



Kött- och benmjöl i fjäderfäfoder

Meat and bone meal in poultry feed

Madeleine Persson

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för Husdjurens utfodring och vård
Agronomprogrammet - husdjur
Uppsala 2022



Kött- och benmjöl i fjäderfäfoder

Meat and bonemeal in poultry feed

Madeleine Persson

Handledare: Helena Wall, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator: Torbjörn Lundh, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap
Kurskod: EX0865
Program/utbildning: Agronomprogrammet – husdjur
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022
Omslagsbild: Meat powder by Flickr (CC BY-NC-ND 2.0)

Nyckelord: Kött och benmjöl, svin, fjäderfä, slaktkyckling, foder, gris

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

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. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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.

Sammanfattning

I samband med utbrottet av Bovin Spongiform Ecefalopati (BSE) i Storbritannien utfärdades ett förbud mot utfodring av kött- och benmjöl till livsmedelsproducerande djur. År 2021 godkändes en ändring av Europaparlamentets och rådets förordning nr 999/2001 som innebar ett godkännande att utfodra fjäderfä med animaliskt protein från gris. Syftet med denna studie är att undersöka vilken nutritionell sammansättning köttfodermjöl från gris har och vad som kan vara en lämplig inblandningsnivå i foderblandningar till fjäderfä. Idag utgörs foderblandningar till fjäderfä av 50–70% spannmål samt proteinråvaror såsom sojamjöl, ärt, rapsmjöl, samt fiskmjöl i ekologiska foder. Animaliskt protein karaktäriseras av en hög andel protein med en bra profil av essentiella aminosyror samt frånvaron av råfiber och andra anti-nutritionella ämnen. Inom EU ska biprodukterna från gris bearbetas på ett sådant sätt att kärntemperaturen överstiger 133 °C i minst 20 minuter samt att det ska ske under ett tryck på 3 bar. Bearbetningsmetoden är avsedd att förändra den fysiska formen, förstöra mikroorganismer eller avlägsna oönskade ämnen samt att förbättra smaklighet och smältbarhet. Vetenskapliga studier har sammanställts där slutsatsen är att en inblandningsnivå runt 5–10% är det som har gett bäst resultat. Vid jämförelse av olika proteinråvaror finns det en tydlig jämförbarhet av näringsvärden mellan kött- och benmjöl och sojamjöl. Det kan göra det möjligt att delvis ersätta importerad soja med animaliskt protein i foderblandningar.

Nyckelord: Kött och benmjöl, svin, fjäderfä, slaktkyckling, foder, gris

Abstract

When the outbreak in the United Kingdom of Bovin Spongiform Ecefalopati (BSE) occurred the use of animal protein became prohibited. In 2021, an amendment to the regulation of the European parliament and of the council no. 999/2001 was approved, which authorized the feeding of poultry with animal protein originating from pigs. The purpose of this study was to investigate which nutritional composition meat and bone meal from pigs may have and what may be an appropriate level of admixture in compound feed for poultry. Today, feed mixtures for poultry consist of 50–70% cereals and protein raw materials such as soybean meal, pea, rapeseed meal and in organic production fish meal. Animal protein is characterized by high content of protein with a good profile of essential amino acids and the absence of crude fiber and other anti-nutritional substances. In the EU, pig by-products must be processed in such a way that the core temperature exceeds 133 °C for at least 20 minutes and under a pressure of 3 bar. The processing method is intended to change the physical form, destroy microorganisms or remove unwanted substances and to improve palatability and digestibility. Scientific studies indicates that an inclusion level of 5-10% meat- and bone meal in poultry feed seems optimal. When comparing different protein raw materials, the similarity in nutritional content between meat and bone meal and soybean meal, suggests that meat and bone meal partly can replace soybean in poultry diets.

Keywords: Meat and bonemeal, porcine, poultry, broiler, feed, pig

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
1. Inledning	7
2. Fjäderfödor	9
3. Proteinråvaror	10
4. Sammansättning av kött- och benmjöl	14
5. Utfodring med kött- och benmjöl	16
6. Reglering och framställningsprocess	17
6.1 Lagstiftning i EU	17
6.2 Bearbetning av kött- och benmjöl och påverkan av behandling.....	18
7. Diskussion	19
7.1 Slutsats.....	21
Referenser	22

Tabellförteckning

- Tabell 1. En jämförelse av aminosyrasammansättning mellan vanliga proteinråvaror i fjäderfäfoder, siffror från (NRC 1994) tabell 9-2. **Fel! Bokmärket är inte definierat.**1
- Tabell 2. . En jämförelse av aminosyrasammansättning mellan kött- och benmjöl från olika studier **Fel! Bokmärket är inte definierat.**5

1. Inledning

Det har sedan 2001 varit förbjudet att utfodra livsmedelsproducerande djur med kött- och benmjöl med anledning av risken för spridning av zoonoser, det vill säga sjukdomar som smittar mellan djur och människa. Anledningen till att förbudet infördes i EU var utbrottet av *Bovin Spongiform Ecefalopati* (BSE) som inträffade i Storbritannien 1986 på mjölkkor. Efter smittspårning kunde det konstateras att sjukdomen orsakats av ett prion (SVA 2021). BSE är en prionsjukdom hos nötkreatur. Det finns olika prionsjukdomar hos olika djurslag, samlingsnamnet för prionsjukdomar bland olika djurslag är *Transmissibla Spongiforma Encefalopati* (TSE). Det som kännetecknar TSE kan variera beroende på vilken prionsjukdom det handlar om. Karaktäristiskt för TSE är bland annat att dessa sjukdomar har en lång inkubationstid som sedan följs av en smygande och utdragen process där centrala nervsystemet angrips, vilket sedan ger beteendeförändringar och rörelsestörningar (SVA 2019). Smittvägarna är olika och kan variera; smittvägen för BSE-utbrottet lyckades man spåra till kött- och benmjöl som korna då utfodrades med. Detta kött- och benmjöl innehöll djurdelar som var infekterade av BSE (SVA 2019). Hösten 1998 presenterades ett förslag till ändring av Europaparlamentets och rådets förordning (Europaparlamentets och rådets förordning nr 999/2001). Förslag till förändringen antogs 22 maj 2001 och började gälla 1 juli samma år. Förändringarna i EG nr 999/2001 omfattade ett förbud mot användning av animaliskt protein som fodermedel till livsmedelsproducerande djur (Jordbruksverket 2001). Förordningen har fått tillägg och ändrats sedan den infördes 2001. År 2021 godkändes en ny ändring av förordningen som innebär att det nu är tillåtet att använda bearbetat animaliskt protein som har ursprung från gris i foderblandningar anpassade för fjäderfä och bearbetat animaliskt protein från fjäderfä i foderblandningar för gris (Kommissionens förordning nr 2021/1372).

Kött- och benmjöl är en proteinråvara som innehåller cirka 50-60% protein, men kvalitén på proteinet kan variera en hel del framför allt beroende på smältbarheten och aminosyrasammansättningen (Wang & Parsons 1998b). Bearbetat animaliskt protein avsett till foder får endast tillverkas av biprodukter som är av kategori 3 material vilket omfattar sådant som kommer från djur som är godkända för livsmedel men där biprodukterna inte är ämnade för livsmedel. Material som används vid framställning av kött- och benmjöl är bland annat magar, lungor, klövar

eller skinn (Jordbruksverket 2015). Vid användning av kött- och benmjöl i foderblandningar till fjäderfä krävs bearbetning på bearbetningsanläggningar som är godkända och avsedda för tillverkning av foderblandningar med innehåll av bearbetat animaliskt protein (Jordbruksverket 2020).

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka vilken nutritionell sammansättning köttfodermjöl från gris har och vad det skulle kunna tillföra i fjäderfäfoder. Frågeställningen för detta arbete är följande: Vad är lämplig inblandningsnivå och vad kan eventuellt begränsa användningen och inblandningen av kött- och benmjöl?

2. Fjäderfäfoder

I Sverige utgörs foderblandningar till fjäderfä av 50–70% spannmål (Elwinger 2013). Spannmålen som används är framför allt vete och är i stor utsträckning inhemsk (Elwinger 2013). Inblandningen av spannmål i foderblandningar optimeras framför allt för att uppnå behovet av omsättbar energi. Enligt Elwinger (2013) tillför spannmål 40–50% av proteinbehovet i slaktkyckling- och värphönsfoder. Förutom spannmål utgörs foderblandningar av råvaror som kan tillhandahålla protein för att täcka resten av proteinbehovet. Vanligaste proteinråvarorna som används är sojamjöl, ärt och rapsmjöl (NRC 1994). I ekologisk produktion används även fiskmjöl (Elwinger 2013). Proteinbehovet hos fjäderfä varierar beroende på produktionen och styrs utifrån vilken tillväxtfas fågeln befinner sig i (Raidal 2000).

Essentiella aminosyror är sådana som fågeln inte själv kan syntetisera i kroppen, det innebär att sådana aminosyror behöver tillföras genom fodret (Beski *et al.* 2015). De tre viktigaste aminosyrorna för fjäderfä är metionin, lysin och treonin (NRC 1994). Dessa aminosyror behövs för fjäderfäns tillväxt, äggproduktion samt kroppsunderhåll (Raidal 2000). Det är svårt att tillgodose behovet av essentiella aminosyror i råvaror baserade på växtprotein (Beski *et al.* 2015). Ett problem som uppstår vid foderoptimeringar är svårigheten att tillhandahålla en optimal balans av näringsämnen som möter djurets behov (Beski *et al.* 2015). Enligt van Krimpen *et al.* (2016) är det aminosyran metionin som är först begränsande aminosyran. Då metionin kan omvandlas till cystein i fågeln är det viktigt att även se till summan av metionin och cystein. En ökning av råprotein i kombination med en obalans av aminosyraprofilen kan bidra till försämrade mag- och tarmhälsa samt nedsatt produktion. En obalans i fodret kan orsaka stress hos värphöns, vilket kan leda till oönskade beteenden så som fjäderplockning (van Krimpen *et al.* 2016). På grund av de svårigheter som finns att uppnå en näringsmässig balans kan man därför tillskottsutfodra i konventionell produktion komplettera foderblandningen med syntetiska aminosyror (Elwinger 2013; Beski *et al.* 2015). I ekologisk produktion är det inte tillåtet att använda syntetiska aminosyror (Elwinger 2013; van Krimpen *et al.* 2016).

3. Proteinråvaror

Protein är ett av de största näringsämnen i fjäderfäfoder (Iji *et al.* 2017). Proteiner är uppbyggda av aminosyror. Det som styr användbarheten av en proteinråvara är råvarans förmåga att tillhandahålla en tillräcklig mängd av essentiella aminosyror (Beski *et al.* 2015). Samtidigt som en proteinråvara ska bestå av en tillräcklig mängd essentiella aminosyror är det även viktigt att det finns en balans mellan essentiella- och icke-essentiella aminosyror (NRC 1994). Såväl som essentiella aminosyror så bestämmer även smältbarheten av proteinet och nivån av anti-nutritionella ämnen hur användbar en råvara är som foder (Beski *et al.* 2015). Enligt Beski *et al.* (2015) är idag större delen av proteinet i fjäderfäfoder baserat på växtprotein av olika slag, då växtprotein ofta är billigare än animaliskt protein. Enligt Saima *et al.* (2008) är växtprotein generellt nutritionellt obalanserade och fattiga på vissa essentiella aminosyror vilket minskar deras biologiska värde eftersom dessa proteiner inte uppfyller fjäderfäns behov av de begränsade aminosyrorerna.

Som tidigare nämnts är det tillåtet att komplettera foderblandningar i konventionell produktion med syntetiska aminosyror för att tillgodose fjäderfäns behov av essentiella aminosyror (Beski *et al.* 2015; Tufarelli *et al.* 2018). Utfodring av syntetiska aminosyror kan effektivisera foderomvandlingen, sänka foderkostnaden per enhet, bidra till viktökning och minska kväveutsöndring (Beski *et al.* 2015). Eftersom syntetiska aminosyror inte är tillåtet inom ekologisk produktion blir det svårt att utforma ekologiska foderblandningar med en näringsmässig balans som motsvara fjäderfäns behov (van Krimpen *et al.* 2016). Råvaror som kan användas i ekologiska foderblandningar för att uppnå en näringsmässig balans är ofta dyra och bidrar till höga foderkostnader (Tufarelli *et al.* 2018).

Växtprotein innehåller en del anti-nutritionella komponenter som naturligt finns i deras struktur, dessa kan ha en negativ effekt på proteinkvaliteten och på så sätt begränsa värdet (Akande *et al.* 2010). Anti-nutritionella ämnen är sådana föreningar som minskar näringsintag, matsmältning eller utnyttjande av fodret och som kan ge en negativ effekt på djuret (Akande *et al.* 2010). Många potentiellt värdefulla proteinkällor för fjäderfä blir outnyttjade på grund av de antinutrienta komponenterna som återfinns i vegetabilierna (Akande *et al.* 2010). Enligt Akande

et al. (2010) kan de anti-nutritionella ämnena delas in i värmelabila eller värmestabila ämnen. De flesta anti-nutritionella ämnena kan förstöras med hjälp av termisk behandling som gör att värdet på smältbarheten ökas och så även av proteinet (Beski *et al.* 2015).

Kött- och benmjöl består ofta av en stor variation av olika biprodukter vilket också ger en stor variation i fodermedlets näringsvärde (Ravindran *et al.* 2002; Bolarinwa *et al.* 2012). En stor andel ben ger en negativ effekt på protein- och energikoncentrationen (Wang & Parsons 1998b). De animaliska biprodukterna karaktäriseras av hög andel protein, en bra profil av de essentiella aminosyrorna och frånvaron av råfiber och andra anti-nutritionella ämnen (Konwar & Barman 2005). Kött- och benmjöl är även en bra källa till fosfor tack vare att fosfor är lättillgänglig, utöver detta är råvaran också en bra kalciumkälla (Bozkurt *et al.* 2004).

I Tabell 1 redovisas vanliga proteinråvaror som används inom fjäderfäproduktion med fokus på torrsbstanshalt, råprotein samt de viktigaste aminosyrorna.

Tabell 1. En jämförelse av aminosyrasammansättning mellan vanliga proteinråvaror i fjäderfäfoder angivet i as-is, värden från (NRC 1994) tabell 9-2

Råvara	TS	Råprotein	Metionin	Lysin	Treonin	Cystein	Arginin
	%	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Sojamjöl	88,4	45,8	5,92	26,17	16,53	6,36	30,76
Rapsmjöl	88,0	34,8	6,25	17,07	13,46	7,66	18,30
Fiskmjöl	92,0	63,8	19,87	50,32	28,24	6,62	38,73
Kött/benmjöl	93,4	47,9	6,5	24,38	16,25	6,5	30,63
Solrosmjöl	89,8	33,0	7,18	11,4	11,58	5,75	25,59
Foderärt	88,8	21,1	2,13	14,92	7,46	2,93	19,80

Sojamjöl

Globalt är den vanligaste proteinkällan i djurfoder, soja (Beski *et al.* 2015). Sojamjöl har en råproteinhalt som enligt Tabell 1 ligger på 45,8% med en välbalanserad aminosyraprofil, framför allt av de essentiella aminosyrorna (Olguin *et al.* 2003; Beski *et al.* 2015). På grund av anti-nutritionella ämnen i sojamjöl begränsas användningen om inte sojamjölet har värmebehandlats (Liener 1994; Osman *et al.* 2002; Elwinger 2013). I konventionella svenska foderblandningar

ingår sojamjöl med cirka 10-20% till värphöns och slaktkycklingar (Elwinger 2013).

Rapsmjöl

Rapsmjöl är en biprodukt efter extraktion av olja från rapsfrö. Rapsmjöl består av 34,8% råprotein se Tabell 1 (Butler *et al.* 1982). Rapsmjöl har ett lågt innehåll av fett efter extraktionsprocessen (Elwinger 2013). Råvaran innehåller också anti-nutritionella ämnen som kan begränsa användningen (Butler *et al.* 1982; Elwinger 2013). Det innebär att rapsmjöl behöver värmebehandlas för att öka användningen av foderråvaran (Elwinger 2013). I svenska foderblandningar till konventionella besättningar tillåts inte mer än 10% till värphöns och slaktkyckling (Elwinger 2013).

Fiskmjöl

Fiskmjöl är en bra foderråvara som har ett högt energi- och proteininnehåll samt ett högt biologiskt värde. Andelen råprotein är 63,8% (NRC 1994). Fiskmjöl är en högt värderad foderråvara framför allt inom ekologisk produktion (Elwinger 2013). Anledningen är den höga andelen av såväl råprotein som essentiella aminosyror, fett, vitaminer och mineraler (Frempong *et al.* 2019). Enligt Frempong *et al.* (2019) innehåller fiskmjöl trimetylamin som kan orsaka fisklukt och smak i både kycklingkött samt ägg vilket begränsar användningen.

Kött- och benmjöl

Kött- och benmjöl består av 47,9% råprotein (Wang & Parsons 1998b; NRC 1994). Kvaliteten på kött- och benmjöl varierar beroende på vilka råvaror och biprodukter som används (Wang & Parsons 1998b; Ravindran *et al.* 2002; Bolarinwa *et al.* 2012). Inom EU begränsas användningen av kött- och benmjöl av lagstiftningen som endast tillåter biprodukter från gris till fjäderfä (Kommissionens förordning nr 2021/1372). Enligt Elwinger (2013) var inblandningsnivån 2-3% i foderblandningar till fjäderfä, innan förbudet infördes. En inblandning runt 5% har visats ha bra effekt på fjäderfäns prestation (Drewyor & Waldroup 2000; Bozkurt *et al.* 2004).

Solrosmjöl

Solrosmjöl är en biprodukt från framställning av solrosolja och används som proteinfodermedel (Vierira *et al.* 1992; Alagawany *et al.* 2015). Solrosmjöl innehåller cirka 33% råprotein (Alagawany *et al.* 2015; NRC 1994). Enligt Vierira *et al.* (1992) innehåller solrosmjöl cirka 31,6% råfiber. I foderblandningar till fjäderfä undviks oftast fiberrika ingredienser på grund av att energivärdena är låga (Vierira *et al.* 1992; NRC 1994).

Foderärt

Foderärt är en proteinråvara som används i foderblandningar till fjäderfä (Elwinger 2013; Konieczka *et al.* 2018). Ärter är en bra källa med avseende på protein och energi i fjäderfäfoder (Konieczka *et al.* 2018). Råproteinet i foderärt går att återfinna i Tabell 1. Jämfört med sojamjöl innehåller ärter en högre andel lysin men lägre andel metionin och cystein (Elwinger 2013; Konieczka *et al.* 2018). Proteinet i ärter har ett sämre biologiskt värde, detta på grund av den låga andelen metionin (Elwinger 2013). Vid inblandning av ärter i foderblandningar är det därför viktigt att ha koll på och komplettera med aminosyran metionin för att uppnå fjäderfäns behov (Elwinger 2013). Det går att tillsätta upp till cirka 30% ärter i en foderblandning till slaktkyckling och värphöns (Elwinger 2013).

4. Sammansättning av kött- och benmjöl

I Tabell 2 återfinns resultat från en studie gjord av Wang & Parsons (1998b) och Bolarinwa *et al.* (2012). Wang & Parsons (1998b) använde sig av 32 olika prover med olika ursprung. Resultaten som återfinns i Tabell 2 är utifrån Wang & Parsons (1998b) prover som hade ursprung från gris. De 32 olika proverna hade bearbetats med olika temperatur och tid. Wang & Parsons (1998b) använde sig inte av trycksterilisering i sina försök.

I studien från Bolarinwa *et al.* (2012) gjordes försök på två olika kött- och benmjöl från gris. Bolarinwa *et al.* (2012) använde sig av kött- och benmjöl som var behandlade med samma temperatur under lika lång tid, de använde sig inte av trycksterilisering. De olika proverna av kött- och benmjöl analyserades för att få fram värden för torrs substans, råprotein, aska och aminosyror så som metionin, lysin, cystein, arginin och treonin (Bolarinwa *et al.* 2012; Wang & Parsons 1998b).

Tabell 2. En jämförelse av kött- och benmjöl från olika studier, sammansättning anges i ts (Wang & Parsons 1998b; Bolarinwa et al. 2012)

Författare	Råvara	Temp eratur °C	Tid min	TS %	Råprotein %	Metionin g/kg	Lysin g/kg	Treonin g/kg	Cystein g/kg	Arginin g/kg
(Wang Parsons 1998b)	& Kött/ben- mjöl 2H	152	105	97,3	44,7	6,5	21,7	12,5	3,3	32,2
(Wang Parsons 1998b)	& Kött/ben- mjöl 2L	132	105	96,4	49,9	7,0	25,8	13,8	4,0	34,5
(Wang Parsons 1998b)	& Kött/ben- mjöl 11H	149	60	91,4	52,4	7,4	22,8	17,8	11,6	45,7
(Wang Parsons 1998b)	& Kött/ben- mjöl 11L	135	60	89,0	55,6	7,4	28,2	18,4	9,7	44,6
(Bolarinwa et al. 2012)	Kött/ben- mjöl 1	105	1440	96,9	56,7	9,12	31,3	17,54	5,52	33,82
(Bolarinwa et al. 2012)	Kött/ben- mjöl 2	105	1440	96,7	59,4	9,82	33,5	18,76	5,03	35,49

Askhalten kan vara en bra indikator på proteinkvaliteten i kött- och benmjöl på grund av att askhalten är negativt korrelerad med proteineffektiviteten (Parsons *et al.* 1997). Askhalten återspeglar innehållet av ben och kollagen i kött- och benmjölet och ger på så sätt en indikation på kvalitén av proteinet (Parsons *et al.* 1997). I en studie gjord av Wang & Parsons (1998a) testades 31 olika kött- och benmjöl där de fann att den genomsnittliga torrsubstansen låg på 95%, råproteinet på 50% och aska på 29%, men att värdena varierade mellan olika prover. Dolz & De blas (1992)

fastställde i sin studie att medelvärdena i deras kött- och benmjöls prover hade en torrsubstanshalt på 93,99%, 4,25 kcal bruttoenergi, 55,5% råprotein, 29,6% aska, 10% kalcium och 4,0% fosfor. I en annan studie hade kött- och benmjöl ett medelvärde på torrsubstanshalt 92,3%, råprotein 51,6%, aska 22,8%, kalcium 10,0% och fosfor 4,0% (Parsons *et al.* 1997).

4.1 Utfodring

Martosiswoyo & Jensen (1988) observerade att en inblandning av kött- och benmjöl upp till 10% i slaktkycklingfoder inte har någon negativ effekt på prestationen. Enlig Drewyor & Waldroup (2000) är det vanligast att blanda in 5-10% kött- och benmjöl i fjäderfäfoder vilket då kan tillgodose deras fosforbehov. Bozkurt *et al.* (2004) observerade i sin studie att en inblandning av 5% kött- och benmjöl gav en ökning i kroppsvikt hos slaktkyckling, slaktkroppsutbytet med en sådan inblandning gav bättre slaktkroppar än kontrollgruppen i denna studie.

I studien av Martosiswoyo & Jensen (1988) förklarades minskad omsättbar energi med en koppling till ökad inblandning av kött- och benmjöl. En för hög inblandning av kött- och benmjöl kan minska absorptionen av fettsyror som förknippas med ett ökat förhållande mellan mättade och omättade fettsyror (Martosiswoyo & Jensen 1988). En ökad inblandning kunde även öka obalansen i aminosyror och minska smältbarheten av protein som orsakas av ett högt mineralinnehåll ifall askhalten är för hög (Martosiswoyo & Jensen 1988).

5. Reglering och framställningsprocess

5.1 Lagstiftning i EU

Endast biprodukter av kategori 3-material är godkänt att använda vid framställning av animaliskt protein (Jordbruksverket 2015). För att biprodukter av kategori 3-material ska kunna användas i fjäderfäfoder behöver dessa biprodukter bearbetas utifrån särskilda krav (Jordbruksverket 2020). Vilka bearbetningskrav som ställs beror på vilka råvaror som används. Om det bearbetade animaliska proteinet från gris ska kunna användas vid utfodring av fjäderfä måste råvarorna som har använts vid framställningen ha sitt ursprung från anläggningar som endast har hanterat den djurarten (Kommissionens förordning nr 142/2011). Det bearbetade animaliska proteinet som har sitt ursprung från gris ska tillverkas med bearbetningsmetod 1, vilket innebär trycksterilisering (Jordbruksverket 2020). Om biprodukten som ska bearbetas har en partikelstorlek över 50 mm ska dessa partiklar först sönderdelas (Jordbruksverket 2020). Biprodukterna ska sedan upphettas så att kärntemperaturen överstiger 133 °C i minst 20 minuter utan något avbrott under ett tryck på minst 3 bar (Jordbruksverket 2020).

Det ställs även vissa allmänna mikrobiologiska krav på de framställda produkterna. Det ska tas prover på slutprodukterna och under lagringstiden på bearbetningsanläggningarna, bland annat för att kontrollera förekomst av bakterier inom familjen *Enterobacteriaceae* (Jordbruksverket 2020).

Användning och framställning av animaliska biprodukter till djurfoder är hårt reglerat, som nämnts ovan regleras bearbetningen av animaliska biprodukter med bland annat vilka bearbetningsmetoder som är tillåtna att använda. Det finns reglering kring användning av animaliskt protein från gris som foder till fjäderfä (Kommissionens förordning nr 2021/1372). Kommissionens förordning (nr 2021/1372) står det att användning av bearbetat animaliskt protein som har sitt ursprung från gris är tillåtet vid utfodring av fjäderfä. För att en företagare ska tillåtas lagra eller utfodra fjäderfä med helfoder som innehåller bearbetat animaliskt protein från gris behöver dessa registrera sig samt ansöka om ett godkännande från livsmedelsverket (Kommissionens förordning nr 999/2001).

5.2 Bearbetning av kött- och benmjöl och påverkan av behandling

Bearbetningsmetoderna och behandlingarna som kött- och benmjöl utsätts för är avsedda att förändra den fysiska formen, förstöra mikroorganismer eller avlägsna oönskade ämnen samt förbättra smakligheten och smältbarheten (Papadopoulos 1989). Värmebehandling är en vanlig och effektiv behandling som kan användas ensam eller i kombination med andra tekniker (Shirley & Parsons 2000). När proteiner bearbetas med värme eller ånga under tryck, kan aminosyror förstöras eller förändras och på så vis göras otillgängliga för djurets metabolism (Wang & Parsons 1998b). Under värmebehandling av proteiner kan de genomgå olika typer av förändringar (Papadopoulos 1989). Papadopoulos (1989) menar att värme orsakar bildandet av nya tvärbindingar i proteinmolekyler vilket har en negativ effekt på slutprodukten.

Det kan även ske bearbetningsskador på proteiner som kan bero på förändringar i aminosyrasammansättningen (Papadopoulos 1989). Omfattningen av en termisk skada på proteiner är beroende av tid, temperatur, fukthalt samt förekomsten av anti-nutritionella ämnen (Papadopoulos 1989). Traditionella bearbetningsmetoder såsom värme inaktiverar inte prionproteiner men tryckbehandling kan reducera prionernas smittsamhet (Taylor *et al.* 1995). Proteinkvaliteten och aminosyrornas smältbarhet hos kött- och benmjöl påverkas av råvaran men även av bearbetningsmetoden, bearbetningstemperaturen och tiden på bearbetningen (Herbert *et al.* 1974). Försämrade proteinkvalité innebär att funktionaliteten försämras. Papadopoulos (1989) nämner dock att förlust av cystein, lysin, arginin, treonin och serin har visat sig vara ett resultat av värmebehandling av olika proteinkällor såsom blodmjöl, fiskmjöl, sojamjöl samt kött- och benmjöl.

Flertalet studier har undersökt rollen av bearbetningsförhållanden som används vid bearbetning av kött- och benmjöl och i studierna dras slutsatsen att ett ökat tryck och temperatur sänker proteinkvaliteten (Herbert *et al.* 1974; Batterham *et al.* 1986; Knabe *et al.* 1989; Shirley & Parsons 2000).

6. Diskussion

Idag är foderblandningar till fjäderfä i stor utsträckning växtbaserade. I konventionell produktion är det möjligt att utfodra med växtbaserade råvaror som inte fullt uppnår behoven av essentiella aminosyror. Detta på grund av att det är tillåtet att tillsätta syntetiska aminosyror i foderblandningar. I ekologisk produktion tillsätter man fiskmjöl för att försöka uppnå en näringsmässig balans. Som tidigare nämnts har fiskmjöl ett högt proteininnehåll, det är även rikt på metionin som är en av de först begränsade aminosyror hos fjäderfä (Elwinger 2013). Ett av de största problemen med användning av fiskmjöl är att det bidrar till överfiske som därmed reducerar fiskbestånden i haven. Därför vill man minska andelen fiskmjöl i foder (Elwinger 2013).

I Tabell 1 går det att läsa av att fiskmjöl har 63,8% råprotein vilket är ett värde som är högre, jämfört med värdena för kött- och benmjöl som visas i Tabell 2. Vid jämförelse av aminosyror har fiskmjöl ett mycket högre värde på metionin och lysin jämfört med värdena för kött- och benmjöl i Tabell 2. Även treonin är högre i fiskmjöl. Cystein är högre i fiskmjöl jämfört med proverna 2H, 2L, 1 och 2. Cystein i proverna 11H och 11L är högre, 11H och 11L har behandlats under en kortare tid jämfört med de andra proverna. Arginin i fiskmjöl är något högre i Tabell 1 jämfört med 2H, 2L, 1 och 2 i Tabell 2. Även här är proverna 11H och 11L högre än fiskmjöl.

Det går att se i Tabell 1 att sojamjöl är det växtprotein som näringsmässigt mest liknar kött- och benmjöl. Vid en jämförelse av sojamjöl från Tabell 1 och kött- och benmjöl i Tabell 2 går det att se att variationen är stor mellan de olika proverna. Alla proverna i Tabell 2 har högre eller liknande värden som sojamjöl förutom 2H och 2L. 2H har lägre andel råprotein, lysin, treonin och cystein. Däremot har 2H högre andel av metionin och arginin. 2L har högre andel råprotein, metionin och arginin jämfört med sojamjöl. Anledningen till att 2H och 2L skilljer sig jämfört med de andra proverna i Tabell 2 kan bero på behandlingsmetod samt vilka råvaror som använts. De andra växtproteinerna som tas upp i Tabell 1, har rapsmjöl liknande eller bättre andel av metionin, treonin och cystein jämfört med kött- och benmjöl. Solros har en liknande andel av metionin, cystein och arginin. Foderärt har generellt lägre andel av alla parametrar vid jämförelse med kött- och benmjöl.

Kött- och benmjöl har ett högt innehåll av fosfor samt en väl avvägd mängd av olika mineraler (Beski *et al.* 2015). Att tillsätta kött- och benmjöl i foderblandningar kan förbättra produktionsparametrar hos fjäderfä jämfört med standardfoder. Det kan finnas en möjlighet att ersätta importerat sojamjöl med kött- och benmjöl eftersom näringsprofilen är liknande i de två olika proteinråvarorna.

I Tabell 2 återfinns värden från två olika studier som observerat bland annat effekter av bearbetningstemperatur på kött- och benmjöl baserat på biprodukter från gris. I studien av Bolarinwa *et al.* (2012) skiljer sig värdena mellan de två proverna med avseende på råprotein. Kött- och benmjöl 1 hade en råproteinhalt på 56,7% och kött- och benmjöl 2 hade 59,4% råprotein. Askhalten skiljde sig också åt där kött- och benmjöl 1 hade en askhalt på 264 g kg⁻¹ och kött- och benmjöl 2 hade en askhalt på 211 g kg⁻¹. Skillnader i askhalt kan bero på att proverna med högre askhalt har större andel ben eller på grund av en separation under malningen av de bearbetade proverna i bearbetningsanläggningen (Wang & Parsons 1998b). Resultaten från Bolarinwa *et al.* (2012) stämmer överens med andra studier som observerats av Wang & Parsons (1998a); Ravindran *et al.* (2002). Wang & Parsons (1998b) observerade inget samband mellan bearbetningstemperatur och askhalt i sin studie, de observerade inte heller något samband mellan bearbetningstemperatur och råproteinhalt. Att det inte fanns något samband påstår Wang & Parsons (1998b) indikerar på att variationen i ask- och råproteinhalt inträffade slumpmässigt och är inte associerat till bearbetningstemperaturen. I studierna drar författarna slutsatsen att askhalten kan ha en negativ påverkan på råprotein och aminosyrorna. Wang & Parsons (1998b) observerade att bearbetningstemperaturen påverkade smältbarheten av aminosyror vilket även stämmer med andra studier gjorda av Herbert *et al.* (1974) och Batterham *et al.* (1986). Vidare påstår Wang & Parsons (1998b) att bearbetningstiden även kan ha haft en viss effekt på resultaten.

I Tabell 2 framkommer det hur de olika proverna av kött- och benmjöl bearbetades i de olika studierna från Bolarinwa *et al.* (2012) och Wang & Parsons (1998b). Enligt EU:s riktlinjer ska animaliskt protein behandlas så att kärntemperaturen överstiger 133°C. Det innebär att behandlingstemperaturen behöver vara cirka 145-150°C. I Tabell 2 är det endast ett prov som har behandlats med en temperatur som överstiger 145°C och ett prov som behandlats med en temperatur som överstiger 150°C. I EU:s direktiv står det även att kärntemperaturen på 133°C ska bibehållas i minst 20 minuter. Eftersom det endast framkommer totallängd på behandlingarna går det inte att dra någon slutsats kring likheter mellan de olika studierna och EU:s riktlinjer.

I flera studier konstateras det att en inblandning mellan 5–10% av kött- och benmjöl i foderblandningar ger en positiv effekt (Martosiswoyo & Jensen 1988; Drewyor & Waldroup 2000; Bozkurt *et al.* 2004). En inblandning av 5-10% kött- och benmjöl

kan tillgodose fosfor behovet hos fjäderfä. Det påpekas även av Bozkurt *et al.* (2004) att en inblandning av 5% kött- och benmjöl ger en ökad kroppsvikt hos slaktkyckling vilket ger ett ökat slaktkroppsutbyte men även att slaktkropparna var av god kvalitet. En ökad inblandning av kött- och benmjöl har däremot visats ha en koppling till minskad omsättbar energi. I studien av Martosiswoyo & Jensen (1988) påpekas det att en för hög inblandning av kött- och benmjöl kan minska absorptionen av fettsyror och kan relateras till ett ökande förhållande mellan mättade och omättade fettsyror. Med en ökad inblandning av kött- och benmjöl finns även risken för att orsaka en obalans av aminosyror som i sin tur kan minska smältbarheten av protein. Detta kan orsakas av ett högre mineralinnehåll. Ett högt mineralinnehåll kan förknippas med råvaror som har haft en hög andel aska.

Studier som gjorts är bra underlag för att visa att kött- och benmjöl har en potential att mäta sig med andra proteinråvaror. Det behövs fler studier som görs utifrån de riktlinjer som finns inom Europeiska unionen för att säkrare kunna se vilka möjligheter som finns. Idag är det hanteringen av kött- och benmjöl som är den stora begränsande faktorn till att det är svårt att inkludera i foderblandningar. Detta på grund av att hanteringen av kött- och benmjöl inte får ske i samma foderfabriker som tillverkar foder till andra djurslag vilket då kräver separata foderfabriker. Det behöver även undersökas huruvida användningen av kött- och benmjöl kan vara ekonomiskt hållbart samt hur framställning och logistik ska fungera på ett lönsamt sätt i framtiden.

6.1 Slutsats

En lämplig inblandningsnivå med bäst effekt av kött- och benmjöl är en inblandning mellan 5–10%, med bakgrund till tidigare studiers resultat. Som nämnts är kött- och benmjöl jämförbart med sojamjöl med tanke på proteinnivå och aminosyraprofilen vilket gör det fördelaktigt att använda i foderblandningar. Användningen av kött- och benmjöl i Sverige kan vara begränsad på grund av reglering gör det svårt att få ihop bland annat logistik kring framställning av foderblandningar med innehåll av kött- och benmjöl. Sammanfattningsvis behövs det fler studier på kött- och benmjöl från gris baserade på de europeiska riktlinjerna för att kunna ge ett säkrare svar på hur det vidare ska kunna användas på ett lämpligt sätt.

Referenser

- Akande, K.E., Doma, U.D., Agu, H.O. & Adamu, H.M. (2010). Major Antinutrients Found in Plant Protein Sources: Their Effect on Nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (8), 827-832. <https://doi.org/10.3923/pjn.2010.827.832>
- Alagawany, M., Farag, M.R., El-Hack, M.E.A. & Dhama, K. (2015). The Practical Application of Sunflower Meal in Poultry Nutrition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3 (12), 634–648. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.12.634.648>
- Batterham, E.S., Darnell, R.E., Herbert, L.S. & Major, E.J. (1986). Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *British Journal of Nutrition*, 55 (2), 441–453. <https://doi.org/10.1079/BJN19860050>
- Beski, S.S.M., Swick, R.A. & Iji, P.A. (2015). Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Animal Nutrition*, 1 (2), 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.05.005>
- Bolarinwa, O.A., Olukosi, O.A. & Adeola, O. (2012). Metabolizable energy value of porcine meat and bone meal for broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, 92 (1), 73–78. <https://doi.org/10.4141/cjas2011-103>
- Bozkurt, M., H, B. & M, E. (2004). Effect of Dietary Concentration Meat and Bone Meal on Broiler Chickens Performance. *International Journal of Poultry Science*, 3 (11), 719-723. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.719.723>
- Butler, E.J., Pearson, A.W. & Fenwick, G.R. (1982). Problems which limit the use of rapeseed meal as a protein source in poultry diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33 (9), 866–875. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740330909>
- Dolz, S. & De blas, C. (1992). Metabolizable Energy of Meat and Bone Meal from Spanish Rendering Plants as Influenced by Level of Substitution and Method of Determination. *Poultry Science*, 71 (2), 316–322. <https://doi.org/10.3382/ps.0710316>
- Drewyor, M.A. & Waldroup, P.W. (2000). Utilization of High Levels of Meat and Bone Meal in Broiler Diets1. *Journal of Applied Poultry Research*, 9 (2), 131–141. <https://doi.org/10.1093/japr/9.2.131>
- Elwinger, K. (2013). Fodermedel och foder till värphöns och slaktkycklinger. Institutionen för husdjurens utfodring och vård SLU.

- Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 999/2001 av den 22 maj 2001 om fastställande av bestämmelser för förebyggande, kontroll och utrotning av vissa typer av transmissibel spongiform encefalopati (EGT L 147, 31.5.2001, 1-112). <http://data.europa.eu/eli/reg/2001/999/oj/swe>
- Frempong, N.S., Nortey, T.N.N., Paulk, C. & Stark, C.R. (2019). Evaluating the Effect of replacing fish meal in broiler diets with either Soybean meal or poultry by-product Meal on Broiler Performance and total feed cost per kilogram of gain. *Journal of Applied Poultry Research*, 28 (4), 912–918. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz049>
- Herbert, L.S., Dillon, J.F., Macdonald, M.W. & Skurray, G.R. (1974). Batch dry rendering: Influence of processing conditions on meat meal quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25 (9), 1063–1070. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740250902>
- Iji, P., Toghyani, M., Ahiwe, E. & Omede, A.A. (2017). Alternative sources of protein for poultry nutrition. I: Applegate, T. (red.) Achieving sustainable production of poultry meat Volume 2. Sawston: Burleigh Dodds Science Publishing. 237-269. <https://doi.org/10.19103/AS.2016.0011.13>
- Jordbruksverket (2001). Jordbruksverkets foderkontroll 2001. (Rapport 2003:3). Jönköping: Jordbruksverket. <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jordbruksverkets-foderkontroll-2001.html>
- Jordbruksverket (2015). *Kategorisering av animaliska biprodukter*. [Broschyr]. Jönköping: Jordbruksverket
- Jordbruksverket (2020). *Anläggning för bearbetning av animaliska biprodukter - krav för godkännande samt krav på verksamheten*. [Broschyr]. Jönköping: Jordbruksverket
- Knabe, D.A., LaRue, D.C., Gregg, E.J., Martinez, G.M. & Tanksley, T.D., Jr. (1989). Apparent Digestibility of Nitrogen and Amino Acids in Protein Feedstuffs by Growing Pigs. *Journal of Animal Science*, 67 (2), 441–458. <https://doi.org/10.2527/jas1989.672441x>
- Kommissionens förordning (EU) nr 2021/1372 av den 17 augusti 2021 om ändring av bilaga IV till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 999/2001 vad gäller förbudet mot att utfodra andra icke-idisslande produktionsdjur än pälsdjur med protein som härrör från djur (Text av betydelse för EES) (EUT L 300, 14.11.2009, s. 1). <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1372/oj/swe>
- Kommissionens förordning (EU) nr 142/2011 av den 25 februari 2011 om genomförande av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om genomförande av rådets direktiv 97/78/EG vad gäller vissa prover och produkter som enligt det direktivet är undantagna från veterinärkontroller vid gränsen (Text av betydelse för EES) (EUT L 54, 26.2.2011, 1-254). <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/142/oj/swe>
- Konieczka, P., Nowicka, K., Madar, M., Taciak, M. & Smulikowska, S. (2018). Effects of pea extrusion and enzyme and probiotic supplementation on performance,

- microbiota activity and biofilm formation in the broiler gastrointestinal tract. *British Poultry Science*, 59 (6), 654–662.
<https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1507017>
- Konwar, D. & Barman, K. (2005). Potential of utilization of animal by-products in animal feed. *North-East Veterinarian*, 5 (3), 28–31
- van Krimpen, M.M., Leenstra, F., Maurer, V. & Bestman, M. (2016). How to fulfill EU requirements to feed organic laying hens 100% organic ingredients. *Journal of Applied Poultry Research*, 25 (1), 129–138. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv048>
- Liener, I.E. (1994). Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34 (1), 31–67.
<https://doi.org/10.1080/10408399409527649>
- Martosiswoyo, A.W. & Jensen, L.S. (1988). Available Energy in Meat and Bone Meal as Measured by Different Methods1. *Poultry Science*, 67 (2), 280–293.
<https://doi.org/10.3382/ps.0670280>
- National Research Council (U.S.). Subcommittee on Poultry Nutrition. (1994). Nutrient requirements of poultry [Elektronisk resurs]. 9th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press
- Olguin, M.C., Hisano, N., D'Ottavio, A.E., Zingale, M.I., Revelant, G.C. & Calderari, S.A. (2003). Nutritional and antinutritional aspects of an Argentinian soy flour assessed on weanling rats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16 (4), 441–449. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00005-X)
- Osman, M.A., Reid, P.M. & Weber, C.W. (2002). Thermal inactivation of tepary bean (*Phaseolus acutifolius*), soybean and lima bean protease inhibitors: effect of acidic and basic pH. *Food Chemistry*, 78 (4), 419–423.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00144-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00144-9)
- Papadopoulos, M.C. (1989). Effect of processing on high-protein feedstuffs: A review. *Biological Wastes*, 29 (2), 123–138. [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(89\)90092-X](https://doi.org/10.1016/0269-7483(89)90092-X)
- Parsons, C., Castanon, F. & Han, Y. (1997). Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poultry Science*, 76 (2), 361–368. <https://doi.org/10.1093/ps/76.2.361>
- Raidal, S. (2000). Poultry Health and Management. *Australian Veterinary Journal*, 78 (12), 830–830. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2000.tb10498.x>
- Ravindran, V., Hendriks, W.H., Camden, B.J., Thomas, D.V., Morel, P.C.H. & Butts, C.A. (2002). Amino acid digestibility of meat and bone meals for broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53 (11), 1257–1264.
<https://doi.org/10.1071/ar02055>
- Saima, M., Akhter, Khan, M., Anjum, M., Ahmed, S., Rizwan, M. & Ijaz, M. (2008). Investigation on the availability of amino acids from different animal protein sources in golden cockerels. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 18
- Shirley, R.B. & Parsons, C.M. (2000). Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. *Poultry Science*, 79 (12), 1775–1781. <https://doi.org/10.1093/ps/79.12.1775>

- SVA (2019). *Transmissibla Spongiforma Encefalopatier (TSE) och prioner*.
<https://www.sva.se/amnesomraden/djursjukdomar-a-o/transmissibla-spongiforma-encefalopatier-tse-och-prioner/> [2022-04-11]
- SVA (2021). *Bovin Spongiform Encefalopati (BSE)*.
<https://www.sva.se/amnesomraden/djursjukdomar-a-o/bovin-spongiform-encefalopati-bse/> [2022-04-11]
- Taylor, D.M., Woodgate, S.L. & Atkinson, M.J. (1995). Inactivation of the bovine spongiform encephalopathy agent by rendering procedures. *The Veterinary record*, 137 (24), 605–610
- Tufarelli, V., Ragni, M. & Laudadio, V. (2018). Feeding Forage in Poultry: A Promising Alternative for the Future of Production Systems. *Agriculture*, 8 (6), 81.
<https://doi.org/10.3390/agriculture8060081>
- Vierira, S.L., Penz, A.M., Leboutte, E.M. & Corteline, J. (1992). A Nutritional Evaluation of a High Fiber Sunflower Meal. *Journal of Applied Poultry Research*, 1 (4), 382–388. <https://doi.org/10.1093/japr/1.4.382>
- Wang, X. & Parsons, C. (1998a). Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. *Poultry Science*, 77 (7), 1010–1015. <https://doi.org/10.1093/ps/77.7.1010>
- Wang, X. & Parsons, C. (1998b). Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poultry Science*, 77 (6), 834–841. <https://doi.org/10.1093/ps/77.6.834>