



Effekt av sänkt råproteininnehåll i slaktskycklingfoder på produktion, välfärd och miljöpåverkan

Sanna Aspgren Kreivi

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Djur och hållbarhet (kandidat)
Uppsala 2024



Effekt av sänkt råproteininnehåll i slaktkycklingfoder på produktion, välfärd och miljöpåverkan

Effects of reduced crude protein content in broiler feed on production, animal welfare and environmental impact

Sanna Aspgren Kreivi

Handledare: Emma Ivarsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Examinator: Helena Wall, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Omfattning: 15hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Djur och hållbarhet (kandidat)

Kursansvarig inst.: Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2024

Nyckelord: aminosyror, utsläpp, ammoniak, kväve, foderstat, djurvelfärd

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Sammanfattning

Den främsta miljöpåverkan från slaktkycklingproduktion är ammoniakutsläpp som orsakar eutrofiering och försurning av mark och vatten. Miljöpåverkan kan minskas genom att reducera råproteinhalten i foder. Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka hur olika råproteinhalter i slaktkycklingfoder påverkar produktionen och djurväl-färden. Slaktkycklingar behöver höga koncentrationer av smältbara aminosyror för att kunna växa snabbt och uppnå rätt slaktvikt enligt produktionsmål. En av de stora utmaningarna med att minska råproteinhalten är att se till att aminosyrabehovet uppfylls, för att undvika obalans och störningar i proteinsyntesen. Basen i kycklingfoder utgörs i regel av soja tillsammans med majs eller vete som framför allt tillför energi i foder. Genom att minska råproteinhalten kan andelen soja minskas och andelen majs eller vete öka. Majsbaserade foder med reducerad råproteinhalt visade ge bättre resultat jämfört med vetebaserade foder vad gäller tillväxt, foderintag och foderomvandlingsförmåga. Det majsbaserade fodret med minskad råproteinhalt resulterade dessutom i bättre tillväxt jämfört med kycklingar som fått foder där inte råprotein reducerats. Generellt för vetebaserade foder minskade tillväxten när inte elektrolytbalans, energi-proteinförhållande och balansen mellan obundna och proteinbundna aminosyror togs i beaktning. Minskad råproteinhalt gav flera djurväl-färdsfördelar bland annat genom förbättrad fothälsa och minskad förekomst av *Clostridium perfringens* som orsakar den vanligt förekommande sjukdomen nekrotiserande enterit som kan medföra stora ekonomiska förluster.

Nyckelord: aminosyror, utsläpp, ammoniak, kväve, foder, djurväl-färd

Abstract

Ammonia emissions account for the main environmental impact from broiler production, the ammonia emissions cause eutrophication and acidification. The environmental impact can be reduced by reducing the crude protein levels in feeds. The aim of this literature study was to investigate how different levels of crude protein in broiler feeds affect the production and the animal welfare. Broilers need high concentrations of digestible amino acids in order to grow rapidly and achieve the goal of the production. The need of high concentrations of digestible amino acids is one of the major challenges to successfully reduce crude protein levels in order not to risk that the amino acid requirement is not being fulfilled or that amino acids levels being imbalanced, that disrupts protein synthesis. Chicken feed normally contains soybean along with maize or wheat, which primarily provide energy in feed. By reducing the crude protein content, the proportion of soybean can be reduced and instead increase the proportion of maize or wheat. Maize-based compared to wheat-based feeds with reduced crude protein content resulted in better growth, feed intake and feed conversion ratio. The maize-based feed with reduced crude protein content also resulted in increased growth performance compared to the feed that was not reduced in crude protein. In general, for wheat-based diets, growth decreased when electrolyte balance, energy-protein ratio and the balance between unbound and protein-bound amino acids was not considered. Reduced crude protein content provided several animal welfare benefits, including improved foot health and reduced occurrence of *Clostridium perfringens*, which causes the common disease necrotizing enteritis that can lead to significant economic losses.

Keywords: amino acids, emissions, ammonia, nitrogen, feed, animal welfare

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Förkortningar	7
1. Introduktion	8
2. Litteraturgenomgång	9
2.1 Slaktkycklingarnas behov av aminosyror	9
2.2 Betydelsen av att välja majs eller vete i foderstaten.....	9
2.2.1 <i>Energi-Proteinförhållande</i>	12
2.2.2 <i>Elektrolytbalans</i>	13
2.3 Slaktkycklingarnas välfärd	13
2.4 Ammoniak och kvävet påverkan på miljön.....	15
3. Diskussion	16
4. Slutsats	20
Referenser	21

Tabellförteckning

Tabell 1. Sammanställning av resultat från flera studier på produktionsparametrar som tillväxt, foderomvandlingsförmåga (FCR) och mängd buk fett. Negativt tecken framför ett värde beskriver en minskning och ett positivt tecken beskriver en ökning jämfört med positiva kontrollfoder för respektive studie. *Jämförelse hög/låg andel av obundna aminosyror	11
Tabell 2. Hur foderprotein, energi och energi-proteinförhållandet påverkar foderintag och foderomvandlingsförmågan (FCR) (Khoddami et al. 2018)	12
Tabell 3. Fodervärden per kg foder för fjäderfä (Elwinger & Ivarsson 2023)	13

Förkortningar

BAT	Best Available Techniques
BAT-AEL	Best Available Techniques - Associated Emissions Levels
FCR	Feed Conversion Ratio/Foderomvandlingsförmåga
NE	Nekrotiserande enterit
RP	Råprotein

1. Introduktion

I kycklingproduktion står ammoniakutsläppen för den huvudsakliga miljöpåverkan, utsläpp av ammoniak orsakar eutrofiering och försurning av mark och vatten. Ammoniak avges från gödseln när osmält protein och urinsyra bryts ned. Genom att sänka fodrets innehåll av råprotein (RP) minskar kväveutsöndringen och därmed ammoniakutsläppen, detta är följaktligen ett användbart verktyg för att minska ammoniakavgången. Lågt RP-innehåll riskerar att begränsa aminosyror som i standardfoder tillfredsställer behovet, om behovet inte uppfylls kan djurens hälsa och produktion påverkas negativt (Belloir *et al.* 2017; Greenhalgh *et al.* 2020).

Sojamjöl är en av de vanligaste proteinkällor som används i fjäderfäfoder på grund av dess höga proteininnehåll och aminosyraprofil (Kim *et al.* 2012). En lägre RP-halt i fodret möjliggör en lägre andel proteinråvaror, så som sojamjöl, och en högre andel inhemskt producerade spannmål, till exempel majs och vete. Således kan miljöpåverkan från sojaodlingen minskas (Karlsson *et al.* 2021).

Slaktkycklingarnas minimumbehov av RP är inte definierat, trots det bör det finnas tillräckligt med RP för att tillgodose behovet av kväve för att syntetisera och uppfylla behovet av icke-essentiella aminosyror, som i sin tur bygger upp proteiner (NRC 1994). RP-halten beräknas utifrån kvävehalten i fodret med hjälp av en metod utvecklad av Kjeldahl på följande sätt (McDonald *et al.* 2022):

$$RP(g/kg) = g N/kg \times 6,25$$

Genom att multiplicera mängden kväve med 6,25 erhålls ett ungefärligt proteinvärde. Eftersom metoden använder kväve från till exempel fria aminosyror och nukleinsyror och inte faktiskt protein används termen ”råprotein” (McDonald *et al.* 2022).

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka hur olika RP-halter i slaktkycklingsfoder påverkar produktionen och kycklingens välfärd, samt vad RP-halten har för påverkan utifrån ett miljöperspektiv. Studien avser att svara på följande frågeställningar:

- Vilken påverkan har RP-halten i kycklingfoder på djurvälfärd och tillväxt?
- Har valet av vete eller majs i foderstaten betydelse för hur mycket RP kan sänkas?

2. Litteraturgenomgång

2.1 Slaktkycklingarnas behov av aminosyror

Fjäderfän behöver aminosyror för att flera basala behov ska fungera. Aminosyror bygger upp proteiner som är de främsta beståndsdelarna i strukturella vävnader som har en skyddande funktion, till exempel hud, fjädrar och leder. Proteinerna är också viktiga för muskeltillväxt och i bindväv som omsluter och stödjer kroppens ben och organ (NRC 1994; NE 2023a).

Det måste tillföras tillräckligt med aminosyror i fodret eftersom proteinerna ständigt är i en föränderlig process där proteinerna kontinuerligt syntetiseras och bryts ned. Om intaget av aminosyror blir för litet kan proteiner inte bildas som de ska och tillväxten kan minska eller stanna av, ifall det blir för stor brist kan protein tas från olika kroppsvävnader för att förse mer vitala organ och vävnader för att upprätthålla nödvändiga funktioner (NRC 1994).

Aminosyror delas in i essentiella och icke-essentiella, de essentiella aminosyrorerna kan inte syntetiseras i kroppen och måste därför tillföras via fodret (NE 2023b). Fjäderfän har, förutom ett generellt proteinbehov, specifika behov för 10 essentiella aminosyror och metionin är den först begränsande aminosyran (McDonald *et al.* 2022). Slaktkycklingen behöver höga koncentrationer av smältbara aminosyror för att kunna växa snabbt och uppnå produktionsmålen. Att formulera ett behov för både protein och essentiella aminosyror är därför gynnsamt för att säkerställa normala fysiologiska funktioner samt muskeltillväxt (NRC 1994).

2.2 Betydelsen av att välja majs eller vete i foderstaten

Majs, vete och andra spannmål betraktas som energifodermedel då de tillför mycket energi till fodret. Spannmål utgör ca 60 % av en typisk foderstat till slaktkycklingar (Elwinger & Ivarsson 2023). Att känna till olika foderråvarors egenskaper är en nyckelfaktor för att kunna anpassa en foderstat med minskade RP-halter utan att riskera djurhälsan eller produktionen. Vete har snabbare nedbrytning, högre glykemiskt index (GI) och har i de flesta fall högre halt RP jämfört med majs. Vid en bestämd RP-koncentration krävs högre tillsats av renframställda aminosyror,

även kallat obundna aminosyror, i ett foder baserat på vete jämfört med majs, vilket resulterar i mer obundna aminosyror i vetebaserade foder. Obundna aminosyror absorberas snabbare än de proteinbundna eftersom matsmältningskinetiken, som innefattar smältbarhetspotential och nedbrytningstid, skiljer dem åt (Liu *et al.* 2013; Chrystal *et al.* 2021). Den snabbare absorptionen gör att vetebaserade foder med sänkta RP-halter kan bli överbelastade med obundna aminosyror i förhållande till de bundna, konkurrensen om upptag ökar följaktligen mellan de obundna aminosyrorerna och glukos i jejunum (Chrystal *et al.* 2021). Macelline *et al.* (2023) undersökte bland annat hur obundna aminosyror i vetebaserade foder påverkade tillväxten vid olika halter av RP. Det var två foder med 180 g/kg RP med låg respektive hög inklusion av obundna aminosyror, och två foder med 210 g/kg RP med låg respektive hög inklusion. Samtliga foder hade lika energiinnehåll och innehöll lika mycket smältbart lysin, serine, glycin och hade en konstant elektrolytbalans. Aminosyraförhållandet i alla foder var utformade för att vara ideala och uppfylla behovet. När slaktkycklingarna fick ett foder med 210 g/kg RP med en hög inklusion av obundna aminosyror ökade tillväxten och foderomvandlingsförmågan (FCR) förbättrades jämfört med när de fick ett foder med halverad mängd av de obundna aminosyrorerna. När kycklingarna fick ett foder med 180 g/kg RP minskade tillväxten. FCR försämrades och det blev en signifikant ökning av buk fett vid en hög inklusion av obundna aminosyror jämfört med när de fick ett foder med låg inklusion. Foderintaget påverkades däremot inte av de olika RP-halterna. Ökad mängd buk fett är inte önskvärt av producenterna eftersom det minskar slaktavkastningen och minskar fodereffektiviteten. Det är inte heller önskvärt av konsumenter då de efterfrågar magert kött (Tůmová & Teimouri 2010).

I en studie gjord av Chrystal *et al.* (2021) undersökte de om majsbaserade foder var mer gynnsamma, utifrån olika produktionsparametrar, än vetebaserade foder vid sänkning av RP-innehållet. Samtliga foder innehöll lika mycket energi, smältbart lysin, treonin, glycin och serine samt hade konstant elektrolytbalans. Övriga aminosyror varierade i mängd. Studien kom fram till att det vetebaserade fodret med 165g/kg RP gav sämre resultat vad gäller tillväxt, foderintaget och FCR jämfört med det majsbaserade fodret med samma mängd RP, som i stället gav bättre tillväxt än det majsbaserade kontrollfodret med 222 g/kg RP. För både majs- och vetefodret minskade vattenintaget i genomsnitt med 15 % och mängden buk fett ökade vid reducering av RP till både 193 och 165 g/kg RP. Yin *et al.* (2020) visar liknande resultat med försämrad FCR och ökad mängd buk fett i vetebaserat foder med reducerad RP-halt från 215 till 165 g/kg RP. Studien undersökte även effekten av att blanda in hel vete i fodret. En inblandning av 25 % hel vete resulterade i mindre buk fett genom förbättrat energiutnyttjande, jämfört med ett pelleterat foder utan hel vete, men hel vete gav inte förbättrad tillväxt. Crystal *et al.* (2021) såg också att utfodring av hel vete inte förbättrade tillväxten.

En annan studie av Greenhalgh *et al.* (2020) visade också att tillväxten gick ner avsevärt när slaktkycklingarna fick ett RP-reducerat vetebaserat foder, med 180 respektive 162,5 g/kg RP, sänkningen försämrade även FCR. Ett foder med 197,5 g/kg RP gav en marginell minskning av tillväxten jämfört med kontrollfodret som innehöll 215 g/kg RP. Se tabell 1 för en sammanställning av de nämnda studiernas resultat.

Tabell 1. Sammanställning av resultat från flera studier på produktionsparametrar som tillväxt, foderomvandlingsförmåga (FCR) och mängd bukfett. Negativt tecken framför ett värde beskriver en minskning och ett positivt tecken beskriver en ökning jämfört med positiva kontrollfoder för respektive studie. *Jämförelse hög/låg andel av obundna aminosyror

	Kycklingarnas ålder, d	Foder	RP g/kg	Tillväxt %	FCR %	Bukfett %	
Chrystal <i>et al.</i> (2021)	7 - 35	Majs	165	+ 7	+ 1,3	+ 200	
			193	+ 8,2	- 3	+ 73	
		Kontrollfoder		222			
		Vete	165	- 35,7	+ 23,5	+ 17	
			193	- 0,07	+ 1,2	+ 32,8	
		Kontrollfoder		222			
Macelline <i>et al.</i> (2023)	14 - 35	Vete, hög*	180	- 4,4	+ 3,36	+11,8	
			Jmf. låg*	180			
		Vete, hög*	210	+ 2,3	- 4,2		
			Jmf. låg*	210			
Yin <i>et al.</i> (2020)	14 - 35	Vete	165		- 5,7	+ 12,2	
		Hel vete (125g/kg)	165	- 6	+ 8	- 14,6	
		Kontrollfoder	215				
Greenhalgh <i>et al.</i> (2020)	7 - 35	Vete	162,5	- 53	+ 49	+ 4,4	
			180	- 32,7	+ 15,4	+ 25,2	
			197,5	- 0,09	+ 3,5	+ 28,7	
		Kontrollfoder		215			

2.2.1 Energi-Proteinförhållande

Stärkelse och lipider är de två främsta energikällorna i typiska slaktkycklingfoder (Khoddami *et al.* 2018). Stärkelsesmältbarhet och foderintag är två väsentliga skillnader mellan vete- och majsbaseerade foder vid sänkt RP-halt, det vetebaseerade fodret har snabbare och högre stärkelsesmältbarhet och ger minskat foderintag (Chrystal *et al.* 2021). Nedbrytning och upptag av stärkelse och protein samt absorption av glukos och aminosyror i tunntarmen påverkar varandra och har tillsammans betydelse för slaktkycklingarnas tillväxt, det krävs en balans för att främja en god tillväxt (Selle & Liu 2019; Chrystal *et al.* 2021). Förhållandet mellan stärkelse och lipider har också betydelse för tillväxten, Khoddami *et al.* (2018) visade att slaktkroppsvikten var positivt korrelerad med stärkelse-lipidförhållandet, slaktkroppsvikten ökade således vid en högre andel stärkelse:lipid.

Vid konstant energi- och proteinförhållande ökade näringstätheten vilket resulterade i ökad tillväxt, minskat foderintag och förbättrat FCR, jämfört med ett variabelt energi-proteinförhållande. Tabell 2 redovisar hur protein, energi och energi-proteinförhållande påverkar foderintag och FCR. När proteinintaget var konstant kunde ett ökat energiintag både öka och minska foderintaget beroende på proteinkoncentrationen, en hög proteinkoncentration minskade foderintaget. Proteinkoncentrationen påverkade foderintaget eftersom kycklingarna anpassade detta för att balansera energi- och proteinförhållandet. Energi- och proteinförhållandet beräknades utifrån fodrets andel smältbara lysin och omsättbara energi (Khoddami *et al.* 2018).

Tabell 2. Hur foderprotein, energi och energi-proteinförhållandet påverkar foderintag och foderomvandlingsförmågan (FCR) (Khoddami *et al.* 2018)

Foderprotein (smältbart lysin)	Energi (ME)	Förhållande	Foderintag	FCR
↑	↑	Konstant	↓	↓
Konstant	↑	↓	↑↓	↓
↑	Konstant	↑	↑↓	↓

Liu *et al.* (2017) såg att kycklingarna föredrog foder med högt energiinnehåll, för att balansera proteinkoncentrationen, när de erbjöds tre foder med olika energinivåer. Greenhalgh *et al.* (2020) kom fram till att det inte blev någon skillnad i tillväxt, foderintag och FCR när andelen stärkelse i förhållande till protein begränsades till 1,41, i ett foder med 197,5 g/kg RP, jämfört med deras kontrollfoder med 215 g/kg RP som var begränsat till 1,50. Däremot var fodret med ett begränsat förhållande bättre på samtliga punkter jämfört med ett foder med samma RP-halt men med ett obegränsat stärkelse-proteinförhållande (>1,50).

Protein och energi behöver tillsammans övervägas och balanseras vid formulering av foderstater. Proteinsyntesen kräver, förutom aminosyror, en tillräcklig mängd

energi. För lågt energiinnehåll kan begränsa utnyttjandet av aminosyror och hämma tillväxten. I ett lågproteinfoder krävs det därför ett högre energiinnehåll för att kompensera för den minskade RP-halten (NRC 1994; Liu *et al.* 2017; Khoddami *et al.* 2018).

2.2.2 Elektrolytbalans

Generellt sett innebär en RP-sänkning att en del sojamjöl ersätts med exempelvis majs som då medför en ökad stärkelsehalt i fodret, se tabell 3. När sojamjölet, som är rikt på kalium, byts ut mot majs eller vete påverkas elektrolytbalansen när kaliumintaget minskar. 1 % minskning av RP motsvarar 19,27 mEq/kg minskning av elektrolytbalansen samt en ökning av Cl-koncentrationen med 0,12 g/kg Cl (Alfonso-Avila *et al.* 2022). Chrystal *et al.* (2020) genomförde en studie där de bland annat undersökte vilka effekter minskade elektrolytbalanser hade i RP-reducerade majsbaserade foder (15,6 % RP). De kom fram till att en minskning från 230 till 120 mEq/kg inte påverkade tillväxten men gav en signifikant försämrad effekt på smältbarheten av 9 essentiella aminosyror i jejunum.

I vetebaserade foder som reducerats från 20,7 % till 17,7 % RP visade Lambert *et al.* (2023) att en minskning av elektrolytbalansen från 226 mEq/kg till 122 mEq/kg i stort inte påverkade tillväxten. Det blev en marginell ökning av foderintaget samt försämrad FCR, men störst effekt blev det på kväveeffektiviteten som ökade från 58 % till 67 % och vattenintaget som minskade med 56,5 ml/fågel/dag. Det effektivare kväveutnyttjandet och minskade vattenintaget gav signifikant effekt på förbättrad ströbäddskvalitet.

Tabell 3. Fodervärden per kg foder för fjäderfä (Elwinger & Ivarsson 2023)

Fodermedel	TS %	MJ	PR, g	LYS, g	MET, g	MET+CYS, g	Fett, g	Stärkelse, g	K, g	Cl, g
Majs	87	13,8	87	2,58	1,89	3,75	40	650	3,3	0,4
Vete	87	12,8	117	3,25	1,83	4,52	19	580	4	0,8
Sojamjöl	87	9,1	440	26,67	5,89	12,48	13	64	20	0,1

2.3 Slaktkycklingarnas välfärd

Minskad andel sojamjöl i foderstaten förväntas förbättra slaktkycklingarnas hälsa eftersom fjäderfän saknar enzymet α -(1-6)galaktosidas som bryter ned oligosackariderna raffinosa och stachyos som finns i sojabönor. Eftersom dessa oligosackarider är svårnedbrytbara tillför de en liten mängd energi och gör

konsistensen på avföringen lösare. Lös avföring orsakar i sin tur sämre ströbäddskvalitet som påverkar fothälsan negativt (Alfonso-Avila *et al.* 2022). Andra faktorer som påverkar ströbäddskvaliteten är den dagliga vattenförbrukningen, när RP-halten sänktes från 19% till 17% i ett soja- och majsbaserat foder minskade vattenförbrukningen med 8%. Kväve- och fukthalten i ströbädden minskade också när RP reducerades. Den dagliga vattenförbrukningen blir lägre troligen på grund av mindre protein som kataboliseras och därmed en lägre ammoniakproduktion i kroppen. Lägre ammoniakproduktion minskar andelen upplöst ammoniak i avföringen vilket orsakar irritation och skador på fötterna på grund av ökad alkalinitet i strömedlet (Belloir *et al.* 2017; Alfonso-Avila *et al.* 2022).

Lambert *et al.* (2023) visade vilken effekt kalium hade på kycklingarnas törst och vattenintag, då vattenintaget minskade vid lägre halter av RP. Minskad RP-halt och elektrolytbalans hade en signifikant effekt på fukthalten i strö och avföring. Ströbäddsfuktigheten minskade i genomsnitt med 10 % när fodret reducerades på RP och elektrolytbalansen minskade, på grund av minskat kaliuminnehåll i fodret, som nämnts tidigare.

Genom att minska RP-halten i fodret minskar även tillgängligt protein i den bakre delen av grovtarmen. För stor andel tillgängligt protein ökar förekomsten av patogena mikroorganismer, till exempel *Clostridium perfringens* som kan använda foderproteinerna för sin egen tillväxt (Woyengo *et al.* 2023). Tarmsjukdomen nekrotiserande enterit (NE) orsakas av *C. perfringens*, vid klinisk form av NE påverkas allmäntillståndet genom uttorkning, diarré och sänkt aptit. Dödligheten kan uppstiga till 40% vid ett akut utbrott. Vid subklinisk sjukdom är symtomen diffusa men tillväxten hämmas medan foderförbrukningen ökar vilket orsakar stora ekonomiska förluster (SVA 2024). NE är en vanligt förekommande sjukdom i fjäderfäproduktioner världen över och kan vid utbrott kosta den globala fjäderfäindustrin upp mot 2 miljarder dollar per år (Abd El-Hack *et al.* 2021), i svenska besättningar förekommer NE i klinisk form sporadiskt (SVA 2024). I stora delar av världen används antibiotika i fjäderfäfoder som bland annat ger skydd mot NE, men allt fler rör sig mot en utfasning av antibiotika och en mer restriktiv användning för att minska riskerna med resistens (Hilliar & Swick 2019). I Sverige där antibiotikaanvändningen är restriktiv används istället koccidiostatika, mot koccidios, som också ger en bakteriell effekt i tarmen och verkar förebyggande mot NE (Svensk Fågel 2020).

2.4 Ammoniak och kvävet påverkan på miljön

Miljö tillstånd krävs om en verksamhet har mer än 40 000 fjäderfå, verksamheten räknas då också som en industriutsläppsverksamhet och därigenom ställs ytterligare krav från Industriutsläppsförordningen. Dessutom ska verksamheten följa de slutsatser som finns för bästa tillgängliga teknik (BAT), i BAT-slutsatserna finns krav för utsläppsvärden per djurplats, dessa begränsningsvärden benämns som BAT-AEL och får inte överskridas (Statens jordbruksverk 2024). BAT-AEL för utsläpp av ammoniak till luft från slaktkycklingstallar (< 2,5 kg) är 0,01 – 0,08 NH₃ / djurplats / år (Kommissionens genomförandebeslut 2017/302).

BAT-slutsatserna beskriver fyra olika tekniker för att minska kväveutsöndring, första tekniken handlar om att hålla sig till utfodringsrekommendationerna och inte överdriva RP-tillförsel och balansera fodret med energi och smältbara aminosyror efter djurens behov. Andra tekniken är fasutfodring med foderblandningar efter olika behov som varierar med olika produktionsfaser. Tredje och fjärde tekniken beskriver användningen av tillsatser som syntetiska aminosyror, enzymer, mikroorganismer och probiotika. Tillsatserna hjälper till att upprätthålla aminosyraprofilen, ökar smältbarhet och upptag och förbättrar effektiviteten i antingen fodermedel eller mag- och tarmfloran (Kommissionens genomförandebeslut 2017/302).

En studie av Alfonso-Avila *et al.* (2022) visade att kväveintaget minskade med lägre RP-halt i fodret. Kväveintaget minskade med 12 % under tillväxtfasen när RP sänktes från 19 % till 17 % i ett foder när en del sojamjöl ersattes med majs. RP-sänkningen ledde följaktligen till att kväveutsöndringen minskade med 29% samt kväveeffektiviteten ökade linjärt. Samma studie visade att kväveeffektiviteten ökade med 2,3 % per 1 % minskning av RP-halten i fodret. För stor utsöndring av kväve kan leda till läckage i miljön, kväveläckage kan orsaka eutrofiering och försurning, vid eutrofiering försämras bland annat vattenkvaliteten och ger upphov till syrebrist i vattnet genom ökad algblomning. Algblomning och syrebrist kan i sin tur störa och minska den biologiska mångfalden genom att födosöksplatser och levnadsmiljöer förstörs (Havs- och Vattenmyndigheten 2023).

Ogino *et al.* (2021) gjorde en livscykelanalys som jämförde utsläppen från olika utfodringskoncept. Ett koncept med lågproteinfoder (20,64 % RP < 3v ålder, 16,83 % RP > 3v) visade endast en marginell skillnad på 2% mindre växthusgasutsläpp än ett konventionellt utfodringskoncept (21,72 % RP < 3v, 19,48 % RP > 3v). För båda utfodringskoncepten stod foderproduktionen för den största andelen växthusgasutsläpp. Lågprotein konceptet hade däremot 14 % lägre försurningspotential, eftersom kväveutsöndring och därmed ammoniakutsläppen blev lägre, samt 8,7 % lägre eutrofieringspotential än det konventionella konceptet.

3. Diskussion

Det är många faktorer som spelar roll för att framgångsrikt kunna RP-reducera foder utan att riskera en negativ inverkan på djurens välfärd och produktionen samtidigt som man vill minska miljöpåverkan så mycket som möjligt. Till exempel har energi-proteinförhållande, elektrolytbalans, aminosyror och smältbarhet betydelse.

Energi-proteinförhållande

Studierna av Khoddami *et al.* (2018) och Greenhalgh *et al.* (2020) visade båda att när andelen energi i förhållande till protein i foder begränsades och hölls konstant gav det en positiv påverkan på flera produktionsparametrar, såsom ökad tillväxt, minskat foderintag och förbättrat FCR, jämfört med foder med samma RP-halt men med ett obegränsat energi-proteinförhållande. Greenhalgh *et al.* (2020) såg även att det RP-reducerade fodret (197,5 g/kg RP), med begränsat energi-proteinförhållande inte skiljde sig mot kontrollfodret (215 g/kg RP). Utifrån det kan det antas att viss RP-reducering fungerar bra och ger goda resultat på produktionen, samt att energi-proteinförhållande kan fungera som ett verktyg vid RP-reducering för att minimera risker såsom minskad tillväxt och försämrad FCR. De positiva effekterna på produktionsparametrarna kan generera högre ekonomisk avkastning vid ökad tillväxt och förbättrat FCR genom att snabbare uppnå önskade slaktvikter och sätta produktionsmål. Genom förbättrat FCR minskar foderintaget samt foderförbrukningen och därmed sänks foderkostnaden. Den minskade foderförbrukningen bidrar också till en minskad foderproduktion per kg slaktvikt vilket i sin tur minskar miljöpåverkan, då foderproduktionen står för störst andel växthusgasutsläpp i fjäderfäproduktioner (Ogino *et al.* 2021).

Elektrolytbalans

Enligt studierna av Chrystal *et al.* (2020) och Lambert *et al.* (2023) påverkade inte en elektrolytbalans på ca 120 mEq/kg tillväxten nämnvärt, och det visade ingen skillnad mellan majs- och vetebaserade foder med reducerad RP-halt. Däremot försämrades smältbarheten på flera essentiella aminosyror i jejunum när elektrolytbalansen minskade i det majsbaserade fodret (15,6 % RP). Den försämrade smältbarheten av aminosyrorna antas bero på ökade tillflöden av endogena aminosyror (Chrystal *et al.* 2020) som då antas kunna öka konkurrensen

för nedbrytning och upptag i jejunum. Den försämrade aminosyrasmältbarheten hade kunnat antas påverka tillväxten eftersom aminosyrorna dels används för uppbyggnad av proteiner, trots detta påverkades inte tillväxten. Det finns ingen given förklaring till detta, däremot behöver inte den försämrade aminosyrasmältbarheten vara negativ om näringsbehoven uppfylls, för att inte riskera att livsviktiga funktioner i kroppen störs (NRC 1994).

Minskning av elektrolytbalans i vetebaserade foder visade ge flera miljöfördelar, då kväveeffektiviteten ökade från 58 % till 67 % och vattenintaget minskade med 56,5 ml/fågel/dag utan att foderintaget ökade (Lambert *et al.* 2023). Det minskade vattenintaget sparar resurser och ökad kväveeffektivitet bidrar till minskad kväveutsöndring och därmed minskade ammoniakutsläpp. Minskad kväveutsöndring minskar riskerna för kväveläckage i naturen som orsakar eutrofiering och försurning som kan störa den biologiska mångfalden (Havs- och Vattenmyndigheten 2023). Förutom de minskade ammoniakutsläppen vid effektivare kväveutnyttjande förbättras också djurhälsan då ströbäddskvaliteten blir bättre, som följaktligen minimerar fotskador hos fåglarna. Trots den försämrade smältbarheten av aminosyrorna ger minskad elektrolytbalans flera miljöfördelar som kan anses vara värda att ta tillvara på. Möjliga åtgärder till den försämrade aminosyrasmältbarheten kan vara de tekniker i BAT-slutsatserna som EU-kommissionen beskriver. En beskriven teknik är att använda godkända fodertillsatser, till exempel enzymer för att förbättra fodermedlens smältbarhet (Kommissionens genomförandebeslut 2017/302). Ett annat sätt att kompensera för den minskade aminosyrasmältbarheten är att tillsätta obundna aminosyror, som direkt kan absorberas i jejunum (Selle *et al.* 2020; Ogino *et al.* 2021), som också är en beskriven teknik i BAT-slutsatserna (Kommissionens genomförandebeslut 2017/302), vilket också kan styrkas med studien av Macelline *et al.* (2023) som visade på goda produktionsresultat vid användning av obundna aminosyror. Däremot behövs det noga balanseras vid sänkning av RP-halten för att inte äventyra tillväxt och FCR, då en obalans mellan obundna och proteinbundna aminosyror kan störa proteinsyntesen (Selle *et al.* 2020). Det är också viktigt med balanserade aminosyror i foder eftersom vid överskott kataboliserar aminosyrorna som i sin tur bildar ammoniak som behöver avgiftas. Både katabolismen och avgiftningsprocessen är energikrävande som kan undvikas med balanserade foder (Chrystal *et al.* 2021). Vid otillräcklig avgiftning kan det leda till för stor ackumulering av ammoniak som i sin tur leder till hämmad proteinsyntes och minskad tillväxt (Stern & Mozdziak 2019; Greenhalgh *et al.* 2020). Den minskade tillväxten kan resultera i ökade produktionskostnader om man inte har koll på att fodret är obalanserat och istället ökar utfodringen, samt att miljöpåverkan blir större när resursanvändningen ökar.

Majs eller vete?

Resultaten från studien av Chrystal *et al.* (2021) var tydliga att majs är ett bättre alternativ än vete i RP-reducerade foder. Majs gav bättre resultat på samtliga produktionsparametrar, dvs. tillväxt, foderintag och FCR, jämfört med vete när RP-halten sänktes från 222 till 165 g/kg RP. Det majsbaserade fodret med reducerad RP-halt gav dessutom bättre tillväxt än kontrollfodret. Studierna av Greenhalgh *et al.* (2020) och Yin *et al.* (2020) som enbart undersökte vetebaserade foder visade på liknande resultat att tillväxt, foderintag och FCR försämrades vid minskning av RP till 162,5 och 165 g/kg RP. Däremot gav en sänkning till 197,5 g/kg RP motsvarande tillväxt som kontrollfodret med 215g/kg RP (Greenhalgh *et al.* 2020), liknande resultat fick även Chrystal *et al.* (2021) när det vetebaserade fodret reducerades från 222 till 193 g/kg RP. Det är svårt att helt jämföra majs och vete och dra en entydig slutsats då de flesta studier som tagits upp i arbetet har undersökt endast vetebaserade foder och olika RP-halter. En slutsats som kan dras är att en sänkning till 165 g/kg RP lämpar sig majs bättre än vete, och att ett vetebaserat foder kan sänkas till 193 g/kg RP utan att äventyra tillväxten. Tillgången till inhemskt producerad majs är däremot mer begränsad jämfört med vete i Sverige, år 2022 odlades 22 200 hektar maj i jämförelse med 462 900 hektar vete (Statens jordbruksverk 2023). Vete lämpar sig bättre att odla i Sverige eftersom majs är känsligare för kyla men med utveckling av växtförädling och nya tåligare sorter går odlingen av majs framåt och förväntas öka, dels med utveckling och dels med förändrat klimat med varmare väder (Abrahamsson, 2008).

De genomgångna studierna i arbetet visade på ökad mängd buk fett när RP-halten sänktes, i både majs- och vetebaserade foder. Yin *et al.* (2020) såg att foder med hel vete (125 g/kg) minskade mängden buk fett med 14,6 % när RP-halten reducerades från 215 till 165 g/kg RP, vilket är i direkt motsats till vad Chrystal *et al.* (2021) kom fram till. De såg att buk fett istället ökade med 34 % vid inblandning av hel vete (150 g/kg) när fodret reducerades från 222 till 165 g/kg RP. Det finns ingen tydlig förklaring till den stora skillnaden, det var samma ras som användes och fåglarna har i båda studierna levt under liknanden förhållanden med lika stalltemperatur och obegränsad tillgång till pelleterat foder och vatten. Den enda tydliga skillnaden var att fåglarna i studien av Yin *et al.* (2020) åt i genomsnitt 147g mer foder per fågel men under 7 dagar kortare period, men skillnaden anses vara marginell för att vara orsaken till den stora differensen i mängd buk fett mellan de två studierna. Med tanke på motsägelserna är det svårt att dra en slutsats kring att använda hel vete i foderstaten.

Djurvälfärd

Utöver effekten av RP-reducering på produktionsparametrar har minskad RP-halt flera positiva effekter på djurväl färd, bland annat minskad förekomst av *C.*

perfringens och bättre fothälsa. Flera studier visade att vattenintaget minskade, som i ett senare skede minskade andelen upplöst ammoniak som kan orsaka frätskador på fötterna (Belloir *et al.* 2017; Chrystal *et al.* 2021; Alfonso-Avila *et al.* 2022), det betyder således att förekomsten av fotskador minskade vid sänkning av RP-halten. Minskade fotskador är positivt ur en djurvälståndssynpunkt men kan bli en intressekrock för slaktkycklingproducenterna eftersom minskade RP-halter, som tidigare redovisats, ofta resulterar i minskad tillväxt. Det blir ett ställningstagande för producenten att värdera vilken som anses mest värd, däremot måste producenten vårda eller avliva ett sjukt eller skadat djur så snart som möjligt enligt 4 kap. 1 § djurskyddslagen (2018:1192). Ett sjukt eller ett avlivat djur kostar både resurser och pengar och är negativt ur en ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet. Tillväxten gynnas inte heller av sjukdom då energin går åt att kurera, därför är det av stor vikt att främja god djurhälsa och hitta en balans mellan djurvälstånds- och produktionsaspekter. Å andra sidan kan god fothälsa, i Sverige, tillåta högre beläggningsgrad, dvs. fler kycklingar per yta, då det finns ett frivilligt fothälsoprogram av Svensk Fågel som producenter kan ansluta sig till. Det innebär att ett urval av fötter från varje flock klassificeras vid slakt och är man ansluten till kontrollprogrammet och har en god fothälsa tillåts man ha en högre beläggning på 36 kg/m², jämfört med 20 kg/m² om man inte är ansluten till programmet (Statens jordbruksverk 2008). God fothälsa och därmed en högre beläggningsgrad ger därför en större ekonomisk vinning än förlusten från den minskade tillväxten.

Hur kycklingens hälsa påverkas i övrigt av att sänka RP saknas det information om. Kycklingarna har ett minimumbehov av aminosyror för att basala funktioner i kroppen ska fungera, men hur mycket det går att sänka RP-halten utan att riskera att dessa basala behov inte tillgodoses och orsakar djuren skada krävs det ytterligare forskning kring.

4. Slutsats

Flera miljömässiga fördelar, såsom ökad kväveeffektivitet, minskad ammoniakproduktion och minskad kväveutsöndring, kunde observeras vid reducering av RP-halten. Minskad RP-halt visade också ge flera fördelar ur djurvälståndssynpunkt, till exempel bättre fothälsa, genom att minska ammoniakproduktionen och följaktligen andelen upplöst ammoniak som kan orsaka irritation och fotskador. Även förekomst av *C. perfringens* minskade, och därmed utbrott av NE som orsakar bland annat diarréer, minskad aptit och i värsta fall död. Majs i RP-reducerade foder gav bättre resultat på tillväxt, foderintag och FCR jämfört med vetebaserade foder med sänkt RP-halt. Tillväxten minskade generellt i vetebaserade foder med reducerad RP-halt när inte elektrolytbalans, balans mellan obundna och proteinbundna aminosyror och energi-proteinförhållande beaktades.

Referenser

- Abd El-Hack, M.E., El-Saadony, M.T., Elbestawy, A.R., El-Shall, N.A., Saad, A.M., Salem, H.M., El-Tahan, A.M., Khafaga, A.F., Taha, A.E., AbuQamar, S.F. & El-Tarabily, K.A. (2021). Necrotic enteritis in broiler chickens: disease characteristics and prevention using organic antibiotic alternatives – a comprehensive review. *Poultry Science*, 101 (2), 101590. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101590>
- Abrahamsson, L. (2008). *Majsensilage i Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. https://stud.epsilon.slu.se/31/1/abrahamsson_1_090330.pdf
- Alfonso-Avila, A.R., Cirot, O., Lambert, W. & Létourneau-Montminy, M.P. (2022). Effect of low-protein corn and soybean meal-based diets on nitrogen utilization, litter quality, and water consumption in broiler chicken production: insight from meta-analysis. *animal*, 16 (3), 100458. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100458>
- Belloir, P., Méda, B., Lambert, W., Corrent, E., Juin, H., Lessire, M. & Tesseraud, S. (2017). Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal*, 11 (11), 1881–1889. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000660>
- Chrystal, P.V., Greenhalgh, S., McInerney, B.V., McQuade, L.R., Akter, Y., de Paula Dorigam, J.C., Selle, P.H. & Liu, S.Y. (2021). Maize-based diets are more conducive to crude protein reductions than wheat-based diets for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114867. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114867>
- Chrystal, P.V., Moss, A.F., Khoddami, A., Naranjo, V.D., Selle, P.H. & Liu, S.Y. (2020). Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Science*, 99 (3), 1421–1431. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.060>
- Djurskyddslagen (2018:1192)
- Elwinger, K. & Ivarsson, E. (2023). Fodermedel och foder till värphöns och slaktkycklingar. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/publikationer/fodermedel-och-foder-till-varphons-o-slaktkycklingar-mars2013-rev-2023-tg.pdf> [2024-05-30]
- Greenhalgh, S., McInerney, B.V., McQuade, L.R., Chrystal, P.V., Khoddami, A., Zhuang, M.A.M., Liu, S.Y. & Selle, P.H. (2020). Capping dietary starch:protein ratios in moderately reduced crude protein, wheat-based diets showed promise but further reductions generated inferior growth performance in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 6 (2), 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.01.002>
- Havs- och Vattenmyndigheten (2023). *Övergödning*. *Havs- och vattenmyndigheten*. <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/overgodning-och-algblomning/overgodning.html> [2024-04-10]
- Hilliari, M., Swick, R.A. (2019) Nutritional implications of feeding reduced-protein diets to meat chickens. *Animal Production Science*. 59(11). 2069-2081. <https://doi.org/10.1071/AN19221>

- Karlsson, J.O., Parodi, A., van Zanten, H.H.E., Hansson, P.-A. & Rööf, E. (2021). Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. *Nature Food*, 2 (1), 38–46. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00203-7>
- Khoddami, A., Chrystal, P.V., Selle, P.H. & Liu, S.Y. (2018). Dietary starch to lipid ratios influence growth performance, nutrient utilisation and carcass traits in broiler chickens offered diets with different energy densities. *PLOS ONE*, 13 (10), e0205272. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205272>
- Kim, E.J., Utterback, P.L. & Parsons, C.M. (2012). Comparison of amino acid digestibility coefficients for soybean meal, canola meal, fish meal, and meat and bone meal among 3 different bioassays. *Poultry Science*, 91 (6), 1350–1355. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01861>
- Kommissionens genomförandebeslut (EU) 2017/302 av den 15 februari 2017 om fastställande av BAT-slutsatser för intensiv uppfödning av fjäderfä eller gris, i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU (EUT L 43, 21.2.2017, 231 – 273). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32017D0302>
- Lambert, W., Berrocoso, J.D., Swart, B., van Tol, M., Bruininx, E., Willems, E. (2023). Reducing dietary crude protein in broiler diets positively affects litter quality without compromising growth performance whereas a reduction in dietary electrolyte balance further improves litter quality but worsens feed efficiency. *Animal Feed Science and Technology*, 297, 115571. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115571>
- Liu, S.Y., Chrystal, P.V., Cowieson, A.J., Truong, H.H., Moss, A.F. & Selle, P.H. (2017). The influence of the selection of macronutrients coupled with dietary energy density on the performance of broiler chickens. *PLOS ONE*, 12 (10), e0185480. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185480>
- Liu, S.Y., Selle, P.H. & Cowieson, A.J. (2013). The kinetics of starch and nitrogen digestion regulate growth performance and nutrient utilisation of broilers fed coarsely ground, sorghum-based diets. *Animal Production Science*, 53 (10), 1033–1040. <https://doi.org/10.1071/AN12364>
- Macelline, S.P., Kidd, M.T., Chrystal, P.V., Toghyani, M., Selle, P.H. & Liu, S.Y. (2023). The influence of non-bound amino acid inclusions and starch-protein digestive dynamics on growth performance of broiler chickens offered wheat-based diets with two crude protein concentrations. *Animal Nutrition*, 15, 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.04.013>
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. & Wilkinson, R.G. (2022). *Animal Nutrition*. 8. uppl. Pearson Education Limited. [2024-04-03]
- NE (2023a). *Nationalencyklopedin. Bindväv*. [Uppslagsverk]. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bindv%C3%A4v> [2024-04-02]
- NE (2023b). *Nationalencyklopedin. Essentiella aminosyror*. [Uppslagsverk]. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/essentiella-aminosyror> [2024-04-02]
- NRC (1994). *National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition 1994*. 9. uppl. National Academies Press. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/slub-ebooks/detail.action?docID=3376648> [2024-03-29]
- Ogino, A., Oishi, K., Setoguchi, A. & Osada, T. (2021). Life Cycle Assessment of Sustainable Broiler Production Systems: Effects of Low-Protein Diet and Litter Incineration. *Agriculture*, 11 (10), 921. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100921>
- Selle, P.H. & Liu, S.Y. (2019). The Relevance of Starch and Protein Digestive Dynamics in Poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 28 (3), 531–545. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy026>

- Selle, P.H., de Paula Dorigam, J.C., Lemme, A., Chrystal, P.V. & Liu, S.Y. (2020). Synthetic and Crystalline Amino Acids: Alternatives to Soybean Meal in Chicken-Meat Production. *Animals*, 10 (4), 729. <https://doi.org/10.3390/ani10040729>
- Statens jordbruksverk (2008). *Ett djurskydd i förändring – genom tillämpning av djuromsorgsprogram, likvärdiga och riskbaserade kontroller samt en utvecklad förprovning*. (2008:24). Avdelningen för djurskydd och hälsa, Statens jordbruksverk. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra08_24.pdf
- Statens jordbruksverk (2023). *Jordbruksmarkens användning 2023. Preliminär statistik*. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2023-05-24-jordbruksmarkens-anvandning-2023.-preliminar-statistik#h-Vallochgronfodersamttrada>
- Statens jordbruksverk (2024). *Stora anläggningar för uppfödning av fjäderfä och gris*. <https://jordbruksverket.se/kontroller-och-tillsyn/miljo/stora-anlaggningar-for-uppfodning-av-fjaderfa-och-gris> [2024-04-24]
- Stern, R.A. & Mozdziaik, P.E. (2019). Differential ammonia metabolism and toxicity between avian and mammalian species, and effect of ammonia on skeletal muscle: A comparative review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103 (3), 774–785. <https://doi.org/10.1111/jpn.13080>
- SVA (2024). *Statens veterinärmedicinska anstalt. Nekrotiserande enterit hos fjäderfä*. <https://www.sva.se/amnesomraden/djursjukdomar-a-o/nekrotiserande-enterit-hos-fjaderfa/> [2024-04-23]
- Svensk Fågel (2020). *Svensk Fågels lilla gula – Värderingar Policyer Kvalitetsprogram* [Broschyr]. Svensk Fågel. <https://svenskfagel.se/wp-content/uploads/2020/04/Broschyr-Lilla-gula-final-1.pdf> [2024-06-04]
- Tůmová, E., Teimouri, A. (2010). Fat deposition in the broiler chicken: A review. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 41(2), 121 – 128.
- Woyengo, T.A., Knudsen, K.E.B. & Børsting, C.F. (2023). Low-protein diets for broilers: Current knowledge and potential strategies to improve performance and health, and to reduce environmental impact. *Animal Feed Science and Technology*, 297, 115574. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115574>
- Yin, D., Chrystal, P.V., Moss, A.F., Yun Liu, S., Yuan, J. & Selle, P.H. (2020). Effects of reducing dietary crude protein and whole grain feeding on performance and amino acid metabolism in broiler chickens offered wheat-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 260, 114386. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114386>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.