



Tungmetaller i metabolismen hos värphöns och slaktkycklingar

Metabolism of heavy metals in poultry

av

Elin Svedberg

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 311
15 hp C-nivå**

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

Uppsala 2010



Tungmetaller i metabolismen hos värphöns och slaktkycklingar

Metabolism of heavy metals in poultry

av

Elin Svedberg

Handledare: Lotta Jönsson

Examinator: Ragnar Tauson

Nyckelord: bly, kadmium, värphöns, slaktkycklingar, metabolism

Detta arbete har genomförts inom ramen för kursen EX0553, Kandidatarbete i Husdjursvetenskap – C15. Kursen består i huvudsak av en handledd litteraturgenomgång som leder fram till ett examensarbete inom huvudområdet husdjursvetenskap. I kursen ingår undervisning i att söka och värdera vetenskaplig litteratur samt i muntlig och skriftlig presentation.

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 311
15 hp C-nivå
Kurskod: EX0553**

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

Uppsala 2010

Sammanfattning

Musselmjöl är en möjlig proteinkälla med god aminosyrasammansättning och kan komma att ersätta fiskmjöl i foderstater till ekologiska värphöns och slaktkycklingar. Då musslor filtrerar stora mängder vatten finns risk för ansamling av tungmetaller som kan föras vidare i näringskedjan när musselmjöl används som proteinfodermedel. Bly och kadmium är tungmetaller som förekommer i naturen och skulle kunna ansamlas i musslor. Då fjäderfä exponeras för tungmetaller absorberas dessa i djurens tunntarm och transporteras vidare som joner, komplex eller bundna till proteiner för vidare distribuering i kroppen. Bly ackumuleras främst i skelett, lever och njure medan kadmium huvudsakligen ansamlas i lever och njure hos fjäderfä. Generellt förekommer mycket låga koncentrationer av bly och kadmium i muskler hos slaktkycklingar som utfodrats med foder kontaminerat med dessa tungmetaller. Ägg från värphöns som exponerats för kadmium innehåller låga nivåer av metallen och anses inte vara en betydlig källa för kadmium vid humankonsumtion. Reducerad tillväxt hos slaktkycklingar och lägre äggproduktion hos värphöns har påvisats som ett resultat av bly- och kadmiumintag. Syftet med den här litteraturstudien är att beskriva metabolismen av tungmetaller hos värphöns och slaktkycklingar.

Abstract

Mussel meal is a potential source of protein, with a good composition of amino acids, for laying hens and broiler chickens, and may replace the use of fish meal in organic poultry production. Lead and cadmium are heavy metals which occur in the environment and can be accumulated in mussels. When poultry are exposed to heavy metals, the metals are absorbed in the small intestine and distributed in the body in the form of ions, complexes or bound to proteins. In poultry, lead accumulates in bone tissue, liver and kidneys, while cadmium accumulates in liver and kidneys. Generally very low concentrations of these heavy metals occur in muscles of broilers which have been exposed to feed contaminated with cadmium or lead. Eggs from laying hens exposed to cadmium contain low levels of cadmium, and chicken meat and eggs are not considered as sources of the metal for humans. Reduced growth in broilers and a lower egg production in laying hens have been observed as a result of lead and cadmium exposure. The aim of this literature study is to describe the metabolism of heavy metals in laying hens and broilers.

Introduktion

Inom ekologisk ägg- och kycklingproduktion finns det svårigheter att täcka behovet av essentiella aminosyror då tillsatser av syntetiska aminosyror inte är tillåtet. Djurens krav på metionin är speciellt viktigt då detta är den främst begränsande aminosyran hos producerande hönsfåglar. I dagsläget erhålls en tillfredsställande mängd protein med en god aminosyrasammansättning av bland annat fiskmjöl, majs glutenmjöl och potatisprotein i foderstater till ekologiska höns (Jönsson, 2009). År 2012 kommer regelverket kring ekologisk produktion att förändras vilket innebär att 100 % av foderråvarorna måste vara ekologiskt framställda (KRAV, 2009). Med anledning av detta kan ovan nämnda fodermedel komma att begränsas i framtiden. Även risken för utfiskning kan vara en bidragande orsak till ett begränsande av fiskmjöl. Som lösning på problemet bedrivs forskning för att se om möjligheter finns att ersätta fiskmjöl med musselmjöl, vilket har en liknande aminosyrasammansättning (Jönsson, 2010). Musselodlingar kan också vara gynnsamma ur miljösynpunkt då de ansamlar kväve och fosfor från vattnet och motverkar på så sätt övergödning av vattendrag (Lindahl et al., 2005).

Genom filtrering av vatten konsumerar musslor fytoplankton. Platserna där musselodlingarna anläggs kontrolleras noga för att miljögifter endast ska förekomma i låga nivåer (Rehnstam-Holm & Hernroth, 2005) och blåmusslor (*Mytilus edulis*) som skördas på den svenska västkusten, visar koncentrationer av tungmetaller under tillåtna gränsvärden (Kollberg & Ljungqvist, 2005). Filtreringen kan dock ändå medföra viss inlagring av tungmetaller i musslorna då metallerna förekommer i miljön (Nilsson, 2009). Tungmetaller existerar i jonform, som komplex eller bundna till organiska och oorganiska partiklar (Broman et al., 1988). Tungmetaller läcker ut i naturen genom mänskliga handlingar såsom industriella utsläpp, förbränning av hushållsavfall och fossila bränslen samt genom ökad markerosion. Tungmetaller kan transporteras både luftburet och via vattendrag. Belastningen av metaller i marina miljöer ökar således och det förekommer risk för ansamling i vattenlevande organismer (Shulkin et al., 2003).

Då musselmjöl används som fodermedel till ekologiska värphöns och slaktkycklingar finns eventuellt en risk att tungmetaller ackumuleras i djuren som då kan påverkas negativt (Jönsson, 2010). Syftet med den här litteraturstudien är att beskriva hur tungmetallerna, kadmium och bly, metaboliseras i hönsfåglar och vad effekterna blir hos djuren. Fokus kommer att ligga på upptag och utsöndring av tungmetaller samt i vilka vävnader och organ inlagring huvudsakligen sker.

Tungmetaller

En tungmetall definieras som ett grundämne vars densitet överstiger 4500-5000 kg per m³ (Nationalencyklopedin, 2010). Tungmetaller kan vara essentiella eller icke-essentiella för levande organismer (Goyer, 1997). Essentiella tungmetaller, såsom koppar, järn och zink, ingår i olika fysiologiska funktioner i kroppen. Till de icke-essentiella tungmetallerna hör exempelvis bly, kadmium och kvicksilver. Dessa metaller har en lång biologisk halveringstid och är till följd av detta skadliga vid exponering (Barbier et al., 2005). Toxiciteten ökar med ett ökat intag av tungmetaller (Goyer, 1997).

Upptag, utsöndring och gränsvärden

Kroppen har olika skyddsmekanismer mot tungmetallförgiftning där njure och lever är viktiga organ för att förhindra intoxication (Barbier et al., 2005). Under långvarig exponering av tungmetaller kan det uppkomma skador på dessa organ.

Då tungmetaller, via portavenen, når levern kan de binda till proteinerna glutathionin eller metallothionin (Klaassen et al., 1999). Tungmetaller bundna till glutathionin utsöndras tillsammans med galla medan tungmetaller bundna till metallothionin avskiljs via njurarna. Metallothionin har större betydelse vid tungmetallförgiftning än glutathionin. Metallothionin är ett lågmolekylärt, intracellulärt protein som är rikt på aminosyran cystein (Sato et al., 1996). Proteinet har hög affinitet för vissa metalljoner, såsom kadmium-, koppar- och zinkjoner (Kojima & Kägi, 1978). Förutom betydelse för avgiftning vid tungmetallintag är metallothionin viktig för upprätthållande av homeostasen av essentiella mineraler och spårämnen i kroppen. Vid kronisk tungmetallförgiftning ökar koncentrationerna av metallothionin och glutathionin (Zalups, 2000).

Metallothionin syntetiseras främst i levern (Barbier et al., 2005) och binder in en del av tungmetallerna som tillsammans med metallothionin frigörs från levern till plasman (Klaassen et al., 1999). Tungmetallerna når njurarna via cirkulationssystemet som joner, komplex eller

konjugerade till proteiner. I njurens funktionella enhet, nefronet, tas tungmetaller upp genom olika mekanismer (Barbier et al., 2005). Primärt tas metallerna upp genom de apikala membranerna och utsöndras från de basolaterala membranerna snabbt efter upptaget. Tungmetaller i jonform kan binda till membranproteiner som har betydelse i reglerandet av essentiella mineraler. Dessa transporter sker i njurens proximala tubulus.

Högsta tillåtna koncentration, maximum residue limit (MRL), av tungmetaller som får förekomma i fjäderfä som går till livsmedel fastställs av Europeiska kommissionen (EC., 2001). MRL för bly och kadmium redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. MRL för bly och kadmium i lever, njure och kött hos fjäderfä i mg per kg (EC., 2001)

	Bly	Kadmium
Lever	0,5	0,5
Njure	0,5	1,0
Muskel	0,1	0,05

Bly

Bly är en giftig, icke-essentiell tungmetall hos vilken toxiciteten avgörs av koncentrationen (Mykkänen & Wasserman, 1981). MRL för bly i fjäderfä som går till humankonsumtion ligger på 0,1 mg per kg kött och 0,5 mg per kg njure och lever (Tabell 1). Jordbruksverket (SJV) har fastställt gränsvärden för främmande ämnen i foder där bly tillåts förekomma i halter upp till fem mg per kg helfoder (SJVFS, 2006).

Koncentrationer av bly i muskel, njure och lever är generellt låga hos fjäderfä (Vos et al., 1990). Hos värphöns och kalkoner som inte fått blykontaminerat foder är enligt en studie av Vos et al. (1990) koncentrationerna omkring 0,02 mg bly per kg lever och 0,06 mg per kg njure. Jämförelsevis innehåller njure från slaktkyckling 0,03 mg bly per kg (Vos et al., 1990). I en studie gjord av Doganoc (1996), där värphöns inte fått tillskott av bly i fodret, påvisades halter av bly om 0,3 mg per kg i lever och 0,62 mg per kg i njure. Kycklingar hade ansamlat 0,07 mg per kg njure och koncentrationerna i lever mättes ej. I studien undersöktes även lår- och bröstmuskel hos djuren och blyhalterna uppgick till 0,06 mg per kg i lårmuskel och 0,05 mg per kg i bröstmuskel hos värphönsen. Hos kycklingarna var nivåerna av bly i dessa muskler under detektionsgränsen som låg på 0,05 mg per kg.

Upptag

Oralt intaget bly tas till störst del upp i tunntarmen och några signifikanta skillnader i absorption mellan tunntarmens olika delar har inte kunnat påvisas (Blair et al., 1979; Mykkänen & Wasserman, 1981). Blyupptaget beskrivs i två faser där det första stadiet sker under 5 till 10 minuter efter att tungmetallen nått tunntarmen. Över 50 % av det intagna blyet tas upp av tarmvävnaden under det första stadiet. Detta snabba blyupptag av tarmen sker främst genom en ytadsorption mellan vävnaden och tungmetallen (Blair et al., 1979). Under den andra fasen sker transport av bly över tarmmembranet för att via cirkulationssystemet distribueras i kroppen (Blair et al., 1979; Mykkänen & Wasserman, 1981). Transporten över tarmmembranet är långsam och begränsas genom tarmluddets höga affinitet för bly. Överföringen hämmas även av att intracellulära proteiner och organeller tar upp bly (Mykkänen & Wasserman, 1981). Av bly som intas via foder hos kycklingar upptas endast

omkring fem procent för vidare disponering i kroppens vävnader och organ, medan resterande andel som fäst vid tarmvävnaden inte tar sig förbi tarmbarriären och därmed går ut med fekalerna.

Transport av bly över tarmepitelet avgörs utifrån affiniteten mellan bly och inbindningsplatserna i tarmvävnaden (Blair et al., 1979). Antalet inbindningsplatser, tillgängligheten av dessa samt interaktionen mellan blyjoner och tarmvävnad inverkar även på transporten till övriga delar av kroppen. Vid ett lågt intag av kalcium (300 mg per kg foder) i samband med ett intag av bly har transporten av bly ökat från tarmlumen till cirkulationssystemet hos två veckor gamla tuppar av värphönshybrid jämfört med tuppar som haft ett normalt intag av kalcium (1200 mg per kg foder) (Mykkänen & Wasserman, 1981). Enligt Mykkänen & Wasserman (1981) är detta på grund av gemensamma transportmekanismer för kalcium och bly. Förekomst och syntetisering av kalciumbindande protein påverkas av mängden bly i duodenum hos kycklingar. Vid en låg kalciumkoncentration och ett intag av bly ökar förekomsten av det kalciumbindande proteinet i tunntarmen (Edelstein et al., 1984). En koppling mellan blyabsorption från tunntarmen och kalciumbindande protein finns således. Förmågan att absorbera bly, liksom upptaget av andra mineralämnen, sjunker med en ökande ålder hos kycklingar (Mykkänen & Wasserman, 1981).

Ansamling

Höns och kycklingar som inte fått blytillskott i fodret har påvisats ackumulera bly huvudsakligen i skelettet (Doganoc, 1996). Njurar observerades ha lagrat in en femtedel lägre halter av tungmetallen än skelettet hos hönsen. Bly återfanns också i mjälte, lever och hud. Även utfodringsförsök, där bly tillsatts i foder, har visat att metallen ansamlats främst i djurens skelett (Hallak, 2007). Bland de mjuka vävnaderna har bly främst påvisats i njurar, lever, hud samt fjädrar hos 36 veckor gamla värphöns som utfodrats med två, 20 eller 200 mg bly per kg foder. Jämförelse i ackumulation mellan djur som inte fått blytillskott och djur som har fått bly tillsatt i olika stora doser redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Blyackumuleringen i olika organ och vävnader i mg per kg, (Hallak, 2007)

	1	2	3	4
Lever	0,016	0,033	0,073	0,721
Njurar	0,013	0,072	0,153	0,784
Muskler	0,030	0,037	0,040	0,055
Skinn	0,020	0,153	0,225	0,342
Skelett	0,124	0,178	0,980	14,656

1. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med standardfoder innehållande < 0,2 mg bly per kg
2. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med blytillskott om 2 mg per kg
3. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med blytillskott om 20 mg per kg
4. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med blytillskott om 200 mg per kg

I en studie gjord av Baykov et al. (1996b) har det påvisats en liten ökning av blykoncentrationer i muskler hos slaktkycklingar som under 52 dagar utsatts för blytillskott om 50 mg per kg foder respektive 100 mg per kg foder. Koncentrationerna av bly var 0,14 respektive 0,29 mg per kg muskel medan kontrollgruppen som utfodrats med ett standardfoder med en blykoncentration lägre än 0,2 mg per kg ledde till halter om 0,09 mg per kg muskel. Edelstein et al. (1984) har observerat att både akut och kronisk blyförgiftning

kan leda till förändringar av njurarnas struktur och funktion. Förändringarna sker genom att bly ackumuleras i njurbarkens celler och sänker syntesen av kalcitriol.

Påverkan på produktionen

Värphöns som utfodrats med blytillskott (1000 mg per kg foder) har visat avtagande nivåer av kalcium i blodet, vilket i sin tur lett till ett signifikant skörare skelett hos djuren jämfört med en kontrollgrupp (Saly et al., 2004). Äggens vikt, liksom äggskalens tjocklek reducerades vid ett intag av bly. I studien ökade andelen ägg med skadat skal från 6,8 % i kontrollgruppen till 15,7 % i gruppen som utfodrats med 1000 mg bly per kg foder. Baykov et al. (1996a) har påvisat att koncentrationer av bly i äggmassa varit 1,6 gånger högre än nivåerna av bly i foder som intagits av värphöns under 30 dagar medan blykoncentrationerna i äggskal varit 9,2 gånger högre än i foder då tillskottet varit 0,5 mg bly per kg foder. Enligt Saly et al. (2004) har inte någon förändring setts i värphönsens hälsotillstånd. Reducerad äggproduktion har påvisats hos värphöns som utsatts för 200 mg bly per kg foder (Edens & Garlich, 1983). Vårpprocenten sjönk från 78 % till omkring 65 % då värphönsen exponerats för bly under tio veckors tid.

Vid utfodringsförsök där kycklingar utfodrats med 1000 mg, (Mykkänen & Wasserman, 1981) 3000 mg eller 6000 mg bly per kg foder (Edelstein et al., 1984) har reducerad tillväxt observerats. Dagsgamla slaktkycklingar som fått 250 respektive 400 mg blyacetat per kg foder tillsatt i dricksvattnet under en femveckorsperiod har konstaterats ha försämrade genomsnittlig tillväxt jämfört med en kontrollgrupp (Rahman & Joshi, 2009). Kontrollgruppen ökade i vikt med 1400 g medan gruppen som fått 250 mg blyacetat tillsatt per kg foder växte 1300 g och den grupp som fått 400 mg blyacetat per kg foder ökade 1200 g i vikt under försöksperioden.

Kadmium

Kadmium är en icke-essentiell tungmetall (Doganoc, 1996) som är toxisk i låga doser och förekommer i stort sett överallt i naturen (Berzina, 2007). MRL för kadmium i livsmedel fastställs av Europeiska kommissionen (EC., 2001). Dessa gränsvärden är i fjäderfä 0,05 mg per kg kött, 0,5 mg per kg lever och ett mg per kg njure (Tabell 1). Kadmiumkoncentrationer i lever och njurar hos värphöns skiljer sig markant mellan grupper av djur (Vos et al., 1990). Detta kan bero på stora skillnader i kadmiuminnehåll i olika foderstater och fodermedel. Enligt en studie av Vos et al. (1990) ligger kadmiumkoncentrationer i njurar hos värphöns på 0,65 mg per kg njure medan motsvarande koncentration för slaktkyckling är 0,05 mg per kg. I Sverige är högsta tillåtna värde för kadmium i foder fastställt till ett mg per kg i foderråvaror som kommer från vegetabilier och två mg per kg i foderråvaror med animaliskt ursprung (SJVFS, 2006).

Upptag

I ett 23 dagar långt försök på 64 veckor gamla värphöns, utsöndrades mellan 70 och 80 % av 60 mg intaget kadmium per kg foder med fekalier 24 timmar efter intag (Sell, 1975). Efter 96 timmar hade 90 till 93 % av kadmiumet utsöndrats. I studier gjorda på vaktel (*Coturnix coturnix japonica*) som fått kadmium injicerat i blodet har det påvisats förekomst av tungmetallen i tarmväggen och i tarminnehållet under ett tidigt stadium efter injektionen (Nishimura et al., 1974). Nishimura et al. (1974) spekulerar i att kadmium främst utsöndras med fekalier genom en sekretorisk process då det intas oralt.

För att begränsa transport av kadmium till ägg hos värphöns finns mekanismer i äggstocken som förhindrar överföring (Sell, 1975; Leach et al., 1979; Baykov et al., 1996a; Sato et al., 1996). Detta har påvisats genom att follikelväggarna observerats innehålla högre koncentrationer kadmium än follikelgulorna då 2,5 mg kadmium per kg kroppsvikt injicerats i blodet på 52 veckor gamla värphöns (Sato et al., 1996). Äggulan och äggvitan innehåller endast små mängder kadmium trots att metallen intagits av hönsen via fodret (Sell, 1975). Kadmiumhalter i ägg har istället främst påträffats i skal och koncentrationerna av kadmium i ägg bedöms ligga lågt och anses således inte som en för människan betydlig källa till kadmium (Sell, 1975; Baykov et al., 1996a).

Ansamling

Kadmium har påvisats ackumuleras huvudsakligen i njurar hos höns och kycklingar som inte fått tillskott av tungmetallen i fodret (Doganoc, 1996). Vidare inlagring sker i lever (Leach et al., 1979; Doganoc, 1996; Hallak, 2007; Zhang et al., 2009), mjälte och muskelmage (Doganoc, 1996). Jämförelsevis har en studie av White & Finley (1978), gjord på gräsand (*Anas platyrnchos*), påvisat att 97 % av absorberat kadmium ackumulerats i djurens njurar och lever. Vid ett 48 veckor långt försök med intag av kadmium oralt avtar ackumulationen i njurarna medan ansamlingen i levern ökar (Leach et al., 1979). Kadmiumkoncentrationen i ett foder, innehållande sju procent musselmjöl, var 0,5 mg och preliminära resultat visar att värphöns som intagit detta foder från 20 till 72 veckors ålder har ansamlat nivåer om 0,06 mg per kg lever och 0,43 mg per kg njure (Jönsson, 2010). Ansamling av kadmium i olika organ hos höns som utfodrats med varierande halter kadmium visas i Tabell 3.

Tabell 3. Kadmiumackumulationen i olika organ och vävnader i mg per kg, (Hallak^a, 2007 och Jönsson^b, 2010)

	1	2	3	4	5
Lever	0,825	2,363	4,120	47,750	0,06
Njure	1,567	3,787	13,983	102,66	0,43
Muskel	0,029	0,038	0,068	0,826	-
Skinn	0,024	0,052	0,097	1,547	-
Skelett	0,034	1,287	1,567	5,807	-

1. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med standardfoder innehållande < 0,1 mg kadmium per kg^a
2. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med kadmiumtillskott om 1 mg per kg^a
3. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med kadmiumtillskott om 10 mg per kg^a
4. Värphöns, 36 veckor. Utfodrade med kadmiumtillskott om 100 mg per kg^a
5. Värphöns, 72 veckor. Utfodrade med 7 % musselmjöl i fodret. Kadmiumkoncentration om 0,5 mg per kg. Opublicerade värden^b

Dagsgamla kycklingar av värphönshybrid som har exponerats för kadmium i 30 dagar har påvisat en förhöjd vikt av duodenum och ileum (Berzina et al., 2007). Kadmium har påvisats ackumuleras i tarmslemhinnan där en ökad förekomst av metalotionin observerats. Samtidigt som denna förhöjning setts, har en reducering i zinkkoncentrationen påträffats i tarmslemhinnan hos kycklingarna. Detta sker troligtvis då kadmium till viss del kan ersätta zink i vävnader och minska aktiviteten av vissa zinkberoende enzymer.

Muskelvävnader från kycklingar, av kombinationsras för både ägg- och köttproduktion, har inte påvisats ansamlas kadmium då tre mg kadmium per kg foder intagits under sex veckor

medan vid intag av tolv respektive 48 mg kadmium per kg foder har signifikanta ansamlingar i muskler setts (Leach et al., 1979). Kalkoner som utfodrats med 0,12 mg kadmium per kg foder har endast lagrat in halter omkring 0,004 mg per kg av tungmetallen i köttet (Vos et al., 1990). Vos et al. (1990) drar slutsats att transporten av kadmium till muskler är mycket små och därmed är kadmiumkoncentrationerna i kött från fjäderfä i stort sett obefintliga hos djur som intagit kadmium oralt.

Påverkan på produktionen

En försämrad tillväxt har iakttagits hos kycklingar efter att kadmium tillsatts i fodret (Freeland & Cousins, 1973; Bilal & Ercag, 2003; Berzina et al., 2007). Enligt studier gjorda av Berzina et al. (2007) sjönk tillväxten hos kycklingar med 27 % efter att kycklingarna utfodrats med 50,2 mg kadmium per kg foder i 30 dagar jämfört med kycklingar i kontrollgruppen som fått foder innehållande mindre än 0,2 mg kadmium per kg. Ett reducerat foderintag har påvisats då värphöns exponerats för 60 mg kadmium per kg foder under en period på 23 dagar (Sell, 1975). Höga koncentrationer av kadmium har påträffats i tarmslemhinnan hos kycklingar där även syntesen av metallotionin ökat i samband med intag av kadmium via fodret. Genom histologiska analyser av tarmen observeras en ökad totalarea av tarmslemhinnan i ileum samtidigt som villihöjden minskat jämfört med individerna i kontrollgruppen (Sell, 1975).

Studier där dagsgamla kycklingar av en kombinationsras för både ägg- och köttproduktion konsumerat 48 mg kadmium per kg foder under sex veckors tid, har resulterat i reducerad äggproduktion (Leach et al., 1979). Även i en studie gjord av Hallak et al. (2007) har äggproduktionen minskat efter intag av kadmium under 15 dagar. Värprocenten sjönk i detta försök från 76,7 % till 57 % då hönsen exponerades för ett kadmiumintag på 200 mg per kg foder. Hos värphöns som haft ett kadmiumintag på tre mg per kg foder har en liten ökning i äggproduktionen observerats då djuren utsatts för kadmium under tolv veckors tid (Leach et al., 1979). Orsaken till ökningen är enligt författarna okänd. Studier av Leach et al. (1979) tyder på att äggens vikt och äggskalens tjocklek inte påverkas av ett kadmiumintag hos värphöns som utfodrats med tre, tolv eller 48 mg per kg foder under tolv veckors tid medan vid ett försök på 48 veckor kunde en signifikant minskning av äggskalens tjocklek observeras vid intag av tolv eller 48 mg kadmium per kg foder.

Kycklingar som utsatts för kadmium påvisar inflammation i tarmepitel genom ökad förekomst av neutrofiler och lymfocyter i *lamina propria* (Berzina et al., 2007). Villiskador samt skador på tunntarmens mukosa har observerats förekomma i större utsträckning hos kadmiumutsatta kycklingar som fått 50,2 mg kadmium per kg foder i 30 dagar jämfört med en kontrollgrupp som fått ett standardfoder innehållande mindre än 0,2 mg kadmium per kg foder.

Diskussion

Regelverket inom den ekologiska produktionen kommer att förändras år 2012 till att 100 % av foder till värphöns och slaktkycklingar måste bestå av ekologiska råvaror (KRAV, 2009). Om musselmjöl ska användas som proteinkälla till djuren bör eventuella risker med tungmetaller som har ansamlats i musslorna utredas. Bly och kadmium är båda tungmetaller som är icke-essentiella och toxiska för levande organismer (Doganoc, 1996) och förekommer i miljön naturligt eller på grund av utsläpp från industrier (Broman et al., 1988). Hur upptag och ansamling av bly och kadmium sker hos höns är därför av intresse för att se hur dessa tungmetaller kan komma att påverka livsmedel samt vilka effekter på djuren som kan tänkas uppstå. Metabolismen av dessa tungmetaller skiljer sig från varandra hos fjäderfä. Lever och

njure är dock de huvudsakliga organ som har del i avgiftningen vid tungmetallintag (Barbier et al., 2005).

I en studie av Saly et al. (2004) har 55 veckor gamla värphöns som utfodrats med 1000 mg bly per kg foder under en 30-dagarsperiod inte påvisat något försämrat hälsotillstånd. Däremot har negativa resultat observerats i produktionen hos djur som fått tillskott av bly eller kadmium i foderblandningen (Edelstein et al., 1984; Berzina et al., 2007; Hallak et al., 2007; Rahman & Joshi, 2009). Förhöjda bly- och kadmiumintag har lett till försämrad tillväxt hos kycklingar och reducerad äggproduktion och lägre äggvikt hos värphöns. Detta leder i sin tur till ekonomiska förluster för producenterna i och med färre och lättare ägg samt sämre tillväxthastighet. Att tillväxten hos slaktkycklingar minskar, kan också bero på det reducerande foderintaget, som även det, varit ett resultat av tungmetallintag hos djuren (Sell, 1975). Vid intag av kadmium och bly via fodret går dock den största andelen (90-93 % respektive 95 %) ut med fekalerna och transporteras därmed inte över tarmepitelet (Sell, 1975; Mykkänen & Wasserman, 1981).

Europeiska kommissionens MRL för livsmedel från fjäderfä ligger, som tidigare nämnts, på 0,1 mg bly per kg kött och 0,5 mg bly per kg njure och lever (EC., 2001). MRL för kadmium är 0,05 mg per kg kött, 0,5 mg per kg lever och ett mg per kg njure (Tabell 1). Sätts dessa koncentrationer i förhållande till värden från studier där kadmiumkoncentrationen varit lägre än 0,1 mg per kg foder till 36 veckor gamla värphöns är koncentrationerna av kadmium i muskel under MRL medan kadmiumnivåerna i lever och njure överstiger MRL (Hallak, 2007). Då värphönsen exponerats för tio mg kadmium per kg foder har koncentrationerna i muskler överstigit MRL för kött. Värphöns som exponerats för lägre koncentrationer än 20 mg bly per kg foder har inte ackumulerat koncentrationer högre än MRL i lever, njure och kött. Hos värphöns som utfodrats med 200 mg bly per kg foder har ansamlat halter av bly över MRL i lever och njure medan nivåerna i muskel understiger gränsvärdet för kött. Enligt Vos et al. (1990) har värphöns som utfodrats med foder utan tillskott av kadmium eller bly, ansamlat lägre nivåer av tungmetallerna än studien av Hallak (2007). Att nivåerna av tungmetaller skiljer sig mellan olika studier kan bero på användandet av olika fodermedel, djurens ålder samt vilken analysmetod som använts.

Vos et al. (1990) har observerat högre koncentrationer av kadmium och bly i njurar och lever hos värphöns, som på grund av ålder tagits ur produktionen, jämfört med slaktkycklingar som lever kortare liv. Både slaktkycklingarna och värphönsen fick i denna studie standardfoder utan tillskott av tungmetaller. Liksom Vos et al. (1990) visade en studie av Doganoc (1996) att värphöns lagrade in högre halter av kadmium och bly jämfört med kycklingar. Detta tyder på att åldern är en viktig faktor i hur stora ansamlingar av tungmetaller som förekommer i djuren. Därför kan det tänkas att då slaktkycklingar utgör den absolut största andelen av fjäderfäkött i handeln, är riskerna för att köttet ska bli en källa för tungmetaller för människor mycket liten. Dessutom överförs endast små koncentrationer av tungmetaller till muskler och ägg och oavsett djurens ålder är riskerna små för att livsmedel ska innehålla betydliga mängder.

Lågt kalciumintag hos hönsfåglar ökar transporten av bly från tarmen till andra delar av kroppen vilket kan bero på att kalcium och bly kan använda samma transportörer för distribuering (Mykkänen & Wasserman, 1981). Kalciumbindande protein är exempel på en sådan transportör (Edelstein et al., 1984). Detta protein har observerats öka i förekomst vid ett intag av bly när kalciumnivåerna varit så låga som 300 mg per kg i foderblandningen (Mykkänen & Wasserman, 1981). Då kalcium och bly använder samma transportörer borde

det kunna vara anledningen till att bly främst ansamlas i skelettet hos hönsen eftersom benvävnad innehåller höga nivåer av kalcium. Vid ett högre intag av kalcium (1200 mg per kg foder) har transporten av bly från tarmlumen till kroppen däremot minskat signifikant (Mykkänen & Wasserman, 1981). Detta kan sannolikt medföra att bly som intas av värphöns inte påverkar dessa avsevärt då kalcium utgör en stor del i hönsens foderstater för att bibehålla en hållbar äggproduktion och en god skalkvalitet.

Hos 72 veckor gamla värphöns som utfodrats med musselmjöl i foderstaten från 20 veckors ålder har ansamlingar av kadmium i lever och njure påvisats (Jönsson, 2010). Fodret som användes innehöll 0,5 mg kadmium per kg foder och i foderblandningen utgjordes sju procent av musselmjöl. Kadmium lagrades in i koncentrationer om 0,43 mg per kg njure och 0,06 mg per kg lever vilket understiger MRL för dessa organ. Platser där musselodlingar anläggs i Sverige kontrolleras noga för att inte höga nivåer av miljögifter ska förekomma (Rehnstam-Holm & Hernroth, 2005) och på provtagningsplatser där tungmetallanalyser gjorts ligger värdena under de tillåtna gränserna (Kollberg & Ljungqvist, 2005). Detta medför att musslor inte borde utgöra en källa för kadmium. Dock bör vidare analys av övriga tungmetaller, så som kobolt, järn, koppar, zink och mangan, utvärderas. Risken för att dessa ska förekomma i högre grad är troligtvis mycket liten.

Kadmiumhalterna i lever och njure från värphöns som ätit foder med inblandning av musselmjöl (0,5 mg kadmium per kg foder) är lägre än i lever och njure från värphöns som ätit ett foder med koncentrationer under 0,1 mg kadmium per kg. Vad detta beror på är okänt men preparationsmetoderna och analysmetoderna av organen kan ha stor betydelse. Metoderna kan ha gått till på olika sätt och detta kan medföra att resultaten inte är jämförbara. Ålder hos djuren och försökens längd torde också ha betydelse för resultaten. Det har inte kontrollerats några kadmiumhalter i muskler i musselförsöket, men troligtvis överstiger inte halten av kadmium MRL för kött då andra studier har påvisat att mycket låga koncentrationer har överförts till muskelvävnad.

Halten av kadmium i foder med sju procents inblandning av musselmjöl understiger SJV:s föreskrifter om främmande ämnen i foder. I studien av Hallak (2007) där kontrollgrupper använts som fått standardfoder innehållande koncentrationer av tungmetaller under de svenska gränsvärdena för foder har värden av kadmium i kött, lever och njure överstigit MRL. Detta kan bero på att extraktionen av tungmetaller i foderanalyserna har gått till på olika sätt och på grund av detta kanske nivåerna av bly och kadmium i foder från studier i denna litteraturöversikt inte kan jämföras med SJV föreskrifter.

Slutsats

De största andelarna av intagna tungmetaller utsöndras med fekalerna, medan mindre delar av bly och kadmium tas upp i tunntarmen hos värphöns och slaktkycklingar för att vidare distribueras i kroppen. Ansamling av bly sker främst i benvävnad medan kadmium huvudsakligen lagras in i njurarna. Effekter på produktionen har setts genom reducerad tillväxt och minskad äggproduktion. Det finns inte någon överhängande risk för att ägg och kött från fjäderfå ska bli en källa till tungmetaller för människor då halterna i dessa livsmedel generellt är låga. Vid användandet av musselmjöl som proteinfodermedel till värphöns och slaktkycklingar är risken för intag av kadmium relativt liten. Dock bör resterande tungmetaller analyseras för att kunna göra en säker utvärdering av musselmjöl som fodermedel.

Referenser

- Barbier, O., Jacquillet, G., Tauc, M., Cougnon, M., Poujeol, P. 2005. Effect of heavy metal on, and handling by, the kidney. *Nephron Physiology* 99, 105-110.
- Baykov, B.D., Stoyanov, M.P., Gugova, M.L. 1996a. Lead and cadmium bioaccumulation in fowl eggs depending on different food concentrations. *Toxicological and Environmental Chemistry* 54, 149-154.
- Baykov, B.D., Stoyanov, M.P., Gugova, M.L. 1996b. Cadmium and lead bioaccumulation in male chickens for high food concentrations. *Toxicological and Environmental Chemistry* 54, 155-159.
- Berzina, N., Markovs, J., Isajevs, S., Apsite, M., Smirnova, G. 2007. Cadmium-induced enteropathy in domestic cocks: a biochemical and histological study after subchronic exposure. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* 101, 29-34.
- Bilal, T., Ercag, E. 2003. Retention of cadmium in the tissues of broiler chicks by dietary supplemental microbial phytase. *Veterinary Medicine Czech* 48 (7), 199-205.
- Blair, J.A., Coleman, I.P.L., Hilburn, M.E. 1979. The transport of the lead cation across the intestinal membrane. *The Journal of Physiology* 286, 343-350.
- Broman, D., Lindqvist, L., Lundbergh, I. 1988. Kadmium och zink i blåmussla, *Mytilus edulis*, i södra Bottenhavet och norra Östersjön. Naturvårdsverket, Rapport 3548.
- Doganoc, D.Z. 1996. Distribution of lead, cadmium, and zinc in tissues of hens and chickens from Slovenia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 57 (6), 932-937.
- EC. 2001. Commission regulation No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, Brussels.
- Edelstein, S., Fullmer, C.S., Wasserman, R.H. 1984. Gastrointestinal absorption of lead in chicks: Involvement of the cholecalciferol endocrine system. *The Journal of Nutrition* 114 (4), 692-700.
- Edens, F.W., Garlich, J.D. 1983. Lead-induced egg production decrease in Leghorn and Japanese quail hens. *Poultry Science* 62 (9), 1757-1763.
- Freeland, J.H., Cousins, R.J. 1973. Effect of dietary cadmium on anemia, iron absorption, and cadmium binding protein in the chick. *Nutrition Reports International* 8, 337-347.
- Goyer, R.A. 1997. Toxic and essential metal interactions. *Annual Reviews Nutrition* 17, 17-50.
- Hallak, A.K. 2007. Bioaccumulation and distribution of lead and cadmium in hen's organism. *Proceedings of 13th International Congress in Animal Hygiene, Tartu, Estonia 17-21 June 1*, 332-336.
- Hallak, A.K., Baykov, B., Kirov, K. 2007. Influence of lead and cadmium on productivity of laying-hens. *Proceedings of 13th International Congress in Animal Hygiene, Tartu, Estonia 17-21 June 1*, 314-317.
- Jönsson, L. 2009. Mussel meal in poultry diets – with focus on organic production. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Department of Animal Nutrition and Management. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Jönsson, L. 2010. Personligt meddelande. Agr.Dr. Husdjurens Utfodring och Vård, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Klaassen, C.D., Liu, J., Choudhuri, S. 1999. Metallothionein: an intracellular protein to protect against cadmium toxicity. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* 39, 267-294.
- Kojima, Y., Kägi, J.H.R. 1978. Metallothionein. *Trends in biochemical sciences* 3 (4), 90-93.
- Kollberg, S., Ljungqvist, L. 2005. Musslor som livsmedel och råvara inom lantbruket.
- KRAV, 2009. Regler för KRAV-certifierad produktion. Utgåva januari 2009.
- Leach, R.M. Jr., Wang, K.W., Baker, D.E. 1979. Cadmium and the food chain: The effect of dietary cadmium on tissue composition in chicks and laying hens. *The Journal of Nutrition* 109, 437-443.

- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L-O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A-S., Svensson, J., Svensson, S., Syversen, I. 2005. Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish society. *Ambio* 34 (2), 131-138.
- Mykkänen, H.M., Wasserman, R.H., 1981. Gastrointestinal absorption of lead (203Pb) in chicks: influence of lead, calcium, and age. *The journal of nutrition* 111 (10), 1757-1765.
- Nationalencyklopedin, 2010. Tungmetall. <http://www.ne.se/lang/tungmetall> 2010-04-11,.
- Nilsson, J. 2009. Grundämnen och organiska miljögifter i blåmusslor från odlingar i Kalmarsund. Högskolan i Kalmar, Rapport 2009:1.
- Nishimura, M., Sakuta, M., Okamoto, K., Urakawa, N. 1974. Distribution and excretion of 115mCadmium and its transfer to egg and bone in laying female and estrogenized male Japanese quail. *Japanese Journal of Veterinary Science* 36 (2), 133-143.
- Rahman, S., Joshi, M.V. 2009. Effect of lead toxicity on growth and performance of broilers. *Tamilnadu Journal Veterinary & Animal Sciences* 5 (2), 59-62.
- Rehnstam-Holm, A-S., Hernroth, B. 2005. Shellfish and public health: A Swedish perspective. *Ambio* 34 (2), 139-144.
- Saly, J., Baranova, D., Pesek, L., Sevcikova, Z., Koscik, D., Sutiak, V., Neuschl, J., Kremen, J. 2004. Effect of lead on health and productivity of layers. *Bulletin of the Veterinary Institute in Puławy* 48 (1), 75-80.
- Sato, S., Okabe, M., Kurasaki, M., Kojima, Y. 1996. Metallothionein in the ovaries of laying hens exposed to cadmium. *Life Science* 58 (18), 1561-1567.
- Sell, J.L. 1975. Cadmium and the laying hen: Apparent absorption, tissue distribution and virtual absence of transfer into eggs. *Poultry Science* 54 (5), 1674-1678.
- Shulkin, V.M., Presley, B.J., Kavun, V.Ia. 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. *Environment International* 29 (4), 493-502.
- SJVFS, 2006:81. Svenska Jordbruksverkets Föreskrifter. Gränsvärden för främmande ämnen i foder. Saknr. M 39, Bilaga 11.
- Vos, G., Lammers, H., Kan, C.A., 1990. Cadmium and lead in muscle tissue and organs of broilers, turkeys and spent hens and in mechanically deboned poultry meat. *Food Additives and Contaminants* 7 (1), 83-91.
- White, D.H., Finley, M.T. 1978. Uptake and retention of dietary cadmium in Mallard ducks. *Environmental Research* 17 (1), 53-59.
- Zalups, R.K. 2000. Molecular interactions with mercury in the kidney. *Pharmacological Reviews* 52 (1), 113-143.
- Zhang, J., Fu, Y., Li, J., Wang, J., He, B., Xu, S. 2009. Effects of subchronic cadmium poisoning on DNA methylation in hens. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 27, 345-349.

Nr	Titel och författare	År
301	Mykotoxiner och deras effekt på hästens hälsa Mykotoxins and their effects on horse health 15 hp C-nivå Helen Pilskog	2010
302	Olika mastitpatogenerns inverkan på mjölk kvalitet och juverhälsa Different mastitis pathogens impact on milk quality and udder health 15 hp C-nivå Sara Andersson	2010
303	Reproduktion och odling av ål The reproduction and culture of eel 15 hp C-nivå Pernilla Norberg	2010
304	En översikt av kvävetets kretslopp i vall, mjölkkor och gödsel - hur kan vi minimera miljöpåverkan? An overview of nitrogen cycling in ley, dairy cows and manure – how do we minimize the effects on the environment? 15 hp C-nivå Cecilia Stattin	2010
305	Inhemsk trindsäd i fodret till suggor och smågrisar Domestic leguminous plants in the feed for sows and piglets 15 hp C-nivå Joanna Oliver	2010
306	Kostfibers betydelse för grisars välfärd The importance of dietary fibre for the welfare of pigs 15 hp C-nivå Pernilla Hultman	2010
307	Vaktelproduktion för ägg och kött Quail production for eggs and meat 15 hp C-nivå Lisa Andersson	2010
308	Renskötseln i Sverige ur ett historiskt perspektiv The reindeer husbandry in Sweden from a historical perspective 15 hp C-nivå Karolina Björck	2010
309	Urea som kvävekälla till växande ungnöt Urea as a nitrogen source for growing cattle 15 hp C-nivå Sofia Åström	2010
310	Metoder för hullbedömning av hästar Methods for body condition assessment in horses 15 hp C-nivå Eva Andersson	2010

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 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.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet

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