



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap

Insekter – ett resurseffektivt hundfoder?

Insects – a resource-efficient dog food?

Jannica Helmersson



Självständigt arbete • 15 hp

Agronom - husdjur

Institutionen för husdjurens utfodring och vård, HUV

Uppsala 2019

Insekter – ett resurseffektivt hundfoder?

Insects – a resource-efficient dog food?

Jannica Helmersson

Handledare: Markus Langeland, 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: Grund G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård, HUV
Kurskod: EX0865
Program/utbildning: Agronom - husdjur

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2019
Omslagsbild: Josch Nolte <https://pixabay.com/sv/photos/hund-bel%C3%B6ning-hundmat-mat-2048135/>
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Hermetia illucens, amerikansk vaperfluga, amerikansk soldatfluga, black soldier fly, insekter, hundfoder, proteinfodermedel, resurseffektivitet

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård, HUV
Avdelningen för enkelmagade djur

Sammanfattning

En ökande hundpopulation ökar även behovet av att finna nya födokällor för produktion av hundfoder. En tredjedel av den mat som produceras till humankonsumtion slängs. För att öka den cirkulära biobaserade ekonomin kan insekter uppväxta på olika restströmmar användas som råvara i foder. I denna litteraturstudie undersöks möjligheten att använda amerikansk vapenfluga (AVF; *Hermetia illucens*), även kallad black soldier fly, som proteinråvara i hundfoder. Hundar har ett behov av att essentiella aminosyror tillförs via födan för en god tillväxt och hälsa. Amerikansk vapenfluga visar sig innehålla proteiner av hög kvalitet och studier tyder på att aminosyror har en hög smältbarhet hos hundar. Den första begränsande aminosyran vid utfodring av amerikansk vapenfluga som enda proteinråvara visar sig vara kombinationen av metionin och cystein. Beroende på fodrets tillverkningsmetod kan det vara lämpligt att komplettera proteinfodermedlet med andra animaliska proteinråvaror. För att uppnå en så hög resurseffektivitet som möjligt bör kompletteringen ske med råvaror som inte konkurrerar med human föda. Vidare forskning kan göra det möjligt att använda flera olika restströmmar som substrat i insektsproduktionen och även ge mer information om effekterna av att använda amerikansk vapenfluga i ett hundfoder.

Abstract

An increasing dog population also increases the need to find new food sources for dog food production. One third of the produced food for human consumption is discarded. To increase the circular biobased economy, insects grown on different residual streams can be used as raw product in food. In this literature study, the possibility of using black soldier fly, also called amerikansk vapenfluga (AVF; *Hermetia illucens*), as protein raw product in dog food is examined. Dogs have a need for essential amino acids to be concluded in food for good growth and health. AVF turns out to contain high quality proteins and studies indicate that the amino acids have a high digestibility in dogs. The first limiting amino acid when feeding AVF as the only protein raw product is found to be the combination of methionine and cysteine. Depending on the feed process it can be suitable to supplement the protein feedstuff with other animal protein raw products. To achieve the highest possible resource effectivity, the supplement should be made with protein raw products that do not compete with human food. Further research can make it possible to use multiple residual streams as a substrate in the insect production and provide more information about the effects of using AVF in a dog food.

Introduktion

I Europa finns det närmare 85 miljoner hundar vilket är en ökning med 11 miljoner från år 2010 (Statista, 2019b). År 2000 fanns det 68 miljoner hundar i USA vilket ökade till 89,7 miljoner år 2017 (Statista, 2019a). Antalet hundar i Sverige skattades till 729 000 år 2006 (Statistiska centralbyrån, SCB; 2012) och antalet registrerade hundar uppgår idag till närmare 930 000 (Jordbruksverket, 2019b). Behovet av att finna nya, mer resurseffektiva, födokällor till både människor och djur växer sig starkare då vi lever över jordens resurser (Global Footprint Network, 2019). Detta tyder på ett behov av att stärka den cirkulära biobaserade ekonomin. I flera delar av världen ingår insekter i människans matkultur (Bukkens, 1997). Det har pågått en hel del forskning om insekter och dess potential att ersätta andra proteinfodermedel som fiskmjöl och sojamjöl till livsmedelsproducerande djur (Supriyatna *et al.*, 2018; Lalander *et al.*, 2013; Diener *et al.*, 2009; St-Hilaire *et al.*, 2007) samt ingå som proteinkälla i foder till hundar och katter (Kieronczyk *et al.*, 2018; Bosch *et al.*, 2014).

Innehållsförteckningar från kommersiella hundfoder vittnar om användning av animaliska biprodukter (Barf foder, 2019; Doggy, 2019; MUSH, 2019; VOM og hundemat, 2018), kyckling, nötkreatur, lax och lamm (Bozita, 2019; Hill's Pet Nutrition, 2018), kyckling, lax och lamm (Eukanuba, 2018) samt ägg och kött (ospecificerat) från bland annat gris, nötkreatur, kyckling och lamm (Doggy, 2019; MUSH, 2019). Vidare används även halsfilé av nöt och lamm (Barf foder, 2019) och köttrika kycklingben, mellanfilé av lax samt ägg (VOM og hundemat, 2018).

Enligt Lag (2006:805) om foder och animaliska biprodukter är det inte tillåtet att använda djur och animaliska biprodukter som foder. Undantag från denna lag finns för sällskapsdjur (Jordbruksverket, 2019c) och vattenlevande djur (EG nr 1069/2009). Användningen av animaliska biprodukter i hundfoder är ett effektivt sätt att ta tillvara på animalieprodukter som inte går till humankonsumtion. Att använda styckdetaljer av kött av humankvalitet eller ingredienser som fiskmjöl som skulle kunna användas till utfodring av matfisk kan anses vara ett dåligt utnyttjande av resurser. Att producera insekter, exempelvis amerikansk vapenfluga, till hundfoder skulle kunna vara ett mer resurseffektivt alternativ. I naturen lever många insekter på gödsel (Sheppard *et al.*, 1994) och studier har visat att amerikansk vapenfluga har förmågan att bryta ner nästan 75 % av näringen i gödseln och omvandla det till näringsrik biomassa användbart till högkvalitativt foder (Newton & Sheppard, 2007). Matavfall, slaktrester och vegetabilier är andra substrat som larver av amerikansk vapenfluga kan födas upp på (Lalander *et al.*, 2019). Näringsinnehållet i fluglarverna påverkas av substratets näringsinnehåll och mängd (Lalander *et al.*, 2019; Diener *et al.*, 2009; St-Hilaire *et al.*, 2007).

Globalt sett uppskattas att en tredjedel av maten som produceras för humankonsumtion slängs (FAO, 2011). Det handlar om 1,3 miljarder ton livsmedel årligen från fullt ätbara delar. Då insekter som har fötts upp räknas som produktionsdjur är det i nuläget inte tillåtet att utfodra dem med varken matavfall eller gödsel (Jordbruksverket, 2019a). Enligt foderhandläggare Eskilsson¹ på Jordbruksverket får insekter som föds upp utfodras med vegetabiliska biprodukter från livsmedelsindustrin om företaget är registrerat enligt EU-lagstiftningen, vilken utförs hos

¹ Klara Eskilsson, Jordbruksverket, telefonsamtal 2019-04-18.

Jordbruksverket. Liksom bland annat grisar får de även utfodras med animaliska biprodukter, exempelvis vassle, under särskilda villkor. Smittskydd ligger till grund för dessa restriktioner men med vidare forskning inom området tror Eskilsson att det finns en möjlighet till lagändring i framtiden.

En ökad svensk produktion av insekter till foder skulle minska transporter samtidigt som det ökar landets självförsörjningsgrad av foder och livsmedel. Då insekter inte ingår i västvärldens matkultur (Tan *et al.*, 2015) är det för närvarande inte en näringskälla som konkurrerar med human föda. Hundar behöver ett balanserat foder för en normal tillväxt och god hälsa. Behovet av protein, kolhydrater, fett, vitaminer och mineraler samt fodrets smaklighet är viktiga komponenter att ta hänsyn till i framställningen av ett hundfoder.

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka ifall ett proteinfodermedel med inblandning av amerikansk vapsfluga kan framställas för att motsvara hundars näringsbehov. Då avsikten är att insekterna huvudsakligen ska bidra som ett proteinfodermedel till hundfodret har större fokus ägnats åt hundars behov av proteiner och hur amerikansk vapsfluga främst kan tillgodose de behoven. Specifika frågeställningar är: Kan amerikansk vapsfluga fungera som enda proteinråvara i hundfoder eller utgöra en del av det? Finns det antinutritionella faktorer som begränsar användningen? Har utfodring med insekter några hälsomässiga för- eller nackdelar?

Hundens näringsbehov

Behov av energi, fett, vitaminer, mineraler och kolhydrater

Hundens energibehov uttrycks i omsättbar energi (metabolizable energy, ME) och underhållsbehovet för en vuxen aktiv sällskapshund kan beräknas enligt formen $544 \text{ kJ} \times \text{kroppsvikt i kg}^{0,75}$ (National Research Council, 2006). Fysiskt arbete, dräktighet, laktation, tillväxt och omgivningstemperatur påverkar energibehovet. Beräknat på torrsubstansbasis rekommenderar NRC (2006) att 10 % av ett foder till vuxna hundar med energidensiteten 16,7 MJ ME per kilo bör utgöras av protein och 5,5 % av fett. Med samma energidensitet i fodret är motsvarande andelar för valpar är 22,5 % protein och 8,5 % fett i åldern 4-14 veckor respektive 17,5 % och 8,5 % från 14 veckors ålder. Detta förutsätter att protein av hög kvalitet används, det vill säga protein med hög smältbarhet och bra aminosyrasammansättning. Vid användning av protein med låg kvalitet bör andelen protein i fodret öka. NRC (2006) har inga maximala proteingränser för varken valpar eller vuxna hundar men däremot en restriktion om att fetthalten i fodret inte bör överstiga 33 % oavsett ålder. Omega-6 och omega-3 fettsyror är essentiella för hund (Bilaga 2). Vitaminerna A, D, E och K samt B-vitaminer är också viktiga och rekommenderas att intas dagligen. Vidare är kalcium, fosfor, magnesium, natrium, kalium, klorid, järn, koppar, zink, mangan, selen och jod de mineraler som är viktiga att tillgodose i ett hundfoder. I näringstabeller utformade av NRC (2006) finns inga rekommendationer för dagligt intag av kolhydrater, varken för valpar eller vuxna hundar (Bilaga 2). Kolhydrater kan däremot fungera som en energikälla (NRC, 2006). Kostfiber tillför dock inte nämnvärt till energiförsörjningen då de inte upptas i hundens digestionskanal men de har bra egenskaper för att upprätthålla en god tarmhälsa (Fahey *et al.*, 2004) och för att tillföra mättnadskänsla (Fahey *et al.*, 2004; Brown, 1990).

Behov av protein

Proteiner är uppbyggda av aminosyror och är en viktig komponent i hundfoder då aminosyror behövs för kroppens egen proteinsyntes (NRC, 2006). Det är därmed mer korrekt uttryckt att hundar har ett behov av aminosyror, snarare än ett faktiskt proteinbehov. Proteinerna som bildas är livsviktiga och har flera funktioner i kroppen. Enzymer och hormonet insulin är proteiner (Ferrier, 2014). Celler är beroende av proteiner för att kunna kommunicera med andra celler och en del proteiner, exempelvis hemoglobin, fungerar som transportörer. Proteiner utgör även en viktig del av immunförsvaret samt reglerar cellfunktioner som metabolism och reproduktion. Vidare är de viktiga för muskeluppbyggnad och de ger struktur åt vävnader och celler. Proteiner kan klassificeras som fullständiga eller ofullständiga (Denniston, 2009). Fullständiga proteiner innehåller både essentiella och icke-essentiella aminosyror och erbjuds generellt från animalier i ungefär rätt mängd för biosyntesen. Vegetabilier bidrar däremot generellt med ofullständiga proteiner då de ofta saknar en eller flera essentiella aminosyror (Donadelli *et al.*, 2019; Denniston, 2009). Ett foder kan benämnas ha låg eller hög proteinkvalitet. Med proteinkvalitet menas effektiviteten hos fodrets aminosyror att omvandlas till vävnader (Brown, 1989). Proteinomvandlingsförmåga är ett mått på proteinkvalitet som mäter proteinets möjlighet att omvandlas till vävnad. Proteinkvaliteten påverkas av smältbarheten och effektiviteten är beroende av koncentrationen av de essentiella aminosyrorna i fodret. De tio essentiella aminosyrorna för valpar och vuxna hundar är arginin, histidin, isoleucin, metionin, leucin, lysin, fenylalanin, treonin, tryptofan och valin (Bilaga 2). Metionin är ofta den första eller andra begränsande aminosyran i ett hundfoder (NRC, 2006). Cystein bildas av metionin i kroppen och är därmed inte en essentiell aminosyra och är mindre viktig i fodret så länge det tillgodoser behovet av metionin. Detsamma gäller för fenylalanin och tyrosin då det icke essentiella tyrosinet bildas av fenylalanin.

Amerikansk vapenfluga (*Hermetia illucens*)

Ursprung, livscykel och näringsinnehåll

Amerikansk vapenfluga härstammar från Amerikas tropiska och subtropiska områden (Makkar *et al.*, 2014) men finns nu utbredd i de tropiska delarna av världen (Newton *et al.*, 2005). Ägg, larv, puppa och fluga är dess fyra livsstadier (Li *et al.*, 2011). En studie utförd av Sheppard *et al.* tyder på att amerikansk vapenfluga har tre generationer per år (1994). Larvstadiet har sex faser varav den sista kallas prepuppa (Banks, 2014). Näringsmaterial som kogödsel omvandlas effektivt till protein och fett av larverna (Li *et al.*, 2011). Larverna äter omätligt på substratet så fort de har kläckts och materialet processas mycket snabbt (Newton *et al.*, 2005). I en studie av Newton *et al.* (2005) användes 169 kg gödsel med en torrsubstansvikt på 67,8 kg till 45 000 larver. Detta resulterade i nästan 38 000 prepuppor att skörda, vilket gav 26,2 kg torrsubstans prepuppa till foder och 41,6 kg torrsubstans med gödselrester från larverna. Gödselrester kan fungera som högkvalitativ kompost (Supriyatna *et al.*, 2018) och är användbara tillsammans med lerjord eller ren sand vid växtodling (Newton *et al.*, 2005). Under ideala temperaturförhållanden och med god födotillgång kan prepuppastadiet nås inom två veckor från kläckning men upp till fyra veckor är inte ovanligt (Lalander *et al.*, 2013). Under sämre förhållanden kan larvstadiet pågå i upp till fyra månader (Diener & Zurbrugg, 2011). Tidigare har prepuppastadiet ansetts vara bäst för skörd eftersom den då söker efter en mörk och torr

plats och kan kravla sig upp på en ramp vilket underlättar uppsamlingen (Sheppard *et al.*, 1994). På senare tid har det däremot visat sig vara mer effektivt i en större produktion att skörda fluglarverna precis innan de går in i prepuppstadiet (Dortmans *et al.*, 2017). Vid denna tidpunkt har larverna uppnått maximal vikt och näringsvärde. Vidare innehåller larverna mindre kitin än pupporna och därmed har skörd innan prepuppstadiet även fördelar vid användning till foder eftersom det då blir mer lättsmält. Andelen råprotein i amerikansk vapenfluga kan lätt överskattas då kitin består av bland annat kväve (Janssen *et al.*, 2017). Lalander *et al.* (2019) observerade ett råproteininnehåll, som efter korrigering enligt Janssen *et al.* (2017) med avseende på kitininnehållet, varierade mellan 29,8-33,7 % torrsbstans i prepuppor utfodrade med olika substrat. Även andelen råfett i prepuppor varierar beroende på substrat och i studier utförda av Spranghers *et al.* (2017) och Newton *et al.* (2005) har den varierat mellan 21,8-38,6 % torrsbstans. Det är möjligt att påverka insekternas näringssammansättning genom att ge dem ett substrat som innehåller de fettsyror och mineraler som är önskvärda (Makkar *et al.*, 2014). Prepuppornas proteininnehåll i studierna av Lalander *et al.* (2019) och Spranghers *et al.* (2017) verkar däremot inte vara särskilt beroende av proteininnehållet i substraten. Amerikansk vapenfluga har en högre enzymaktivitet i både saliv och digestionsorgan i jämförelse med husflugan (*Musca domestica*) vilken möjliggör för en mer effektiv nedbrytning. (Kim *et al.*, 2011). En annan fördel med att använda amerikansk vapenfluga framför exempelvis husflugan är att amerikansk vapenfluga inte äter någon föda som vuxen utan överlever på de fettreserver som samlats under larvstadiet vilket medför att de inte är en sjukdomsspridande vektor (Banks, 2014). Som vuxen behöver amerikansk vapenfluga endast inta vatten (Li *et al.*, 2011).

Kitin och dess påverkan på råproteininnehållet i amerikansk vapenfluga

Insekters exoskelett består till stor del av aminopolysackariden kitin (Merzendorfer & Zimoch, 2003). Kitin innehåller 6,89 % kväve (Diener *et al.*, 2009). Andelen protein i kväve har sedan 1800-talet antagits vara 16 %, vilket ger omräkningsfaktorn 6,25 att multiplicera exempelvis ett livsmedels kväveinnehåll med för att uppskatta dess proteininnehåll (Mariotti *et al.*, 2008). Vid beräkning av insekters proteininnehåll kan denna faktor leda till en överskattning av innehållet eftersom insekter även innehåller icke proteinbundet kväve vilket huvudsakligen utgörs av kitin (Janssen *et al.*, 2017). I en studie utförd av Janssen *et al.* (2017) visade sig faktorn 4,76 ge en mer korrekt uppskattning av andelen protein i insekter. För att korrigera detta i studier där råproteininnehållet i prepuppor har uppskattats med faktorn 6,25 kan andelen råprotein minskas med 23,86 %, vilket har utförts i Bilaga 1.

Olika restströmmars potential som substrat till insektsproduktion

Exempel på substrat som larven kan tillgodogöra sig av är frukt- och grönsaksrester (Lalander *et al.*, 2019; Jucker *et al.*, 2017), matavfall (Lalander *et al.*, 2019; Spranghers *et al.*, 2017), rötresten från biogasjäsning (Spranghers *et al.*, 2017), rötresten från avloppsslam, slaktrester samt gödsel från exempelvis fjäderfä, människa (Lalander *et al.*, 2019) och gris (Newton *et al.*, 2005). Lalander *et al.* (2019) jämförde ett flertal olika restströmmar som substrat till amerikansk vapenfluga, till vilket ett urval visas i Bilaga 1. Artikelförfattarna sammanfattar deras studie med att under förutsättning att den totala halten flyktiga organiska föreningar och kvävehalten är tillräckligt höga för att stödja larvutveckling kan amerikansk vapenfluga växa på en mängd

olika organiska restströmmar. Då dessa insekter räknas som produktionsdjur är det inte tillåtet att utfodra dem med varken matavfall, vissa animaliska produkter eller gödsel (Lag (2006:805) om foder och animaliska biprodukter). Vegetabiliska biprodukter är ett aktuellt alternativ tills en eventuell lagändring gör det möjligt att använda fler substrat.²

Vegetabiliska biprodukter

Tre vegetabiliska substrat till produktion av prepuppor av amerikansk vaperfluga jämfördes i en studie av Jucker *et al.* (2017). Dessa var frukt, grönsaker samt en mix av frukt och grönsaker. Alla tre substraten ansågs vara lämpliga för produktion då de alla resulterade i en avslutad utveckling från larv till prepuppa med en låg mortalitet som inte skiljde signifikant mellan substraten. Resultatet av studien tyder på att fettsyrasammansättningen i insekterna påverkas av den i substratet. Inget av substraten visades däremot vara tillräcklig näringsmässigt för att stödja en optimal äggproduktion. Studien visar att fluglarverna kan tillgodogöra sig av vegetabilier med lågkvalitativt näringsvärde för sin egen uppbyggnad men på bekostnaden av att det tar längre tid i jämförelse med om ett mer näringsrikt substrat hade använts. Det vegetabiliska substrat, bestående av frukt och grönsaker, som användes i studien av Lalander *et al.* (2019) visar också på en lång larvutvecklingstid (28 dagar) men med en genomsnittlig prepuppavikt på 220 mg vilket är relativt högt. Fruktsubstratet i studien av Jucker *et al.* (2017) hade lägst proteininnehåll och resulterade i den längsta larvutvecklingstiden. Substratmixen av frukt och grönsaker var mindre proteinrik än grönsakssubstratet men resulterade ändå i en snabbare larvutveckling. Jucker *et al.* (2017) menar att detta kan bero på att det inte bara är proteinkvaliteten i substratet, utan även balansen mellan energin från proteiner och kolhydrater (huvudsakligen från frukten i denna studie) som kan vara avgörande för larvutvecklingen. Detta överensstämmer med resultatet från studien av Lalander *et al.* (2019) där proteinomvandlingsförmågan var högre för prepuppor uppväxta på en mix av slaktrester, frukt och grönsaker än prepuppor uppväxta på endast slaktrester (Bilaga 1). Lalander *et al.* (2019) menar likaså att substratet med en bättre näringsbalans mellan proteiner och kolhydrater möjliggör att larverna kan nyttja näringsämnen i större utsträckning.

Matavfall

Matavfall, innehållande både vegetabilier och animalier³, visades vara mycket lämpligt som substrat till amerikansk vaperfluga i studien av Lalander *et al.* (2019) då det bidrar med lättillgängligt kol och en tillräcklig mängd proteiner för att stödja larvutveckling. Spranghers *et al.* (2017) jämförde tre vegetabiliska substrat med hönsfoder som kontroll. Dessa var vegetabilisk mix av morot, ärter, haverrot och selleri, rötter från den vegetabiliska mixen samt restaurangavfall innehållande potatis, ris, pasta och grönsaker. Restaurangavfallet resulterade i en längre larvutvecklingstid än de övriga substraten men gav också näst efter hönsfodret den största genomsnittliga prepuppavikten. Den längre larvutvecklingstiden (19 dagar jämfört med 12,3, 15 respektive 15,5 dagar) menar artikelförfattarna kan bero på den högre andelen fett i substratet.

² Klara Eskilsson, Jordbruksverket, telefonsamtal 2019-04-18.

³ Cecilia Lalander, Sveriges lantbruksuniversitet, privat meddelande 2019-05-13

Gödsel

I naturen lever många insekter, framförallt fluglarver, på gödsel och blir sedan till föda för större djur (Sheppard *et al.*, 1994). I bland annat Kina, USA, Mexiko och Östeuropa har forskare fött upp larver från bland annat amerikansk vapenfluga på gödsel från djur och utfodrat till fjäderfä, gris, räkor, flera fiskarter, sköldpaddor och grodor utan att det har orsakat några hälsoproblem (Newton & Sheppard, 2007). Insektslarver uppfödda på gödsel har dessutom i flera fall utfodrats till livsmedelsproducerande djur för humankonsumtion utan att det har fått några hälsomässiga konsekvenser och enligt Newton & Sheppard (2007) har insekter uppfödda på detta substrat lovande utsikter för säker användning i foder. I en studie utförd av Sheppard *et al.* (1994) växte larver från amerikansk vapenfluga till prepupporna under 460 värphöns i bursystem. 2,4 ton gödsel resulterade då i 242,8 kg prepupporna, levande vikt, med en medelvikt på 220 gram att använda till foder. Andelen protein i prepupporna var 42 % och andelen fett 35 %. Gödseln reducerades med minst 50 % och dessutom minskade antalet husflugor. Newton *et al.* (2005) anser att det, teoretiskt sett, är möjligt att producera 53 ton prepupporna till foder under en 5-månaderssäsong i ett stall med 100 000 värphöns.

Larver av amerikansk vapenfluga som livnärt sig på människoavföring infekterad med *Salmonella* spp. har visat sig ha en salmonellareducerande effekt vilket minskar risken för zoonoser (Lalander *et al.*, 2013). I en liknande studie utförd av Liu *et al.* (2008) infekterades kogödsel med *Escherichia coli* och gavs som substrat till amerikansk vapenfluga med resultatet att bakterierna reducerades. I studien av Lalander *et al.* (2013) var koncentrationen av mikroorganismer högre i larverna än i prepupporna vilket antas bero på att prepupporna har tömt sitt tarminnehåll. För foderproduktion rekommenderar Lalander *et al.* (2013) ett ytterligare hygieniseringssteg, exempelvis avlivning genom ånga eller torkning, eftersom mikroorganismer fortfarande fanns kvar i tarmen på prepuppan.

Den amerikanska vapenflugans potential som hundfoder

Det finns relativt få studier om användning av insekter i hundfoder. I en studie utförd av Lisenko *et al.* (2018) testades tre olika insektsmjöl i inkluderingsnivåerna 7,5 % respektive 15,0 % till dieten hos sex vuxna beaglar i 15 dagar. Mjölen var från två sorters kackerlackor samt en skalbagge och varierade i kitininnehåll mellan 8-10 %. Resultatet från studien visade att en inblandning av insekter i fodret med upp till 15,0 % inte påverkade varken smältbarheten eller mikrobiotan samt accepterades väl av hundarna. Kitininnehållet i amerikansk vapenfluga från studien av Spranghers *et al.* (2017) varierade mellan 5,6-6,7 % i de olika substraten och Diener *et al.* (2009) visade ett medelvärde på 8,7 % i sin studie. Cornelius *et al.* (1975) fann kitinaser vid dissektion av hundens magslemhinna vilket tyder på en viss kitinolytisk aktivitet. En annan studie visar på en låg smältbarhet av kitin hos hund (Okamoto *et al.*, 2001). En *in vitro* – studie utfördes av Bosch *et al.* (2016) där hundens digestionskanal simulerades för att undersöka insekters smältbarhet, bland annat amerikansk vapenfluga. Insekternas höga aminosyrainnehåll tillsammans med en hög smältbarhet av aminosyrorna (91,1-93,6 % för amerikansk vapenfluga) i *in vitro* tydde på att varsamt processade insekter har en hög proteinkvalitet. Artikelförfattarna sammanfattar sina resultat av studien med att hundar kan tillgodogöra sig av insektslarvernas aminosyror. I en tidigare, liknande *in vitro* – studie av Bosch *et al.* (2014) uppmättes

proteinsmältbarheten i frystorkade och malda amerikanska vapenfluglarver till 89,7 % respektive 77,7 % i puppor där skillnaden troligen beror på kitinnehållet i pupporna.

Böhm *et al.* (2017) utvärderade ett insektsproteinbaserat foder på tolv hundar med foderallergi. Efter 14 dagar med fodret hade ingen hund försämrats, åtta av hundarna hade till och med förbättrat deras kliniska tecken. Året därpå, 2018, utvärderade Böhm *et al.* effekten av ett kommersiellt tillgängligt insektsproteinbaserat foder på 20 hundar med atopisk dermatit till följd av foderallergi. Skillnaden i lesionspoäng och pälskvalitet efter 14 dagars utfodring var signifikant bättre men inte skillnaden i klådan. Fodrets smaklighet var mycket bra. Båda studierna tyder på att insektsproteinbaserade foder är intressanta alternativ till hundar med foderallergi.

Makkar *et al.* (2014) jämförde fiskmjöl, sojamjöl och åtta olika insektsmjöl där mjöl av amerikansk vapenfluga visade sig vara mest rik på kalcium (7,6 %) av samtliga, med den högsta kalcium-fosforkvoten (8,4). Detta är fördelaktigt för växande valpar då de har ett högt behov av kalcium (Bilaga 2). Insekter är även rika på antimikrobiella peptider, en naturlig form av antibiotika som kan reducera tillväxten av oönskade patogener (Józefiak *et al.*, 2016).

Spranghers *et al.* (2017) observerade att substratet påverkade fettsyrasammansättningen endast till viss del. Prepupporna uppväxta på rötresten och matavfall i denna studie innehöll omkring fyra gånger mer laurinsyra (C12:0) än respektive substrat. Prepupporna med vegetabiliskt avfall respektive hönsfoder som substrat ökade mängden med upp till nästan 30 respektive 40 gånger så mycket. Artikelförfattarna menar att detta kan bero på att amerikansk vapenfluga har möjlighet att syntetisera kolhydraterna i substratet till laurinsyra. Laurinsyra har antivirala och antibakteriella egenskaper (Lieberman *et al.*, 2006) och proteinfodermedel med amerikansk vapenfluga kan därmed innebära ytterligare fördelaktiga effekter vid utfodring till enkelmagade djur (Spranghers *et al.*, 2017).

Proteinfodermedel

Med avseende på Lag (2006:805) om foder och animaliska biprodukter är vegetabiliska produkter från livsmedelsindustrin det substrat som idag är relevant för produktion av insekter till foder, vilken frukt och grönsaker från Bilaga 1 representerar i denna litteraturstudie. Resurseffektiviteten skulle kunna öka ifall matavfall blir ett tillåtet substrat för produktionen. För att undersöka hur ett proteinfodermedel med amerikansk vapenfluga kan uppfylla hundars proteinbehov har därför dessa två substrat valts ut (Bilaga 1). Proteinfodermedlet har beräknats för att tillgodose protein- och aminosyrabehovet för två labradorer i olika åldrar (Bilaga 2) och nedan redogör Tabell 1 för valpen och Tabell 2 för den vuxna hunden. Tabell 1 och 2 visar att aminosyraprofilen i amerikansk vapenfluga är mycket bra och den första begränsande aminosyran i båda fallen är kombinationen av metionin och cystein, vilket överensstämmer med det i litteraturen (Bosch *et al.*, 2014). Det är viktigt att ha i åtanke att en näringskälla kan variera i näringsinnehåll (NRC, 2006) precis som substratet till insekterna och det är därmed viktigt att fodret trots detta säkerställer en tillräcklig tillförsel av näringsämnen. Energiinnehållet i dessa insekter har beräknats till 16,3 MJ/kg med hjälp av de modifierade Atwater-faktorerna (NRC, 2006). Beräkningen baserades på medelvärdet av råfettet i studien av Spranghers *et al.* (2017) samt medelvärdet av råproteininnehållet från studien av Lalander *et al.* (2019), korrigerat enligt

Janssen *et al.* (2017) med avseende på kitininnehållet. Proteinfodermedlet behöver utfodras i en större mängd än de angivna i Tabell 1 och 2 för att täcka upp för smältbarheten samt variationen i insekternas och substratens näringsinnehåll. Vidare behöver det även kompletteras med andra råvaror för att täcka hundarnas energibehov och övriga näringsbehov (Bilaga 2). För att underlätta sammansättningen och tillverkningen av fodret kan komponenterna protein, fett och kitin i prepuppan fraktioneras för att sedan tillsättas i önskad mängd med möjlighet att sälja det som inte är användbart till fodret (Diener & Zurbrügg, 2011).

Tabell 1. Protein- och aminosyrabehov (g per dag) för valp på 16 veckor med vikten 17 kg samt proteinfodermedel innehållande amerikansk vapenfluga (AVF) prepuppor uppfödda på vegetabiliskt substrat (frukt och grönsaker) respektive matavfall (mängd i g per kg torrs substans). Rödmarkerat värde understiger valpens rekommenderade behov

	<i>Behov hos valp 16 v, vikt 17 kg^a</i>	<i>AVF (frukt & grönsaker) för att tillgodose proteinbehovet</i>	<i>AVF (frukt & grönsaker) för att tillgodose protein- & aminosyrabehovet</i>	<i>AVF (matavfall) för att tillgodose protein- & aminosyrabehovet</i>
Mängd AVF (g)		269	306	284
Protein (g)	84,70	84,74	96,39	84,92
Aminosyror (g)				
Arginin	3,19	5,06	5,75	5,45
Histidin	1,22	2,93	3,34	3,24
Isoleucin	2,42	4,79	5,45	4,6
Metionin	1,26	1,69	1,93	2,04
Metionin & cystein	2,57	2,26	2,57	2,64
Leucin	3,96	7,42	8,45	7,55
Lysin	3,38	5,70	6,49	9,17
Fenylalanin	2,42	3,85	4,38	4,49
Fenylalanin & tyrosin	4,84	9,95	11,32	11,19
Treonin	3,06	3,85	4,38	4,29
Tryptofan	0,87	1,56	1,77	1,53
Valin	2,71	6,62	7,53	6,5

^aReferens: NRC (2006). Table 15-3

Tabell 2. Protein- och aminosyrabehov (g per dag) för vuxen hund med vikten 35 kg samt proteinfodermedel innehållande amerikansk vapenfluga (AVF) prepuppor uppfödda på vegetabiliskt substrat (frukt och grönsaker) respektive matavfall (mängd i g per kg torrs substans). Rödmarkerade värden understiger hundens rekommenderade behov

	<i>Behov hos vuxen hund, vikt 35 kg^a</i>	<i>AVF (frukt & grönsaker) för att tillgodose proteinbehovet</i>	<i>AVF (frukt & grönsaker) för att tillgodose protein- & aminosyrabehovet</i>	<i>AVF (matavfall) för att tillgodose proteinbehovet</i>	<i>AVF (matavfall) för att tillgodose protein- & aminosyrabehovet</i>
Mängd AVF (g)		150	360	158	325
Protein (g)	47,20	47,25	113,40	47,24	97,18
Aminosyror (g)					
Arginin	1,58	2,82	5,75	3,03	6,24
Histidin	0,89	1,64	3,34	1,80	3,71
Isoleucin	1,73	2,67	5,43	2,56	5,27
Metionin	1,58	0,95	1,93	1,14	2,34
Metionin & cystein	3,02	1,26	3,02	1,47	3,02
Leucin	3,17	4,14	8,44	4,20	8,65
Lysin	1,58	3,18	6,51	5,10	10,50
Fenylalanin	2,16	2,15	4,38	2,50	5,14
Fenylalanin & tyrosin	3,45	5,55	11,34	6,23	12,81
Treonin	2,01	2,15	4,38	2,39	4,91
Tryptofan	0,66	0,87	1,77	0,85	1,76
Valin	2,30	3,69	7,52	3,62	7,44

^aReferens: NRC (2006). Table 15-5

Diskussion

Behovet av att stärka den cirkulära biobaserade ekonomin är stort. Då animaliska livsmedel blir allt billigare (Jordbruksverket, 2016) blir det också mer eftertraktat för människan att

konsumera finare styckningsdetaljer. Biprodukterna från animalieproduktionen kan passa utmärkt som råvaror i hundfoder. Den växande trenden att utfodra med Bones and Raw Food (BARF) som syftar till att utfodra hundar med en vargliknande diet bestående av rått kött, inälvor, köttrika ben samt en mindre andel vegetabilier (Milena *et al.*, 2018) bidrar inte till resurseffektivitet ifall kött som skulle kunna gå till humankonsumtion används. Biprodukter som brosk, ben, senor och inälvor tas här effektivt tillvara men köttrika ben, mellanfilé av lax samt nöt- och lammhals är andra råvaror som ingår i recepten. Nöthals är exempelvis en utmärkt styckningsdetalj till bland annat gryträtter och färs. En kombination av protein från animaliska biprodukter och insektsprotein i hundfoder skulle i stället leda till ett bättre utnyttjande av resurser.

Proteinfodermedlet som presenteras i denna litteraturstudie visar att det är möjligt att redan i nuläget producera amerikansk vapenfluga, med vegetabiliskt avfall som substrat, i syfte att använda som en proteinråvara i hundfoder. Substratet kräver dock en lång larvutvecklingstid och har därmed en låg effektivitet med risk för en låg lönsamhet. Utfodring av enbart animaliska biprodukter, exempelvis slaktavfall, till insekter är i sig inte intressant då det inte skulle bidra till en högre resurseffektivitet. Detta kan utfodras till hundar utan att gå genom insekter först. En ändring av lagstiftningen gällande produktionsdjurens utfodring är ändå viktig då detta skulle öppna upp för möjligheten att kunna använda mer matavfall, innehållande både vegetabiliska och animaliska biprodukter. Med användning av matavfall i insektsproduktionen skulle larverna få möjlighet att födas upp på ett mer balanserat substrat där de kan tillgodogöra sig av näringsämnen i högre grad. För att uppnå en högre resurseffektivitet är matavfall, vegetabiliska biprodukter och gödsel intressanta substrat att använda som insektsfoder. Matavfall källsorteras i 77 % av Sveriges kommuner och den mest förekommande metoden att behandla detta är genom rötning (Avfall Sverige, 2018). Under röttningsprocessen bildas den förnybara energikällan biogas samt näringsrik biogödsel. Med biogödseln återförs växtnäringsämnen till kretsloppet då 95 % av gödseln används på jordbruksmark enligt rapporten från Avfall Sverige (2018). Med insektsproduktion inkluderat i detta kretslopp kan resurseffektiviteten öka ytterligare. Matavfallet kan då användas som substrat till insekterna för att kunna nyttja så mycket som möjligt av näringen i avfallet samtidigt som resterna från larvkomposten (när larverna sorterats ut) kan användas för produktion av biogas.

Av hygien- och smittskyddsskäl är det viktigt att prepupporna uppväxta på restströmmar bearbetas så pass bra att de passar för användning i foder. Detta behöver ske i balans med att aminosyrornas höga biotillgänglighet säkerställs genom att behandlas varsamt. Eftersom prepupporna till stor del verkar avspegla substratets innehåll är det viktigt att använda sig av substrat fria från toxiska ämnen som läkemedelsrester. För en säkrare foderråvara är också vidare forskning om fluglarvernas potential att reducera smittsamma patogener och toxiner aktuell.

Det finns flera sätt att tillverka ett foder, exempelvis genom extrudering, pelletering eller bakning. Extrudering är den vanligaste metoden och större delen av fettets tillsätts då i efterhand. Vid extrudering får foderblandningen inte vara för fet, vilket kan begränsa användningen av amerikansk vapenfluga ifall en separation av fettets inte utförs. Beroende på fodrets tillverkningsprocess och fodrets koncentration skulle enbart amerikansk vapenfluga som

proteinfodermedel kunna användas till hund. Alternativa möjligheter är att komplettera insekterna med slaktbiprodukter från exempelvis nöt och kalv som har bättre aminosyraprofil med högre innehåll av bland annat metionin, cystein och fenyylalanin (FAO, 1970). Andra alternativ kan vara att komplettera med syntetiska aminosyror eller förbättra näringsvärdet i substratet för att få en bättre råvara. Resultaten från studierna av Jucker *et al.* (2017) och Lalander *et al.* (2019) tyder på att larverna kan nyttja ett substrats näringsämnen bättre om det har en bra näringsbalans mellan proteiner och kolhydrater. I studien av Lalander *et al.* (2019) visade larverna en ökad proteinomvandlingsförmåga till följd.

Amerikansk vapenfluga har visats erbjuda proteiner av hög kvalitet vilket är viktigt för hundens tillväxt och hälsa. Studier har visat att hundar kan leva på en kolhydratfri diet, även under dräktighet och laktation, under förutsättningarna att proteinintaget är högt (Blaza *et al.* 1989). Det vore alltså möjligt att utveckla ett foder med stor andel proteiner från amerikansk vapenfluga. Detta skulle minska användandet av kolhydratrika råvaror som då i stället kan gå till humankonsumtion, alternativt lämna plats för odling av andra råvaror att skörda för människans syfte, men bör ske i balans med att överutfodring av kväve inte heller är bra ur miljösynpunkt.

Det framgår inte i ett flertal studier hur råproteininnehållet analyserades och det är möjligt att andelen överskattas med avseende på prepuppornas kitininnehåll. Efter kitinkorrigeringsstudien från Lalander *et al.* (2019) visar sig proteininnehållet ändå vara omkring 30 % på torrsubstansbasis i de vegetabiliska produkterna och i matavfallet. Variationen i kitininnehåll i de studier där det analyserats kan bero på vilken metod som använts. Det kan vara av stor vikt att veta hur mycket kitin ett foder innehåller då detta hos fisk har misstänkts begränsa smältbarheten av lipider och ge diarréliknande symptom redan vid inblandning med 2 % (Olsen *et al.*, 2006). Kitin har däremot visats ha en prebiotisk effekt hos värphöns (Borrelli *et al.*, 2017). Det skulle behöva utföras fler studier på hund för att analysera effekten av kitin i fodret. Då få studier om att använda amerikansk vapenfluga till hundfoder är utförda finns idag inga kända begränsningar gällande inblandningsnivån. Kitin kan potentiellt fungera som prebiotika, med positiva effekter på hundens tarmhälsa. Visar det sig däremot medföra dåliga effekter hos hund är det möjligt att fraktionera kitinet för en bättre anpassad foderråvara. Detta gäller även för fettextraktet ifall det skulle behöva exkluderas inför fodertillverkningen eller ifall fetthalten eller sammansättningen inte passar hundens näringsbehov. Både kitin och fettextrakt är efterfrågat på marknaden (Diener & Zurbrugg, 2011), där fettextraktet exempelvis skulle kunna säljas till biodiesel (Li *et al.*, 2011).

Det finns indikationer på att utfodring med amerikansk vapenfluga skulle kunna ge hälsomässiga fördelar vilket är mycket viktigt för framställningen av ett framgångsrikt foder. Ett foder som inte lever upp till hundens behov och hundägarens krav kommer inte vara attraktivt på marknaden, oavsett dess positiva inverkan på miljön. Då amerikansk vapenfluga som växt upp med gödsel som substrat har utfodrats till flera djurslag runt om i världen, dessutom även till livsmedelsproducerande djur, utan att ha orsakat negativa konsekvenser för hälsan verkar det ha goda möjligheter att kunna fungera som foder. Flugans flexibilitet i näringssammansättning beroende på den i substratet skapar också goda möjligheter för ett väl anpassat foder.

En annan viktig aspekt i framställningen av ett hundfoder är smakligheten. Enligt de få studier som utförts verkar inblandningen av insekter accepteras av hundarna. I andra studier där inblandning av insektsmjöl i fodret utfodrats till produktionsdjur har smakligheten för djuret visats vara bra och insektsmjölet har bekräftats kunna ersätta både sojamjöl och fiskmjöl (Makkar *et al.*, 2014). Efter en extrudering av ett torrfoder är det vanligt att det sprayas med fett och arom i syfte att höja acceptansen hos djuret (NRC, 2006) vilket kan vara bra att ha i åtanke ifall fodrets smaklighet behöver förbättras. Förutom hundens acceptans till fodret är hundägarens inställning till att utfodra med insekter viktig för att få en efterfrågad produkt. Eftersom insekter inte ingår i landets matkultur kan det för många hundägare verka främmande att ge detta till sitt husdjur. En undersökning bland hundägare skulle vara intressant att genomföra för att få mer information om acceptansen att använda insekter i foder samt för att väcka intresse hos hundägarna att söka sig till mer resurseffektiva foderalternativ.

En ökande insektsuppfödning skulle även göra det aktuellt för mer forskning om insekters hälsa och behov för en god välfärd. Det skulle dessutom vara viktigt för en etiskt hållbar produktion samt för att kunna hålla sjukdomsförekomsten hos insekterna nere. Ifall amerikansk vapenfluga skulle komma ut i Sveriges natur har den dåliga förutsättningar för att överleva då den inte är anpassad till att leva i vårt klimat.

Slutsats

Amerikansk vapenflugor verkar ha goda möjligheter att fungera som proteinråvara i hundfoder. En kortare tids utfodring av insekter till hund tyder inte på några negativa hälsoeffekter, snarare positiva för hundar med allergi. Förutom kitin finns inga kända antinutritionella faktorer och fler, mer långvariga studier inom området skulle behöva utföras för att kunna fastställa ifall det finns en övre inblandningsnivå av insekten. Den första begränsande aminosyran till både valp och vuxen hund vid utfodring av amerikansk vapenfluga som proteinfodermedel är kombinationen av metionin och cystein. Amerikansk vapenfluga kan ingå som enda råvara i proteinfodermedlet men beroende på hur fodret är tänkt att tillverkas kan det vara lämpligt att komplettera med exempelvis slaktbiprodukter.

Bilaga 1.

Råprotein (procent av torrsubstans, ts) i diverse substrat som prepuppor av amerikansk vapenfluga (AVF) är uppfödda på respektive i AVF prepuppor samt prepuppornas innehåll av de aminosyror som är essentiella för hund (g per kg ts)

	<i>Slaktrester</i>	<i>Frukt & grönsaker</i>	<i>Slaktrester + frukt & grönsaker (1:1)</i>	<i>Matavfall (inkl animalier & vegetabilier^a)</i>	<i>Höns gödsel</i>
Råprotein (% av ts)					
Substrat	56,3	13,2	34,8	22,2	22,8
Prepuppor	44,2	41,3	44,1	39,2	41,6
Prepuppor ^b	33,7	31,5	33,6	29,9	31,7
Aminosyror (g)					
Arginin	21,9	18,8	20,5	19,2	20,5
Histidin	15,6	10,9	13,9	11,4	12,9
Isoleucin	20,6	17,8	20,0	16,2	17,1
Metionin	7,8	6,3	7,6	7,2	8,5
Metionin & cystein	10,5	8,4	10,1	9,3	10,8
Leucin	30,2	27,6	29,6	26,6	27,5
Lysin	28,3	21,2	25,4	32,3	29,4
Fenylalanin	15,9	14,3	17,0	15,8	17,5
Fenylalanin & tyrosin	54,0	37,0	42,2	39,4	43,3
Treonin	16,4	14,3	15,8	15,1	15,9
Tryptofan	7,4	5,8	7,3	5,4	6,7
Valin	27,9	24,6	27,2	22,9	24,8
Proteinomvandlingsförmåga (%)^c	30,8	34,3	47,7	58,7	37,8
Tid till första prepuppa (dagar från experimentets start)	12	28	12	14	14
Tid till 50 % blivit prepuppor (dagar från experimentets start)	17	42-47	17	19	19
Prepuppa vikt (mg)	248+/-3	218+/-4	252+/-13	212+/-4	164+/-14

Referens: (Lalander *et al.*, 2019)

^aCecilia Lalander, Sveriges lantbruksuniversitet, privat meddelande 2019-05-13

^bResultatet av råproteininnehållet från studien av Lalander *et al.* (2019) har korrigerats enligt Janssen *et al.* (2017) för att undvika överskattning av innehållet.

^c Proteinomvandlingsförmågan är beräknad efter uppskattningen av råproteininnehållet i studien av Lalander *et al.* (2019), d.v.s. med faktor 6,25.

Bilaga 2.

Rekommenderat dagligt intag beräknat enligt National Research Council (NRC; 2006) för en 16-veckors labradorvalp på 17 kg respektive en vuxen labrador på 35 kg

Näringsämne	Valp 16 v, vikt 17 kg ^a	Vuxen hund, vikt 35 kg ^b
Råprotein (g)	84,71	47,20
Aminosyror		
Arginin (g)	3,19	1,58
Histidin (g)	1,22	0,89
Isoleucin (g)	2,42	1,73
Metionin (g)	1,26	1,58
Metionin & cystein (g)	2,57	3,02
Leucin (g)	3,96	3,17
Lysin (g)	3,38	1,58
Fenylalanin (g)	2,42	2,16
Fenylalanin & tyrosin (g)	4,84	3,45
Treonin (g)	3,06	2,01
Tryptofan (g)	0,87	0,66
Valin (g)	2,71	2,30
Fett totalt (g)	41,19	25,90
Fettsyror		
Linolsyra (g)	6,38	5,18
Alfa-linolensyra (g)	0,39	0,20
Arakidonsyra (g)	0,15	
Eikosapentaensyra & dokosahexaensyra (g)	0,25	0,43
Mineraler		
Kalcium (g)	5,80	1,87
Fosfor (g)	4,84	1,44
Magnesium (mg)	193,40	283,48
Natrium (mg)	1 063,70	377,01
Kalium (g)	2,13	2,01
Klorid (g)	1 392,48	575,59
Järn (mg)	42,55	14,39
Koppar (mg)	5,22	2,88
Zink (mg)	48,35	28,78
Mangan (mg)	2,71	2,30
Selen (µg)	169,23	169,80
Jod (µg)	425,48	425,93
Vitaminer		
Vitamin A (RE ^c)	732,99	719,48
Vitamin D3 (kolekalciferol) (µg)	6,58	6,48
Vitamin E (alfa-tokoferol) (mg)	14,51	14,39
Vitamin K (menadion) (mg)	0,79	0,78
Vitamin B		
Tiamin (mg)	0,66	1,06
Riboflavin (mg)	2,55	2,46
Pyridoxin (mg)	0,73	0,71
Niacin (mg)	8,22	8,20
Pantontensyra (mg)	7,25	7,05
Kobalamin (µg)	16,92	16,55
Folsyra (µg)	131,51	128,07
Biotin ^d (mg)	821,95	805,82
Omsättbar energi (MJ)	8,09 ^e	7,83 ^f

^aReferens: NRC (2006). Table 15-3

^bReferens: NRC (2006). Table 15-5

^cRE = retinol equivalents. 1 RE motsvarar 1 µg av olika retinoler (förstadier till vitamin A).

^dNormal diet utan rå äggvita erbjuder tillräckliga mängder. Tillskott kan behövas vid antibiotika i dieten.

^eReferens: NRC (2006). Table 15-2. Beräkningen visar valpens energibehov för tillväxt och motsvarar 1 934 kcal.

^fReferens: NRC (2006). Table 15-4. Beräkningen visar energibehovet för underhåll av den vuxna, aktiva sällskapshunden och motsvarar 1 871 kcal.

Litteraturförteckning

- Avfall Sverige (2018). *Svensk avfallshantering 2018*. Malmö, Sverige. Tillgänglig: https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/Publikationer/Svensk_avfallshantering_2018_01.pdf
- Banks, I.J. (2014). *To assess the impact of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae on faecal reduction in pit latrines*. London School of Hygiene & Tropical Medicine. Faculty of Infectious and Tropical Diseases, Dept of Disease Control. DOI: <https://doi.org/10.17037/PUBS.01917781>
- Barf foder *BARF och fryst foder*. Tillgänglig: <https://barf-foder.dk/sv/barf-och-fryst-foder-7> [21 maj 2019].
- Blaza, S.E., Booles, D. & Burger, I.H. (1989). *Is carbohydrate essential for pregnancy and lactation in dogs?* New York: In Burger, I.H. Rivers, J.P.W., editors: *Nutrition of the cat and dog*. New York, Cambridge University Press.
- Böhm, T.M., Klinger, C.J., Udraite, L. & Muller, R.S. (2017). The beneficial effects of an insect protein based elimination diet on clinical signs of food allergy in dogs. *Allergy*, 72(Suppl. S103), ss. 601-601. Abstract.
- Böhm, T.M.S.A., Klinger, C.J., Gedon, N., Udraite, L., Hiltenkamp, K. & Mueller, R.S. (2018). Effect of an insect protein-based diet on clinical signs of dogs with cutaneous adverse food reactions. Evaluation in an unblinded case series. *Tieraerztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere*, 46(5), ss. 297-302. Abstract.
- Borrelli, L., Coretti, L., Dipineto, L., Bovera, F., Menna, F., Chiariotti, L., Nizza, A., Lembo, F. & Fioretti, A. (2017). Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut microbiota composition and SCFAs production in laying hens. *Sci Rep*, 7(1), ss. 16269-16269.
- Bosch, G., Vervoort, J.J.M. & Hendriks, W.H. (2016). In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods. *Animal Feed Science and Technology*, 221, ss. 174-184.
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D.G.A.B. & Hendriks, W.H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of nutritional science*, 3, ss. e29-e29.
- Bozita *Hundfoder Robur*. Tillgänglig: <https://www.bozita.se/hundfoder/robur/> [21 maj 2019].
- Brown, R.G. (1989). Protein in dog food. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 30(6), s. 528.
- Brown, R.G. (1990). Current topics in nutrition. *Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne*, 31(4), ss. 308-309.
- Bukkens, S.G.F. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4), ss. 287-319.
- Cornelius, C., Dandrifosse, G. & Jeuniaux, C. (1975). Biosynthesis of chitinases by mammals of the order carnivora. *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 3, s. 121-122.
- Denniston, K.J., Topping, J.J., Caret, R.L. (2009). *General, Organic, and Biochemistry*. 7 uppl. New York: McGraw-Hill.

- Diener, S., Zurbrugg, C. & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), ss. 603-610.
- Diener, S. & Zurbrugg, C. (2011). Black soldier fly larvae for organic waste treatment - prospects and constraints. *Proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries*.
- Doggy Hundfoder Doggy. Tillgänglig: <https://www.doggy.se/hundfoder/doggy> [21 maj 2019].
- Donadelli, R.A., Aldrich, C.G., Jones, C.K. & Beyer, R.S. (2019). The amino acid composition and protein quality of various egg, poultry meal by-products, and vegetable proteins used in the production of dog and cat diets. *Poultry Science*, 98(3), ss. 1371-1378.
- Dortmans, B.M.A., Diener, S., Verstappen, B.M. & Zurbrugg, C. (2017). *Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide*. Dübendorf, Switzerland: Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec).
- EG nr 1069/2009. Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 av den 21 oktober 2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om upphävande av förordning (EG) nr 1774/2002 (förordning om animaliska biprodukter). Tillgänglig: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/sv/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1069> [9 april 2019]
- Eukanuba Produkter hundmat. Tillgänglig: <https://vomoghundemat.se/produkter/farskfoder/> [21 maj 2019].
- Fahey, G.C., Flickinger, E.A., Grieshop, C.M. & Swanson, K.S. (2004). *The role of dietary fibre in companion animal nutrition*. (Dietary Fibre: Bio-Active Carbohydrates for Food and Feed. Tillgänglig: <Go to ISI>://WOS:000226861600023.
- FAO (1970). *Amino acid content of foods and biological data on proteins*. Rome: FAO Nutrition studies. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/AC854T/AC854T43.htm>.
- FAO (2011). *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome. Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK) & FAO.
- Ferrier, D.R. (2014). *Biochemistry*. 6 uppl. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins.
- Global Footprint Network *Ecological Footprint*. Tillgänglig: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> [27 maj 2019].
- Hill's Pet Nutrition *Att välja den bästa hundmaten för din hund*. Tillgänglig: <https://www.hillspet.se/dog-food/> [21 maj 2019].
- Janssen, R.H., Vincken, J.-P., van Den Broek, L.A.M., Fogliano, V. & Lakemond, C.M.M. (2017). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(11), s. 2275.
- Jordbruksverket *Jordbruket i siffror*. Tillgänglig: <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2016/02/14/ar-kott-billigare-idag-jamfort-med-ar-1990/> [28 maj 2019].

Jordbruksverket *Insekter som foder*. Tillgänglig:

http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/foder/foderforolikadjurslag/insektersomfoder.4.5a59a50815b0a44606e5c1b4.html?fbclid=IwAR2YUnP00bKQwHHaFZhzUagp0e0A0e924qkKgULsdrbFTI0BoQjuNO_4-g4 [17 april 2019].

Jordbruksverket *Statistik ur hundregistret*. Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/hundarochkatter/markochregistreradinhund/statistik.4.45fb0f14120a3316ad78000672.html> [14 maj 2019].

Jordbruksverket *Utfodring av sällskapsdjur, andra hundar, päls-, djurparks- och cirkusdjur*. Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/produkterfrandjur/foderochutfodring.4.207049b811dd8a513dc80003970.html> [23 april 2019].

Józefiak, D., Józefiak, A., Kierończyk, B., Rawski, M., Świątkiewicz, S., Długosz, J. & Engberg, R.M. (2016). Insects - a natural nutrient source for poultry - a review. *Annals of Animal Science*, 16(2), ss. 297-313.

Jucker, C., Erba, D., Leonardi, M.G., Lupi, D. & Savoldelli, S. (2017). Assessment of Vegetable and Fruit Substrates as Potential Rearing Media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environmental Entomology*, 46(6), ss. 1415-1423.

Kieronczyk, B., Rawski, M., Pawelczyk, P., Rozynska, J., Golusik, J., Mikolajczak, Z. & Jozefiak, D. (2018). Do insects smell attractive to dogs? A comparison of dog reactions to insects and commercial feed aromas – A preliminary study. *Annals of Animal Science*, 18(3), ss. 795-800.

Kim, W., Bae, S., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S. & Koh, Y. (2011). Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1), ss. 11-14.

Lag (2006:805) om foder och animaliska biprodukter. Näringsdepartementet RSL.

Tillgänglig: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006805-om-foder-och-animaliska_sfs-2006-805 [3 april 2019]

Lalander, C., Diener, S., Magri, M.E., Zurbrugg, C., Lindstrom, A. & Vinneras, B. (2013). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) - From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment*, 458, ss. 312-318.

Lalander, C., Diener, S., Zurbrugg, C. & Vinneras, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, ss. 211-219.

Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., Tomberlin, J.K. & Yu, Z. (2011). Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*, 31(6), ss. 1316-1320.

Lieberman, S., Enig, M.G. & Preuss, H.G. (2006). A Review of Monolaurin and Lauric Acid. *Alternative and Complementary Therapies*, vol. 12, Issue 6.

Lisenko, K., de Godoy, M., Oliveira, M., Silva, T., Fontes, T., Costa, D., Lacerda, R., Ferreira, L., Goncalves, T., Zangeronimo, M. & Saad, F. (2018). Compositional analysis and effects of dietary supplementation of insect meals on nutrient digestibility and gut health of adult dogs. *Journal of Animal Science*, 96, ss. 158-159.

- Liu, Q., Tomberlin, J.K., Brady, J.A., Sanford, M.R. & Yu, Z. (2008). Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environmental Entomology*, 37(6), s. 1525.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197(C), ss. 1-33.
- Mariotti, F., Tomé, D. & Mirand, P.P. (2008). Converting Nitrogen into Protein—Beyond 6.25 and Jones' Factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), ss. 177-184.
- Merzendorfer, H. & Zimoch, L. (2003). Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *Journal of Experimental Biology*, 206(24), ss. 4393-4412.
- Milena, S., Stefan, U., Jan, S.S., Julia, B.H., Blake, C.G., Jonathan, A.L., Jörg, M.S., Julia, F. & Petra, K. (2018). The fecal microbiome and metabolome differs between dogs fed Bones and Raw Food (BARF) diets and dogs fed commercial diets. *Plos One*, 13(8), s. e0201279.
- MUSH Hund. Tillgänglig: <https://www.mushbarf.com/sv/produkt-kategori/hund/> [21 maj 2019].
- Newton, L. & Sheppard, C. (2007). Black Soldier Fly Prepupae A Compelling Alternative to Fish Meal and Fish Oil. *University of Georgia*.
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G. & Dove, R. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *University of Georgia & North Carolina State University*.
- NRC (National Research Council) (2006). *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Washington, D.C.: The National Academies.
- Okamoto, Y., Nose, M., Miyatake, K., Sekine, J., Oura, R., Shigemasa, Y. & Minami, S. (2001). Physical changes of chitin and chitosan in canine gastrointestinal tract. *Carbohydrate Polymers*, 44(3), ss. 211-215.
- Olsen, R.E., Suontama, J., Langmyhr, E., Mundheim, H., Ringø, E., Melle, W., Malde, M.K. & Hemre, G.-I. (2006). The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture Nutrition*, 12(4), ss. 280-290.
- SCB, S.c. *Hundar, katter och andra sällskapsdjur 2012*. Tillgänglig: <https://www.skk.se/globalassets/dokument/om-skk/scb-undersokning-hundar-katter-och-andra-sallskapsdjur-2012.pdf> [3 april 2019].
- Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S.A. & Savage, S. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3), ss. 275-279.
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Obyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P. & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), ss. 2594-2600.

- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W. & Sealey, W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1), ss. 59-67.
- Statista *Number of dogs in the United States from 2000 to 2017 (in millions)*. Tillgänglig: <https://www.statista.com/statistics/198100/dogs-in-the-united-states-since-2000/> [3 april 2019].
- Statista *Number of pet dogs in Europe from 2010 to 2017 (in 1000s)*. Tillgänglig: <https://www.statista.com/statistics/515579/dog-population-europe/> [1 april 2019].
- Supriyatna, A., Kurrahman, O.T., Cahyanto, T., Yuliawati, A. & Kulsum, Y. (2018). The Potency of Black Soldier Larvae (*Hermetia illucens* L.) as a Source of Protein for Livestock Feed. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(2), ss. 449-455.
- Tan, H.S.G., Fischer, A.R.H., Tinchan, P., Stieger, M., Steenbekkers, L.P.A. & van Trijp, H.C.M. (2015). Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food Quality and Preference*, 42, ss. 78-89.
- VOM og hundemat *Färskfoder*. Tillgänglig: <https://vomoghundemat.se/produkter/farskfoder/> [21 maj 2019].