Kjeldahl, 4th ed. Ord & Form, Uppsala, Sweden.
- NRC. 1994. [online]. Nutrient requirements of poultry. 9th edition. National academy press. Washington. Tillgänglig: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=2114&page=R1.
- Naczka, M., Amarowicz, R., Sullivan, A. och Shahidi, F. 1997. Current research developments on polyphenolics of rapeseed/canola: a review. *Food Chemistry*. 62(4), 489-502.
- Newkirk, R. och Classen, H. L. 2003. The effects of toasting canola meal on body weight, feed conversion efficiency and mortality in broiler chickens. *Poultry science*. 81, 815-825.
- Newkirk, R. 2009. [online]. Canola meal. Feed industry guide. Canola Council. Canadian international grain institute. 4th edition. Tillgänglig: https://canola-council.merchantsecure.com/canola_resources/product62.aspx.

- Nguyen, C. V., Smulikowska, S. och Mieczkowska, A. 2003. Effect of linseed and rapeseed or linseed and rapeseed oil on performance, slaughter yield and fatty acid deposition in edible parts of the carcass in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 12, 271-288.
- Qiao, H. Y., Dahiya, J. P. och Classen, H. L. Nutritional and physiological effects of dietary sinapic acid in broiler chickens and its metabolism in the digestive tract. *Poultry science*. 87, 719-726.
- Ojano-Dirain, C. P. och Waldroup, P. W. 2002. Evaluation of lysine, methionine and threonine needs of broilers three to six week of age under moderate temperature stress. *International Journal of Poultry science*. 1(1), 16-21.
- Perez –Maldonado, R. A., Blight, G. W. och Pos, J. 2001. Upper limits of inclusion of canola meal and cottonseed meal in diets formulated on a digestible amino acid basis for broiler chickens. *Proceedings of Australian Poultry Science Symposium*. 13, 156-159.
- Pesti, G. M. 2009. Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. *Journal of Applied Poultry Research*. 18(3), 477-486.
- Pettersson, L. Produktchef fjäderfä. Svenska Foder. Mailkontakt [111216].
- Roland N., Rabot, S. och Nugon-Baudon, L. 1996. Modulation of the biological effects of glucosinolates by inulin and oat fibre in gnotobiotic rats inoculated with a human whole faecal flora. *Food Chemistry Toxicology*. 34, 671-677.
- Roth-Maier, D. 1999. Investigations on feeding full-fat canola seed and canola meal to poultry. 10th International Rapeseed Congress. Canberra.
- SAS. 2008. SAS/STAT User's guide, version 9.2. Cary, N.C.: SAS Institute Inc.
- Saki, A. A., Mohammad Pou, H. A., Ahmdi, A. 2007. Decreasing broiler crude requirement by methionine supplementation. *Pakistan journal of biological science*. 10(5), 757-762
- Saki, A. A., Mohammad Pou, H. A., Ahmdi, A., Akzar, M. T. och Tabatabaie, M. M. 2008. The availability of energy and protein, with respect to uric acid of yellow-seeded rapeseed meal in broiler diets. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 21(11), 1624-1628.
- Schumann, W. 2005. [online]. Untersuchungen zum Glucosinolatgehalt von in Deutschland erzeugten und verarbeiteten Rapsaaten und Rapsfuttermitteln. [online]. UFOP. Tillgänglig: http://www.ufop.de/downloads/Glucosinolatgehalt_Heft27.pdf.
- Schöne, F. Jahreis, G. och Richter, G. 1993. Evaluation of rapeseed meals in broiler chicks: Effects of iodine supply and glucosinolate degradation by myrosinase or copper. *Journal Science of Food Agriculture*. 61, 245-252.
- SFS: 1988:534. [online]. Sveriges djurskyddslag. Tillgänglig: <http://www.sjv.se/amnesomraden/djur/djurskydd.4.7a446fa211f3c824a0e8000170942.html>.
- Shahidi, F. 1990. Canola and rapeseed. Production, chemistry, nutrition and processing technology. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Shahidi, O. V. och Naczak, M. 1992. An overview of the phenolics of canola and rapeseed: chemical, sensory and nutritional significance. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 69(9), 917-924.
- Sjaastad, O. V., Hove, K. och Sand, O. Physiology of domestic animals. Scandinavian Veterinary Press. Oslo.
- Slominski, B. A. och Campbell, L. D. 1990. Non-starch polysaccharides of canola meal: Quantification, digestibility on poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *Journal of Food Agriculture*. 53, 175-184.
- Smits, C. H. M. och Annison, G. 1996. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poultry Science Journal*. 52, 203-221.
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G., 1989. Statistical Methods, 6th ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- SortInfo.[online]. Aarhus Universitet. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. Tillgänglig: <http://www.sortinfo.dk/Oversigt.asp>. [2011-07-20].
- Szymeczko, R., Topolinski, T., Burlikowska, K., Piotrowska, A., Boguslawska-tryk, M. och Blaszyk, J. 2010. *Journal of central european agriculture*. 11(4), 393-400
- Svensk Frötidning nr 6. 2011. Svensk Rapsodling i kristallkulan. sid 16-20.
- Svensk Fågel. 2011. [online]. Svensk Fågels policy om foder. Tillgänglig: <http://www.svenskfagel.se/?p=1061>. [2011-12-26].
- Tanii, H., Higashi, T., Nishimura, F., Higuchi, Y. och Saijoh, K. 2008. Effects of cruciferous allyl nitrile on phase 2 antioxidant and detoxification enzymes. *Medical Science Monitor*. 14, 189-192.
- Thomke, S., Elwinger, K., Rundgren, M. och Ahlström, B. 1983. Rapeseed meal of swedish low-glucosinolate type fed to broiler chickens, laying hens and growing-finishing pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 33, 75-96.
- Tripathi, M. K. och Mishra, A. S. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 132, 1-27.

- Vermorel, M., Heaney, R. K. och Fenwick, G. R. 1986. Nutritive value of rapeseed meal: Effects of individual glucosinolates. *Journal Science Food Agriculture*. 37, 1197-1202.
- Wallig, M. A., Belyea, R. L. Tumbleson, M. E. 2002. Effect of pelleting on glucosinolate content of Crambe meal. *Animal Feed Science and Technology*. 99, 205-214.
- Williams, P. E. V., Geraert, P. A., Uzu, G. och Annison, G. 1997. Factors affecting non-starch polysaccharide digestibility in poultry. In: Morand-Fehr P. (ed.). *Feed manufacturing in Southern Europe: New challenges*, p. 125-134, CIHEAM-IAMZ, Zaragoza.
- Woyengo, T. A., Kiarie, E. och Nyachoti, C. M. 2011. Growth performance, organ weights, and blood parameters of broilers fed diets containing expeller-extracted canola meal. *Poultry Science*. 90, 2520-2527.
- WPSA, Worlds poultry science association. 1989. [online]. European tables of energy values of poultry feedstuffs. 3rd edition. Tillgänglig via: <http://poultry.huv.slu.se/hen/WPSA/>. [2011-09-20].
- Vang, O., Frandsen, H., Hansen, K. T., Sorensen, J. N., Sorensen, H och Andersen, O. 2001. Biochemical effects of dietary intakes of different broccoli samples. I. Differential modulation of cytochrome p-450 activities in rat liver, kidney, and colon. *Metabolism*. 50, 1123-1129.