



Biokol i foder till värphöns och slaktkycklingar

Victor Mattsson

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Husdjurens utfodring och vård
Agronomprogrammet - husdjur
Uppsala 2023



Biokol i foder till värphöns och slaktkycklingar

Biochar in feed for laying hens and chickens

Victor Mattsson

Handledare: Helena Wall, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Examinator: Emma Ivarsson, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Agronomprogrammet-Husdjur

Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2023

Nyckelord: biokol, foder, värphöns, kyckling, produktionsegenskaper

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Sammanfattning

Inom produktionen av kyckling och ägg så är fodret den absolut största kostnaden. Ett bra foder är viktigt för att uppnå en bra produktion. Detta har medfört att lantbrukare och forskare har letat efter alternativa foderråvaror och tillsatser som kan bidra med positiva effekter på djuren för att få en högre produktion. Detta har tagit ytterligare fart då många länder börjar förbjuda användningen av antibiotika som ett tillväxtfrämjande medel. En råvara som har fått alltmer intresse under 2010-talet är biokol. Biokol är en typ av kol som bildas genom att organiska ämnen genomgår en pyrolysisprocess. Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka vilken effekt biokol i foder kan ha på värphöns och kycklingar samt vilken inblandningsnivå som är optimal. Resultaten av denna litteraturstudie visar på att biokol kan ha en positiv effekt på tillväxten hos kycklingar och värphöns och även ha en positiv effekt på äggproduktionen. Även adsorptionen av vissa ämnen, som till exempel polyklorerade dibensodioxiner (PCDDs) minskar av biokol. Det krävs dock mer forskning kring vilken effekt biokol har på värphöns och kycklingar samt även om vilken inblandningsnivå som är optimal.

Nyckelord: biokol, foder, värphöns, kyckling, slaktkyckling, produktionsegenskaper

Abstract

Feed costs are the biggest expense in production of eggs and chicken. A good feed is also important to obtain a good production of eggs and chicken. This has resulted in that farmers and scientist have been searching for feed and feed additives that can contribute with positive effects on the production animals to increase production. This has received more traction because of the ban of antibiotics as a growth promoter that many countries have instated. Biochar is a material that have received more attention since the 2010s. Biochar is a charcoal which is created through pyrolysis of organic matter. The aim of this literature study is to examine what effect biochar in feed has on laying hens and chickens. The result from this study shows that biochar can have a positive effect on the growth of broilers. The production of eggs can also be positively affected. The adsorption of some toxic substances such as polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) can be reduced when biochar is included in the feed. Further studies regarding biochar in feed to laying hens and chickens are needed to fully understand the effect of biochar in feed and to be able to recommend optimal inclusion levels.

Keywords: biochar, feed, laying hens, broiler, chickens, production parameters

Innehållsförteckning

Introduktion	5
1.1 Foder.....	5
1.2 Användningsområden för biokol.	5
1.3 Syfte & frågeställning	6
1.4 Metod	6
Litteraturgenomgång	7
2.1 Biokol	7
2.2 Biokoleffekt på produktionsegenskaper	10
2.2.1 Kyckling.....	10
2.2.2 Värphöns.....	11
2.3 Bindning av ämnen av biokol	8
2.4 Effekter på tarmhälsan	9
2.5 Effekt på gödseln	12
Diskussion	13
Slutsats	16
Referenser.....	17
Tack	20

Introduktion

1.1 Foder

Inom produktionen av kyckling och ägg så är foder den absolut största kostnaden (Kana et al. 2011). Ett bra foder är viktigt för att ha en bra produktion med effektiva och hälsosamma djur. Fodertillsatser och vissa foderråvaror med särskilda egenskaper kan ofta ge foderblandningen ett högre pris men samtidigt tillföra positiva effekter som bidrar till friskare djur som producerar mer (Kana et al. 2011). Antibiotika har länge varit en vanlig tillsats i foder för att få en bättre tillväxt (Kana et al. 2011). Dock börjar allt fler länder förbjuda användningen av antibiotika i tillväxtfrämjande syfte (Kana et al. 2011). Till exempel så var Sverige år 1986 första landet att förbjuda antibiotika i tillväxtfrämjande syfte (Wierup et al. 2019). Europeiska unionen förbjöd även antibiotika i tillväxtfrämjande syfte 2006 (Europaparlamentets och rådets förordning 2003/1831). Detta har medfört att forskare och lantbrukare runt om i världen börjat undersöka andra tillsatser men också fodermedel som skulle kunna ha en positiv effekt på livsmedelsproducerande djur (Kana et al. 2011). En råvara som fått mer och mer uppmärksamhet som foderingrediens de senaste åren är biokol (Schmidt et al. 2019).

1.2 Användningsområden för biokol

Biokol har använts under många århundranden, som en form av medicin till både djur och människor och ett sätt att förbättra jordkvalitén på åkrar (Schmidt et al. 2019). Under de senaste 20 åren har intresset för biokol vuxit inom forskningen och lantbruket (Thomsen 2022). Biokol används än idag för att förbättra jorden på åkrar. Studier har visat att tillsats av biokol till jorden gör den bland annat bättre på att hålla kvar näringsämnen, bättre på att hålla vatten samt att det kan motverka packning av jorden (Thomsen 2022). Khan et al. (2022) observerade att användningen av biokol som tillsats i gödslingsmedel gör det enklare för spannmål att ta upp kväve samt att avkastningen ökar. Tillsatsen av biokol i strömedel och i gödsel minskar nivån av ammoniak som avgår ut i luften (Schmidt et al. 2019). Detta gör även att gödseln blir ett bättre gödslingsmedel då det håller kvar mer av sitt kväveinnehåll (Schmidt et al. 2019). Under 2010-talet växte intresset för att

tillsätta biokol i foder till våra produktionsdjur för att få friskare djur och en mer hållbar produktion ur både ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv (Schmidt et al. 2019). Studier har visat på att biokol i foder kan ha positiva effekter på tillväxten och foderomvandlingsförmågan på flera olika djurslag som till exempel grisar och slaktkycklingar (Schubert et al 2021; Kana et al. 2011).

1.3 Syfte & frågeställning

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka vilken effekt tillsats av biokol i foder kan ha på slaktkycklingar och värphöns och undersöka vilken inblandningsnivå som är optimal. Frågeställningen är följande: Vilken effekt har biokol på värphöns och kycklingar?

1.4 Metod

Detta arbete är en självständig litteraturstudie. Arbetet är till största del sammanställt av olika vetenskapliga artiklar som har tagits från olika databaser som till exempel Scopus, Pubmed och Google scholar.

Litteraturgenomgång

2.1 Biokol

Biokol är en form av kol som framställs genom att organiska material, som till exempel trä eller halm från spannmål, hettas upp i en miljö med lite eller inget syre alls. Denna process kallas pyrolys och sker under höga temperaturer mellan 350 och 1000 grader Celsius. Pyrolysisprocessen kan pågå i endast några sekunder eller i flera timmar. Tiden beror på vilken temperatur processen utförs vid samt hur mycket material som hettas upp. Under pyrolysen avgår det olika gaser som till exempel vätgas och kolmonoxid. Det bildas även bioolja från det organiska materialet och kvar blir det porösa biokolet. Det är viktigt att ha en inert atmosfär eller att snabbt sänka temperaturen för att undvika att biokolet och resten av produkterna fattar eld (Thomsen 2022).

Värmen och biooljan som avgår under pyrolysen kan användas för att uppvärma bostäder. Gaserna kan användas för att framställa drivmedel. Biokolet kan användas för många olika ändamål (Thomsen 2022). Det är dock viktigt att veta att olika biokol har olika egenskaper då olika biomassor som används kommer ge biokolet olika egenskaper (Tomczyk et al. 2020). En biomassa med hög nivå av lignin är fördelaktigt över en biomassa med hög nivå av cellulosa. Detta beror på att cellulosa bryts ner lättare och vid lägre temperaturer än lignin, vilket medför att mer pyrolytisk ånga avgår från biomassa med hög nivå av cellulosa än från biomassa med hög nivå av lignin och avkastningen blir då mindre. Även biokolets yta och porositet påverkas av vilket material som används. Höga nivåer av cellulosa ger ett mer poröst biokol med en större area på ytan, vilket medför att adsorptionsförmågan ökar (Ahmad et al. 2014). Även biokolets pH-värde är sannolikt korrelerat till halten av lignin och cellulosa som finns i biomassan (Ronsse et al. 2013) Även pyrolysisprocessen påverkar biokolets egenskaper. Högre temperaturer vid pyrolysen resulterar i högre halter av kol, större ytarea samt ett högre pH-värde (Tomczyk et al. 2020).

Det finns olika organisationer som har frivilliga standarder för certifiering av biokol. Ett exempel är European Biochar Foundation. European Biochar

Foundation har flera olika EBC-klassningar som anger vilket användningsområde en omgång tillverkat biokol kan användas i (European Biochar Foundation 2023). De EBC klassningar som finns är EBC-FeedPlus, EBC-Feed, EBC-AgroOrganic, EBC-Agro, EBC-Urban, EBC-ConsumerMaterials och EBC-BasicMaterials. Klassningen är till för att säkerställa att biokol som används i olika sammanhang inte leder till att tungmetaller och gifter ackumuleras i till exempel jord eller livsmedel. EBC-FeedPlus och EBC-Feed är de klasser det sätts högst krav på. Dessa två klassningar är till för att säkerställa att kvalitén och produktionen av biokol är både säker och hållbar för att användas i djurfoder. De uppfyller alla EU:s regler för användning i djurfoder. EBC-FeedPlus tillskillnad från EBC-Feed uppfyller även alla EU:s krav för att kan användas som en tillsats till jorden. Ett av kraven för EBC-Feed och EBC-FeedPlus klassning är att biokolet endast får produceras av helt organiska och giftfria material. Föroreningar som till exempel metall och glas måste sorteras bort ur biokolet. Det är även krav på pyrolysisprocessen och krav på gränsvärden som inte får överstigas av vissa ämnen som till exempel tunga metaller och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) (European Biochar Foundation 2023). Om ett biokol uppnår kraven för denna typ av certifiering uppnår det även kraven för att användas i djurfoder inom EU och EFTA (European Biochar Foundation 2023).

2.2 Bindning av ämnen av biokol

En oro med att använda biokol i foder är att biokolet ska binda till näringsämnen och förhindra djuren från att tillgodogöra sig dessa ämnen. Det har gjorts en del studier på detta som visar på att den bindande förmågan kan vara både en fördel och en nackdel (McCafferty & Purswell 2023; Fujita et al. 2012; Prasai et al. 2017).

McCafferty & Purswell (2023) observerade att den ileala skenbara smältbarheten var 10% lägre för 15 dagar gamla slaktkycklingar som utfodrades med 2% pistagenötsskalsbiokol jämfört med kontrollgruppen. Denna skillnad minskade dock under experimentets gång och efter dag 29 kunde det inte observeras någon skillnad i den ileala skenbara smältbarheten mellan de två grupperna. I en studie av Kutulu et al. (2001) fanns det mer fett i träcken hos slaktkycklingarna som konsumerat biokol av träflis. Det kunde också observeras att mängden fett i träcken ökade linjärt efter hur mycket biokol som fanns i fodret.

Foder kontaminerat med mykotoxiner burkar oftast hämma äggproduktionen hos värphöns. Prasai et al. (2017) observerade att antalet ägg som producerades av en grupp om 4 hönor som var 43 veckor gamla var 24,57 i veckan. Efter vecka 43 och i 5 veckor framåt utfodrades dem med ett foder kontaminerat med mykotoxiner och 2% biokol tillverkat av ”woody green waste”. Efter 5 veckor hade antalet

producerade ägg i veckan minskat till 22,57. En kontrollgrupp producerade 24,97 ägg i veckan när det var 43 veckor gamla. Efter vecka 43 och 5 veckor framåt fick denna grupp endast foder kontaminerat med mykotoxiner. Detta resulterade i att denna grupp endast producerade 20,97 ägg i veckan. Vilket resulterade i att värphönsen med biokol i fodret signifikant producerade fler ägg. Detta tyder på att biokol binder till mykotoxiner och minskar den hämmande effekten. En inblandningsnivå på 0,1% av ospecificerat träbiokol i foder innehållande av aflatoxiner, minskade den negativa effekten av aflatoxinerna på slaktkycklingars tillväxt (Dalvi & McGowan 1984).

Fujita et al. (2012) utförde en studie där värphöns medvetet utfodrades med foder kontaminerat av polyklorerade dibensodioxiner (PCDDs) och polyklorerad furan (PCDFs). I gruppen som endast fick det kontaminerade fodret överskreds EU:s gränsvärden för dessa dioxiner i ägg och nivåerna ökade under produktioncykeln. PCDD och PCDF nivåerna i ägg från värphöns som fick 0,5% ospecificerat biokol inblandat i det kontaminerade fodret ökade inte under experimentets gång och låg under EU:s gränsvärden. Även bioackumuleringen av dioxiner i äggen minskade av biokolet (Fujita et al. 2012). Detta tyder på att biokolet binder till dessa dioxiner och inhiberar deras skadliga effekt. Fujita et al. (2012) kunde även observera att mängden vitaminer i äggen minskade om värphönsen konsumerat biokol, vitamin E minskade med 40% jämfört med kontrollgruppen.

2.3 Effekter på tarmhälsan

För att ha ett friskt djur med bra digestion är det viktigt att djuret har en gynnsam tarmmikrobiota som hjälper till med digestionen. Därför är det viktigt att undersöka om biokol har en negativ eller positiv effekt på såväl mångfalden som antalet mikrober i mag-tarmkanalen. Samtidigt finns det även flera ogynnsamma mikrober som kan påverka djuren negativt vilket gör det intressant att se om biokol kan minska antalet av dessa mikrober.

Goiri et al. (2021) observerade att 3% träflisbiokol i fodret inte hade någon påverkan, varken på både mängden och mångfalden av majoriteten av bakterierna i blindtarmen hos slaktkycklingar. Detta resultat stämmer överens med en studie från 2016, som även den visade att majoriteten av mikroberna i mag-tarmkanalen hos värphöns inte påverkas av 4% ”woody green waste” biokol (Prasai et al. 2016). I samma studie minskade mängden *Campylobacter* numerärt, men inte signifikant. Willson et al. (2019) observerade att mängden *Campylobacter* minskade signifikant vid en inblandningsnivå på 1% och 2% av ”woody green waste” biokol. Inblandningen av 1% biokol av risskal reducerade mängden *Escherichia coli* i träcken från hönor (Hien et al. 2018).

Utöver studier om hur biokol påverkar tarmmikrobiotan har det även gjorts studier på hur biokol påverkar tarmepitelet hos värphöns och slaktkycklingar (Prasai et al. 2017; Kana et al. 2011). En studie av Prasai et al. (2017) visade på att villushöjden och kryptdjupet i duodenum, jejunum and ileum hos 43 veckor gamla värphöns ökade signifikant om de haft 4% biokol av ”woody green waste” i fodret. Kana et al. (2011) observerade att 2% majskolvsbiokol i fodret minskade längden på tarmen hos 49 dagar gamla slaktkycklingar, dock var det inte signifikant. Däremot ökade tarmdensiteten (tarmvikt/tarmlängd) signifikant.

2.4 Biokolseffekt på produktionsegenskaper

Det har utförts många studier där det undersökts vilken effekt biokol blandat i foder har på slaktkycklingars och värphönors tillväxt, foderintag, foderomvandlingsförmåga (FCR) och äggproduktion. (Kana et al. 2011; Goiri et al. 2021; Prasai et al. 2017). Dessa studier har utförts på olika platser runt om i världen med olika förutsättningar för djurproduktion. Studierna har också gjorts på olika typer av biokol samt med olika inblandningsnivåer i fodret.

2.4.1 Kyckling

Kana et al. (2011) utförde en studie där ett parti biokol tillverkat av frön från *Canarium schweinfurthii* och ett annat parti tillverkat av majskolvar blandades i foder till slaktkycklingar. Studien visade att en inblandning på 0,2–0,6 % av biokol från antingen frön från *Canarium schweinfurthii* eller biokol från majskolvar ökade tillväxten och slaktkycklingarna vägde signifikant mer än kontrollgruppen utan biokol i fodret. Högre inblandningsnivåer av dessa biokol (0,8%, 1%) hade en negativ påverkan på den dagliga tillväxten (Kana et al. 2011). I samma studie av Kana et al. (2011) observerades det att foderintaget blev signifikant lägre vid inblandning majskolvsbiokolet. FCR påverkades inte signifikant av majskolvsbiokolet. Biokol tillverkat av *Canarium schweinfurthii* ökade foderintaget när biokolet låg på en inblandnings nivå mellan 0,2% och 0,6%. Vid högre inblandnings nivåer (0,8–1%), minskade i stället foderintaget jämfört med kontrollgruppen. Det blev ingen signifikant skillnad på FCR oavsett inblandningsnivå av *Canarium schweinfurthii* biokolet.

I en studie där foderblandningen till kycklingar utgjordes av 3% biokol tillverkat av träflis av ospecificerat träslag, minskade den dagliga tillväxten för kycklingarna med 2,6% under startperioden (dag 1–21) jämfört med kontrollgruppen (Goiri et al. 2021). Dock kunde Goiri et al. (2021) observera att kycklingarna hade en stor kompensatorisk tillväxt under dag 22 till dag 42. När studien slutfördes hade

kycklingarna med biokol i fodret i genomsnitt 4,6% högre slutvikt och 4,2% högre daglig tillväxt sett över hela testperioden jämfört med kontrollgruppen (Goiri et al. 2021). Foderintaget ändrades inte signifikant av biokol men FCR minskade med inblandningen av biokol i fodret under den senare delen av produktionscykeln. Under startperioden hade slaktkycklingarna högre FCR än kontrollgruppen.

En studie från 2023 visade att 0,5–2% pistagenötsskalsbiokol i fodret inte påverkade slaktkycklingars tillväxt (McCafferty & Purswell 2023). Detta resultat stämmer överens med en studie av Kaulus et al. (2020a) som inte heller observerade en signifikant effekt på den dagliga tillväxten hos slaktkycklingar som utfodrades med 2–4% biokol tillverkat av bokträ. Kutlu et al. (2001) observerade att slaktkycklingars tillväxt påverkades positivt fram till att kycklingarna var 28 dagar gamla när de utfodrades med 2,5%, 5% och 10% biokol gjort av ospecificerad träflis. Efter dag 28 observerades ingen positiv effekt på tillväxten

Inom slaktkycklingproduktionen är tillväxten av stor betydelse för en bra produktion men även kvalitén på köttet från kycklingarna har en stor betydelse för undvika att kassera. Därför har det gjorts många studier på hur biokol kan påverka köttkvalitén från kyckling (Jiya et al. 2014; Kutlu et al. 2001; Park & Kim 2001). Kolesterolnivån i köttet minskade hos slaktkycklingar som utfodrades med 0,5% biokol av kokosnötskal (Jiya et al. 2014). Biokol kan även öka mängden av mineraler i köttet. Park & Kim (2001) observerade att inbladningsnivå av på 0,6%, 0,9% och 1,2% ökade mängden av kalcium, magnesium och fosfor signifikant i köttet. Park & Kim (2001) observerade även att inbladningsnivåer av biokol på 0,6% och 0,9% signifikant ökade mängden av den enkelomättade fettsyran oljesyra och även mängden av arakidonsyra ökade. Kutlu et al. (2001) observerade ingen signifikant påverkan på mängden protein och fett i slaktkroppen från slaktkyckling som utfodrats med 2,5%, 5% och 10% träflisbiokol. Däremot ökade askmängden i slaktkroppen.

Kaulus et al. (2020a) utförde en sensoriskstudie som visade på att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan köttet från kycklingar som fått 2% biokol av bokträ i fodret jämfört med kycklingar som inte haft tillgång till biokol. En annan studie visade att olika sensoriska parametrar påverkades olika vid en iblandningsnivå av biokol på 1,5% av kokosnötskal. Till exempel fick smaken ett lägre betyg (Jiya et al. 2014).

2.4.2 Värphöns

En studie av Prasai et al. (2017) visade att 4% biokol tillverkat av ett material som beskrivs som ”a woody green waste” inbladat i foder till värphöns inte hade någon påverkan på hörnas vikt. I samma studie obesvarades det att foderintaget

minskade med 1,2% och FCR för äggproduktion sänktes med 8%. Kaulus et al. (2020b) observerade att inblandningen av 2–4% biokol gjort av bokträ i fodret ökade foderintaget med 4–6%, dock var ökningen inte signifikant. Kutlu et al. (2001) kunde inte observera en effekt på tillväxt, foderintag eller FCR för tillväxt av 1%, 2% och 4% biokol tillverkat av ek.

I en 7 veckor lång studie av Kutlu et al. (2001) observerades ingen effekt av 1%, 2% och 4% inblandningsnivå av biokol tillverkat av ekträ, på antalet producerade ägg från 34 veckor gamla värphöns. Även Prasai et al. (2017) visade en oförändrad äggproduktion med 1%, 2% och 4% inblandning av biokol tillverkat av ”woody green waste” i fodret till hönor utfodrade från att de var 21 veckor gamla fram till 43 veckors ålder. I en 13 veckor lång studie genomförd på 20 veckor gamla värphöns, utfodrades de med ett foder innehållande 1–2% biokol tillverkat av bokträ (Kaulus et al. 2020b). Hönorna som fick foder med biokol producerade 6% fler ägg än kontrollgruppen och medelvikten på äggen ökade med 2% när fodret innehöll 1% biokol och med 3% vid 2% biokol i fodret. Även Prasai et al. (2017) kunde observera att medelvikten på äggen ökade signifikant vid 2% och 4% biokol tillverkat av ”woody green waste” i fodret. I studien av Kutlu et al. (2001) påverkades inte äggmedelvikten av biokolet i fodret. Kutlu et al. (2001) observerade att färre ägg hade sprickor på skalén när hönsen hade 1%, 2% och 4% inblandningsnivå av biokol tillverkat av ek i fodret. Starkare skal och färre sprickor observerades även i en studie av Kaulus et al. (2020b).

Kaulus et al. (2020b) utförde en sensorisk studie där 75 olika personer fick smaka på hårdkokta ägg från värphöns som fått biokol i fodret och värphöns som inte haft tillgång till biokol. Denna studie visade att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan äggen avseende utseende, textur, lukt och smak (Kaulus et al. 2020b). Även Kutlu et al. (2001) kunde inte observera någon färgskillnad på äggens gula.

2.5 Effekt på gödseln

Biokol kan minska ammoniakemissionen från kycklingars ströbädd om det tillsätts i ströbädden (Agyarko-Mintah et al. 2017) Vilket gör det intressant att se om biokol i foder kan ha samma effekt på ammoniakemissionen från träcken.

I en studie av Prasai et al. (2018) minskade kväveinnehållet signifikant i träcken från värphöns jämfört med kontrollgruppen om 2 eller 4% ”woody green waste” biokol fanns i fodret. Det kunde även observeras att träcken höll kvar mer av kväveinnehållet efter kompostering jämfört med kontrollgruppen. Kalus et al. (2020a) observerade att ammoniakemissionerna från kycklingträck minskade signifikant av 2% biokol tillverkat av bokträ i fodret.

Diskussion

Flera olika studier har visat på olika resultat beträffande hur biokol påverkar kycklingars och hönors tillväxt. Detta kan bero på en rad olika faktorer. En stor skillnad mellan de olika studierna är att det använts olika typer av biokol. Som tidigare nämnts så är biokol en heterogen grupp och olika biokol har olika egenskaper som påverkar tillväxten hos slaktkycklingar på olika sätt. Utöver typen av biokol spelar även inblandningsnivån en stor roll i hur effekten av biokol i foder blir. Olika inblandningsnivåer har observerats sänka foderintaget av slaktkycklingar och värphönor vilket i sin tur kan påverka tillväxten negativt. Det sänkta foderintaget kan bero på att biokolet sänker smakligheten i fodret (Kutlu et al. 2001). Fodret kan även bli väldigt svart om det blandas med fodret vilket kan sänka motivationen för kycklingarna att konsumera fodret (Kutlu et al. 2001). Andra metoder för inblandningen av biokolet som till exempel att tillsätta det i pellets skulle kunna öka motivationen men mer forskning kring detta behövs. Foderomvandlingsförmågan förbättras av inkluderingen av biokol i fodret i många av studierna. Detta skulle även det kunna vara en förklaring till varför foderintaget minskar eftersom kycklingarna och hönorna inte behöver konsumera lika mycket foder för att upprätthålla en god tillväxt eller äggproduktion. En annan förklaring till varför olika studier visar på olika resultat kan bero på hur balanserat fodret som används i försöken är.

De stora skillnaderna på effekterna gör det svårt att bestämma en optimal inblandningsnivå och även svårt att förklara varför inblandningsnivåer ger den effekt de gör i fodret, till exempel observerade Kana et al. (2011) en ökad tillväxt vid en inblandningsnivå på 0,2% och en minskad tillväxt vid 0,8%. Goiri et al. (2021) kunde däremot observera en ökad tillväxt vid en inblandningsnivå av 3%. Det som går att se är att det verkar finnas ett samband mellan typen av biokol och inblandningsnivån för vilken effekt biokolet kommer att ha på bland annat tillväxten. Både Goiri et al. (2021) och Kutulu et al. (2001) observerade positiva effekter på tillväxten av biokol tillverkat av olika träslag, vilket kan tyda på att biokol tillverkat av trä är fördelaktigt i foder.

Park & Kim (2001) kunde observera en ökad mängd av olika fettsyror i köttet vilket tyder på att biokol ökar adsorptionen av fett dock visar studien av Kutulu et al.

(2001) på det motsatta då de kunde observera att mängden fett i träcken ökade linjärt med mängden biokol som fanns i fodret, vilket tyder på att biokol binder till sig fett och förhindrar hönsen från att bryta ner fett. Vad denna skillnad beror på är oklart men det kan bero på att olika typer av biokol samt olika inblandningsnivåer har använts i de båda studierna. En annan teori till varför utsöndringen av fett ökar i studien av Kutulu et al. (2001) är att gallsyror binder till biokol och kan på så sätt inte bryta ner fett som hönsen konsumerat (McCafferty & Purswell 2023). Den ökade fettutsöndringen kan vara förklaringen till varför Kutulu et al. (2001) kunde observera en ökad tillväxt i tidig ålder hos slaktkycklingar. Slaktkycklingar har en dålig förmåga att bryta ner fett vilket kan leda till problem i magtarmkanalen om kycklingarna konsumerat mycket fett (Kutulu et al. 2001). Även det mindre antal sprickor i äggen som uppstår när värphöns utfodras med biokol kan bero på den ökade utsöndringen av fett. När fett bryts ner kan fettsyror binda till mineraler och förhindra värphönsen från att absorbera mineralerna (Kutulu et al. 2001). På grund av att mer fett binder till biokol i stället för att brytas ner så finns det fler fria mineraler i magtarmkanalen som värphönsen kan absorbera, och använda för skalbildning (Kutulu et al. 2001). Kutulu et al. (2001) diskuterar även att det kan bero på att värphönsen får i sig mer mineraler från själva biokolet. Det finns dock en risk att biokol adsorberar mineraler och förhindrar hönsen från att absorbera dem.

Högre nivåer av mineraler i slaktkropparna kan vara en indikation på att biokol stimulerar adsorption av mineraler (Park & Kim 2001). Förklaringen till det lägre kväveinnehållet i träcken kan även det vara att biokol stimulerar adsorption av kväve (Prasai et al. 2018). Även den ökade villushöjden och kryptdjupet kan vara förklaringen till varför adsorptionen av vissa ämnen ökat, då tarmen får en större area att absorbera ämnen på (Prasai et al. 2017).

Däremot har andra studier visat på att mängden vitaminer i äggen minskar av biokol vilket tyder på att biokolet binder till sig vitaminer (Fujita et al. 2012). Detta kan ha stora konsekvenser för kycklingars utveckling i äggen. Minskad nivå av vitaminer och mineraler i ägg kan minska tillväxten hos kycklingar och göra dem mindre livskraftiga (Parolini et al. 2015). I en studie av Parolini et al. (2015) observerades det att en lägre nivå av vitamin E i befruktade ägg minskade tillväxten av kycklingarna i ägget och även efter att de kläckts.

Biokolets bindande effekt på olika ämnen kan även påverka tillväxten och hälsan hos kycklingar och höns positivt. Biokol kan binda till bland annat antinutriella substanser och mykotoxiner och hämma den skadande effekten av dessa ämnen och därmed öka tillväxten (Kutulu et al. 2001). Studien av Prasai et al. (2017) tyder även på att äggproduktionen påverkas positivt av att biokolet kan binda till mykotoxiner. Minskat antal patogena bakterier som tex *Campylobacter* hos höns

som fått biokol visar på att biokol har en hämmande effekt på dessa bakterier men det är oklart exakt varför den hämmande effekten uppstår (Willson et al. 2019). Detta gör även att biokol i viss utsträckning skulle kunna användas i stället för antibiotika för att motverka patogena bakterier. Det är positivt att flera studier kunde observera att majoriteten av tarmmikrobiotan inte påverkas av biokol men att vissa patogena bakterier blir påverkade. En oförändrad tarmmikrobiota innebär att digestionen kan fortsätta att ske obehindrad tillskillnad från om till exempel antibiotika används då antibiotika även påverkar de gynnsamma mikroberna negativt (Prasai et al. 2017). Det minskade antalet av patogena bakterier som *Campylobacter* i kyckling ökar även livsmedels säkerheten. Biokol kan även trygga livsmedelsförsörjningen, eftersom produktionen av kött och ägg kan öka utan att djuren behöver mer foder vilket även gör produktionen mer hållbar då mer kött och ägg kan produceras på kortare tid. Biokol har även minskat förekomsten av PCDDs i ägg vilket även det visar på att biokol kan binda till sig gifter och öka livsmedels säkerheten (Fujita et al. 2012). Det finns idag strikta gränsvärden för till exempel PCDDs och mykotoxiner. Biokolets förmåga att minska både förekomsten och effekten av sådana ämnen skulle på sikt kunna leda till att lagstiftade gränsvärden skulle kunna ändras om biokol används i fodret och på så sätt ge möjlighet till att nya råvaror kan användas i foder. Det skulle även göra det möjligt att använda sig av spannmål kontaminerat med mykotoxiner och aflatoxiner i foder utan att skada djuren, i stället för att kassera spannmålet, vilket även det bidrar till en mer hållbar produktion ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv.

Det krävs mer forskning kring biokol i foder för att bättre förstå hur biokol påverkar värphöns och kycklingar samt även klargöra mekanismerna bakom eventuella skillnader. Speciellt kring biokolets adsorptions förmåga då den kan medföra stora risker för produktionsdjuren. Det krävs även mer forskning kring olika typer av biokol och inblandningsnivåer för att undersöka vad som är optimalt.

Slutsats

Slutsatsen som kan dras av denna litteraturstudie är att biokol har en stor potential i foder till kycklingar och värphöns. Biokolet kan påverka produktionen positivt på flera sätt. Det råder dock fortfarande osäkerheter kring hur biokolet faktiskt påverkar värphöns och slaktkycklingar och varför dessa effekter uppstår. Därför behövs det mer forskning kring biokolets effekt på djuren samt vilken inblandningsnivå och typ av biokol som är optimalt i foder till värphöns och kycklingar.

Referenser

- Agyarko-Mintah, E., Cowie, A., Van Zwieten, L., Singh, B.P., Smillie, R., Harden, S. & Fornasier, F. (2017). Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 61, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.009>
- Ahmad, M., Lee, S.S., Lim, J.E., Lee, S.-E., Cho, J.S., Moon, D.H., Hashimoto, Y. & Ok, Y.S. (2014). Speciation and phytoavailability of lead and antimony in a small arms range soil amended with mussel shell, cow bone and biochar: EXAFS spectroscopy and chemical extractions. *Chemosphere*, 95, 433–441 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.077>
- Dalvi, R.R. & McGowan, C. (1984). Experimental induction of chronic aflatoxicosis in chickens by purified aflatoxin B1 and its reversal by activated charcoal, phenobarbital, and reduced glutathione. *Poultry science*, 63 (3), 485–491 <https://doi.org/10.3382/ps.0630485>
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2003/1831 av den 22 september 2003 om tillsatser för användning inom djurnäring (OJ L 268, 18.10.2003, p. 29–43) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32003R1831>
- European Biochar Certificate (2023) European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. (Version 10.3, 5 April 2022). Frick: Carbon Standards International (CSI) https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_3.pdf
- Fujita, H., Honda, K., Iwakiri, R., Guruge, K.S., Yamanaka, N. & Tanimura, N. (2012). Suppressive effect of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls transfer from feed to eggs of laying hens by activated carbon as feed additive. *Chemosphere*, 88 (7), 820–827 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.088>
- Goiri, I., Ruiz, R., Atxaerandio, R., Lavin, J.L., de Otálora, X.D. & García-Rodríguez, A. (2021). Assessing the potential use of a feed additive based on biochar on broilers feeding upon productive performance, pH of digestive organs, cecum fermentation and bacterial community. *Animal Feed Science and Technology*, 279, 115039 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115039>.
- Hien, N.N., Dung, N.N.X., Manh, L.H. & Le Minh, B.T. (2018). Effects of biochar inclusion in feed and chicken litter on growth performance, plasma lipids and fecal bacteria count of Noi lai chicken. *Livestock Research for Rural Development*, 30 (7)
- Jiya, E.Z., Ayanwale, A.B., Adeoye, B.A., Kolo, P.S., Tsado, D.N. & Alabi, O.J. (2014). Carcass yield, organoleptic and serum biochemistry of broiler chickens fed activated charcoal.
- Kalus, K., Konkol, D., Korczyński, M., Koziel, J.A. & Opaliński, S. (2020a). Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH3 and

- odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals*, 10 (9), 1539
<https://doi.org/10.3390/ani10091539>
- Kalus, K., Konkol, D., Korczyński, M., Koziel, J.A. & Opaliński, S. (2020b). Laying hens biochar diet supplementation—effect on performance, excreta N content, NH₃ and VOCs emissions, egg traits and egg consumers acceptance. *Agriculture*, 10 (6), 237
<https://doi.org/10.3390/agriculture10060237>
- Kana, J.R., Teguaia, A., Mungfu, B.M. & Tchoumboue, J. (2011). Growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets supplemented with graded levels of charcoal from maize cob or seed of *Canarium schweinfurthii* Engl. *Tropical animal health and production*, 43, 51–56
<https://doi.org/10.1007/s11250-010-9653-8>
- Khan, M.A., Basir, A., Fahad, S., Adnan, M., Saleem, M.H., Iqbal, A., Al-Huqail, A.A., Alosaimi, A.A., Saud, S. & Liu, K. (2022). Biochar optimizes wheat quality, yield, and nitrogen acquisition in low fertile calcareous soil treated with organic and mineral nitrogen fertilizers. *Frontiers in Plant Science*, 13
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.879788>
- Kutlu, H.R., Ünsal, I. & Görgülü, M. (2001). Effects of providing dietary wood (oak) charcoal to broiler chicks and laying hens. *Animal feed science and technology*, 90 (3–4), 213–226
[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00205-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00205-X)
- McCafferty, K.W. & Purswell, J.L. (2023). Applied Research Note: Effects of various concentrations of supplemental biochar on ileal digestible energy and live performance of broilers during an 8-wk production period. *Journal of Applied Poultry Research*, 32 (1), 100323
<https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100323>
- Park, C.I. & Kim, Y.J. (2001). Effect of additions of supplemental activated carbon on the fatty acid, meat color and minerals of chicken meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 21, 285–291
- Parolini, M., Romano, M., Caprioli, M., Rubolini, D. & Saino, N. (2015). Vitamin E deficiency in last-laid eggs limits growth of yellow-legged gull chicks. *Functional Ecology*, 29 (8), 1070–1077
<https://doi.org/10.1111/1365-2435.12412>
- Prasai, T. P., Walsh, K. B., Bhattarai, S. P., Midmore, D. J., Van, T. T., Moore, R. J., & Stanley, D. (2016). Biochar, bentonite and zeolite supplemented feeding of layer chickens alters intestinal microbiota and reduces campylobacter load. *PLoS One*, 11(4), e0154061.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154061>
- Prasai, T.P., Walsh, K.B., Midmore, D.J. & Bhattarai, S.P. (2017). Effect of biochar, zeolite and bentonite feed supplements on egg yield and excreta attributes. *Animal Production Science*, 58 (9), 1632–1641
<https://doi.org/10.1071/AN16290>
- Prasai, T.P., Walsh, K.B., Midmore, D.J., Jones, B.E. & Bhattarai, S.P. (2018). Manure from biochar, bentonite and zeolite feed supplemented poultry: Moisture retention and granulation properties. *Journal of environmental management*, 216, 82–88
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.040>
- Ronsse, F., Van Hecke, S., Dickinson, D. & Prins, W. (2013). Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *Gcb Bioenergy*, 5 (2), 104–115
<https://doi.org/10.1111/gcbb.12018>
- Schmidt, H.-P., Hagemann, N., Draper, K. & Kammann, C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*, 7, e7373
<https://doi.org/10.7717/peerj.7373>
- Schubert, D.C., Chuppava, B., Witte, F., Terjung, N. & Visscher, C. (2021). Effect of two different biochars as a component of compound feed on nutrient

- digestibility and performance parameters in growing pigs. *Frontiers in Animal Science*, 2, 633958 <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.633958>
- Thomsen, T. (2022). Introduction to Production and Use of Biochar 2022:-working towards a more circular and bio-based Danish economy.
- Tomczyk, A., Sokolowska, Z. & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19, 191–215 <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
- Wierup, M., Wahlström, H. & Bengtsson, B. (2021). Successful Prevention of Antimicrobial Resistance in Animals—A Retrospective Country Case Study of Sweden. *Antibiotics*, 10 (2), 129. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10020129>
- Willson, N.-L., Van, T.T., Bhattarai, S.P., Courtice, J.M., McIntyre, J.R., Prasai, T.P., Moore, R.J., Walsh, K. & Stanley, D. (2019). Feed supplementation with biochar may reduce poultry pathogens, including *Campylobacter hepaticus*, the causative agent of Spotty Liver Disease. *PLoS One*, 14 (4), e0214471 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214471>

Tack

Ett stort tack till Helena Wall som varit handledare till detta arbete och hjälp till med arbetets innehåll och struktur

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.