

# Insekter som råvara i kattfoder

*Insects as a feed ingredient in cat food*

Eva Wennman



**Självständigt arbete • 15 hp**

Sport- och sällskapsdjur

Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Uppsala 2019

# Insekter som råvara i kattfoder

*Insects as a feed ingredient in cat food*

Eva Wennman

**Handledare:** Torbjörn Lundh, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
**Examinator:** Markus Langeland, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i husdjursvetenskap  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för husdjurens utfodring och vård  
**Kurskod:** EX0865  
**Program/utbildning:** Sport- och sällskapsdjursprogrammet

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2019  
**Omslagsbild:** Idun Åsklund  
**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** cat, feline, food, nutrition, black soldier fly, insect, sustainable development, resource efficiency, bioconversion

## **Sveriges lantbruksuniversitet**

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

## Sammanfattning

Katten är Sveriges vanligaste sällskapsdjur och det finns över en miljon katter i landet vilket medför en stor efterfrågan på kattfoder. Katten är en strikt karnivor och dess näringsbehov skiljer sig jämfört med de flesta sällskapsdjur då animaliskt protein utgör en viktig del av kattens diet. I dagens samhällsdebatt om hållbarhet och resurseffektivitet gällande foder och matproduktion har insekter föreslagits som ett alternativ till animaliskt protein för både människor och djur. Ett sätt att bättre utnyttja våra resurser kan vara att föda upp insekter på exempelvis matavfall och sedan använda dem som råvara i kattfoder. Dessutom bidrar det till en alternativ lösning till den ökande efterfrågan på kattmat. Syftet med denna litteraturstudie är att öka kunskapen om användandet av insekter i kattfoder. Larven från svart vapenfluga (*Hermetia illucens*) har visat sig vara lämplig till detta eftersom den innehåller mycket protein och fett, dock saknar den aminosyran taurin och vitamin K som är essentiella för katten. Det är även möjligt att utnyttja ett flertal olika substrat så som slaktrester och gödsel till uppfödningen av larverna. Insekters exoskelett innehåller en stor mängd av den osmältbara fibern kitin, vilket kan leda till en överskattning av proteininnehållet. Insekter som föds upp för att användas som fodermedel till andra djur räknas inom rådande regelverk som produktionsdjur och får därför inte användas som foder till livsmedelsproducerande djur. Att utfodra katter med insekter är däremot tillåtet. Det har gjorts få studier på insekter som råvara i kattfoder, men de resultat som finns tyder på att det bör vara möjligt att ersätta exempelvis fiskmjöl med insektsmjöl till en viss grad. Insekter är en del av den ferala kattens naturliga diet och katter som utfodrats med insektsbaserat foder har kunnat acceptera och tolerera foder innehållandes upp till 22 % insektsmjöl av larven från svart vapenfluga.

## Abstract

The cat is Sweden's most common companion animal and there are over one million cats in the country which causes a great demand for cat food. The cat is a strict carnivore and its nutritional needs differs from most pet animals, since animal protein is an important part of the cat's diet. In today's social debate on sustainability and resource efficiency regarding feed and food production, insects have been proposed as an alternative to animal protein for both humans and animals. One way to better utilize our resources can be to breed insects on, for example, food waste and then use them as feed ingredients in cat food. In addition, it contributes to an alternative solution to the increasing demand for cat food. The purpose of this literature study is to increase knowledge about the use of insects in cat food. The larva from black soldier fly (*Hermetia illucens*) has proved to be suitable for this in because it contains a lot of protein and fat, but lacks the amino acid taurine and vitamin K which are essential for the cat. In addition, it is also possible to utilize a number of different substrates such as abattoir waste and manure for the production of the larvae. The insect exoskeleton contains a large amount of the indigestible fiber chitin which can lead to an overestimation of the protein content. Insects that are produced to be used as feed for other animals are included in existing regulations as production animals and must therefore not be used as feed for food-producing animals. Feeding cats with insects, however, is permitted. Few studies have been done on insects as a feed ingredient in cat food, but the results that exist indicate that it should

be possible to replace, for example, fishmeal with insectmeal to a certain extent. Insects are part of the feral cat's natural diet and cats fed with insect-based feed have been able to accept and tolerate feed containing up to 22% insect meal of the larva from black soldier fly.

## Introduktion

Enligt den senaste rapporten från Statistiska centralbyrån (SCB) finns det 1 159 000 registrerade katter i Sverige, fördelade på 745 000 hushåll, vilket innebär att katten är Sveriges vanligaste sällskapsdjur (Statistiska centralbyrån 2013). En ökande kattpopulation innebär också en ökande efterfrågan på kattfoder. Samtidigt pågår det en samhällsdebatt om hållbarhet kopplat till både människans matkonsumtion och djurens foderkonsumtion. Import och export av katt- och hundfoder till länder inom och utanför EU under 2018 beräknades vara 115 974 ton respektive 35 294 ton, vilket motsvarar 1 927 615 000 kr respektive 885 430 000 kr (Statistiska centralbyrån, 2019). Westöö & Jensen (2018) visade i sin rapport att svenska hushåll under år 2016 slängde 938 ton matrester, vilket motsvarar 97 kilogram per person. För att öka användningen av alternativa proteinkällor behövs mer hållbara dieter för djur och insekter föreslås därför som ett alternativ och en mer hållbar källa till animaliskt protein (Lalander *et al.* 2019). En art som uppmärksammats mycket är den svarta vapenflugan (*Hermetia illucens*) på grund av att den i larvstadiet kan livnära sig och utvecklas på många olika substrat, och i flugstadiet behöver den ingen föda alls utan överlever på fettreserverna som samlats under larvstadiet (Banks 2014). Den svarta vapenflugan är inte heller en sjukdomsspridande vektor (Banks 2014; Salomone *et al.* 2017). I de EU-bestämmelser som kompletteras av lagen om foder och animaliska biprodukter (SFS 2006:805, 6 §) finns förbud mot att som foder till livsmedelsproducerande djur använda djur, djurdelar eller varor som framställs av djur, vilket kan tänkas leda till vissa begränsningar (Oonincx & Boer 2012).

Katten är en strikt karnivor och därför är kattens ämnesomsättning anpassad till en animalisk diet (NRC 2006; Plantinga *et al.* 2011). Det är mycket viktigt att katten får rätt mängd näring och energi för att kunna leva ett så hälsosamt liv som möjligt (NRC 2006). Konsumtionen av en animalisk diet har genom evolutionen bidragit till en unik anpassning av kattens matsmältning och metabolism vilket har lett till särskilda behov av ett flertal näringsämnen (Morris 2002). Plantinga *et al.* (2011) visade i sin studie att dieten hos ferala katter runt om i världen består av upp till 6 % insekter. Syftet med denna litteraturstudie är att öka kunskapen om användandet av insekter i kattfoder. Frågeställningar som kommer att besvaras under litteraturstudien är: Kan insekter utgöra en huvuddel eller bidragande del i kattens diet genom att uppfylla kattens specifika näringsbehov och metabolism som strikta karnivorer? Går det att skapa ett komplett och balanserat kattfoder baserat på insekter? Finns det några begränsningar i att använda insekter som foderråvara till katt?

# Litteraturgenomgång

## Kattens energi och näringsbehov

### Energi - underhållsbehov

Kattens energibehov för underhåll (maintenance energy requirement, MER) är den mängd energi som krävs för att stödja energibalansen under en lång tidsperiod, vilket innebär att kattens intag av energi ska motsvara den förbrukning av energi som sker genom värme, avföring och urin (NRC 2006). Om katten är i en särskild livssituation, exempelvis dräktig eller lakterande krävs extra energitillägg. Rätt mängd energi för en vuxen katt som inte är i en särskild livssituation anges ofta som omsättbar energi (metabolizable energy, ME). Enligt NRC (2006) är den omsättbara energin kilokalorier (kcal) hos en vuxen normalviktig katt per dag baserad på kroppsvikt (KV) i kg och kalkyleras med följande formel:  $100 \times KV^{0,67}$  (Tabell 1). Särskilda rekommendationer finns för kattens krav på näringsämnen (Bilaga 1).

**Tabell 1.** Dagligt krav på omsättbar energi för underhåll, vuxna katter<sup>a</sup>. Formeln är kalkylerad med följande enheter: kilokalorier (kcal) och kilojoule (kJ), modifierad från NRC (2006)

Typ	Krav Omsättbar Energi	Krav Omsättbar Energi SI enheter
Domesticerade katter, slanka <sup>b</sup>	100 kcal x kg KV <sup>0,67</sup>	418 kJ x kg KV <sup>0,67</sup>
Domesticerade katter, överviktiga <sup>c</sup>	130 kcal x kg KV <sup>0,4</sup>	543 kJ x kg KV <sup>0,4</sup>

KV Kroppsvikt.

<sup>a</sup>Kraven för individuella katter kan vara över- eller underskattade med mer än 50 %.

<sup>b</sup>Body condition score  $\leq 5$  på en 9-poängsskala.

<sup>c</sup>Body condition score  $> 5$  på en 9-poängsskala.

### Protein - metabolism och behov

Proteiner är en viktig del av kattens diet eftersom ketogena aminosyror är kattens primära energikälla då de används för syntes av glukos via glukoneogenesen (Hand & Thatcher 2010). Proteiner består av aminosyror, ingår i kroppens alla celler och används bland annat till underhåll av organ och vävnader, tillväxt, dräktighet och laktation (NRC 2006). Kattens essentiella aminosyror är arginin, histidin, isoleucin, lysin, metionin, fenylalanin, treonin, tryptofan, valin och taurin (NRC 2006). Metionin, cystein och taurin är svavelbärande aminosyror (SAA) och 50 % av kattens totala krav på SAA kan syntetiseras från cystin (Teeter *et al.* 1978).

Berson *et al.* (1976) visade i sin studie att katten kan metabolisera syntetisk taurin lika bra som icke-syntetisk taurin. I studien deltog tjugofem domesticerade katter som delades in i olika grupper med olika dieter under tjugotre veckor. Åtta katter utfodrades med den kommersiella kattmaten Chow som innehöll animaliskt taurin och fyra katter utfodrades med en kaseinbaserad diet av 36,0 % kasein, 35,5 % dextrin, 10,0 % sackaros, 15,0 % safflorolja, saltblandning och vitaminblandning (Schmidt *et al.* 1976). Resterande katter utfodrades med samma kaseindiet men kompletterad med antingen syntetiskt metionin, syntetiskt cystein eller syntetiskt taurin (Berson *et al.* 1976). Efter tjugotre veckor visade resultatet att endast de katter som fått taurin i dieten, oavsett om det var syntetiskt eller inte (dvs chow med taurin

eller kaseindieten kompletterat med syntetiskt taurin) hade en normal funktion och ett normalt utseende av ögats näthinna samt normala taurinkoncentrationer i både näthinna och blodplasma (Berson *et al.* 1976).

Katten kan inte nedreglera de enzymer som transaminerar och deaminerar aminosyror till ammonium och aminosyror, varav ketosyran används i glukoneogenesen, vilket leder till att de har en konstant högt behov av protein (Hand & Thatcher 2010). Katten har också en konstant hög halt av enzymet fosfoenolpyruvat karboxykinas som medverkar i glukoneogenesen (Kettelhut *et al.* 1980) där det katalyserar omvandlingen av oxaloacetat till fosfoenolpyruvat och koldioxid, ett irreversibelt reaktionssteg vilket leder till att translationen av protein inte kan nedregleras (Ferrier 2017). Kattens glukoneogenes är helt oberoende av födointag, vilket innebär att den ständigt är igång oavsett om katten äter eller inte vilket förklarar kattens höga proteinbehov jämfört med många andra djur (Rogers *et al.* 1977).

Arginin är en essentiell aminosyra hos katten på grund av låg aktivitet hos följande fyra enzymer som katalyserar reaktioner som bidrar till syntesen av arginin; ornitina aminotransferas, karbamoylfosfatsyntas 1, ornitinkarbamoyltransferas (Levillain *et al.* 1996) och pyrrolin-5-karboxylatsyntas (Rogers & Phang 1985). Exempelvis ger låg aktivitet av enzymerna pyrrolin-5-karboxylatsyntas i kattens tarmslemhinna en begränsning av de novo syntesen av ornitin vilket leder till att arginin inte kan syntetiseras i ureacykeln i tillräcklig mängd för att ta hand om ammoniumjonerna (Rogers & Phang 1985). I ureacykeln är även omvandlingen av ornitin till citrullin och transporten av citrullin från tarm till njure begränsad (Morris *et al.* 1979). Katten kan inte heller bilda ornitin och citrullin av andra prekursorer i tarmen som många andra djur kan (Morris *et al.* 1979).

Cysteindioxygenas och cysteinsulfinsyradekarboxylas är två nyckelenzymer i cysteinsyntesen med låg aktivitet hos katten, vilket leder till att syntesen av taurin är begränsad (Morris 2002). Katten kan inte heller använda glycin till taurinsyntesen som många andra djur kan, vilket gör taurin till en essentiell aminosyra hos katten (Morris 2002). Metionin är en prekursor till taurin men även denna går via cysteinsyntesen så problemet att syntetisera taurin kvarstår (Morris 2002).

I en studie av Paßlack & Zentek (2018) undersöktes acceptans, tolerans och smältbarhet av två dieter baserade på protein av larven från svart vapenfluga (BSF). I studien deltog tio friska katter som utfodrades med två olika foder. Foder A innehållandes 22 % mjöl från BSF respektive foder B innehållandes 35 % mjöl från BSF. Efter försöksperioden på sex veckor med utfodring av foder A samlades katternas avföring in för analys och det goda resultatet av acceptans, tolerans och smältbarhet av fodret bidrog till att ett nytt försök gjordes med foder B, där proteininnehållet ökades. Det nya försöket ledde dock till att tre av katterna inte ville konsumera fodret. Smältbarheten av råfett i foder A och B uppvisade en signifikant skillnad med  $96,0 \pm 1,3$  % respektive  $92,7 \pm 1,5$  %. Smältbarheten av råprotein i foder A och B uppvisade en smärre skillnad med  $77,0 \pm 3,5$  % respektive  $73,4 \pm 3,7$  %.

Ett vanligt sätt att analysera protein i foder är genom att använda Kjeldahlmetoden där mängden kväve multipliceras med 6,25 ( $N \times 6,25$ ). Metoden grundar sig på innehållet av kväve i fodret eftersom protein består av aminosyror som innehåller mycket kväve (McDonald 2011). Insekter består till stor del av den osmältbara fibern kitin, som också består av mycket kväve, vilket kan leda till en överskattning av proteininnehållet (Mariotti *et al.* 2008). För att undvika denna överskattning har studier visat att proteinet bör kitinkorrigeras genom att ändra faktorn 6,25 från Kjeldahlmetoden till 4,76 vid kalkylering av proteininnehållet för flertalet insekter, bland annat BSF (Janssen *et al.*, 2017), den uppskattade mängden protein efter kitinkorrigeringen blir då 24 % mindre.

### **Kolhydrater – metabolism och behov**

Kolhydrater kan delas in i grupperna upptagningsbara kolhydrater, smältbara kolhydrater, fermenterbara kolhydrater och icke-fermenterbara kolhydrater (NRC 2006; Sjaastad *et al.*, 2016). Upptagningsbara kolhydrater behöver inte brytas ned av enzymer i mag- och tarmkanalen som de smältbara kolhydraterna. Vilka grupper kolhydraten hamnar under beror på om klassificering är kemisk eller biologisk. Glukos från kolhydrater i fodret sparar på användningen av protein men behovet av glukos hos katt kan täckas helt med glukoneogenesen (NRC 2006).

De flesta fiber klassas även som kolhydrater, så som cellulosa, men det finns olika definitioner av fiber (AAFCO 2001; NRC 2006; Codex Alimentarius 2007). Fiber finns till exempel i växter och insekter. Fiber tillhör grupperna fermenterbara fiber (exempelvis hemicellulosa) och icke-fermenterbara fiber (exempelvis cellulosa), de kan vara både lösliga fiber eller olösliga fiber (NRC 2006). Fermenterbara fiber har en positiv inverkan på tarmkanalen eftersom kortkedjade fettsyror bildas när fiberna fermenteras i nedre delen i kolon, dessa fettsyror främjar en normal tillväxt och metabolism av kolon (NRC 2006). Fermenterbara fiber ger också en mättnadskänsla och saktar ned magtömningen (NRC 2006).

Insektens exoskelett består till stor del av biopolymeren kitin. Kitin är en strukturell aminopolysackarid (Kurita 2001; Wysokowski *et al.* 2013). Kemiskt sett är kitin en acetylglukosamin, det vill säga glukosrester som har en acetylaminogrupp bunden till andra kolet istället för en hydroxidgrupp grupp som är fallet hos cellulosa. Kitin jämförs ofta med cellulosa och dess komplexa struktur leder till att den är olöslig i flera lösningsmedel (Kurita 2001; Ibitoye *et al.* 2018). Den säkre övre gränsen för cellulosa i kattfoder är 94 g per kg torrsubstans (NRC 2006). Eftersom kitin kemiskt klassas som en polysackarid kommer den även att klassas som en kolhydrat även om en acetylgrupp är kopplad till glukosaminet.

När deacetylering av kitin sker, det vill säga när en eller flera acetylgrupper avlägsnas från kitinmolekylen, bildas kitosan som är ett mer lösligt derivat av kitin (Ibitoye *et al.* 2018). Kitin och kitosan har bägge god biokompabilitet, det vill säga biologisk nedbrytbarhet i naturen (Kurita 2001; Mariotti *et al.* 2008).

Enligt Kienzle<sup>1</sup> har det tidigare inte gjorts någon forskning på kattens konsumtion av kitin och det är därför inte känt om det är ett problem för katten med kitin i dieten. Små mängder av kitin i fodret bör tolereras, men stora mängder kan leda till förstoppning<sup>1</sup>. Vidare har det föreslagits att kitinets komplexa struktur kan bidra till en fixering av fosfor i tarmen hos katt (Wagner *et al.* 2004).

Katten saknar aktivitet av fruktokinas i levern som behövs för metabolismen av monosackariden fruktos vilken används i glykolysen (Kienzle 1993, 1994).

Morris *et al.* (1977) visade i sina studier att smältbarheten av glukos är hög. Morris *et al.* (1977) bedömde smältbarheten hos glukos, sackaros och laktos, dextrin, rå majsstärkelse och träcellulosa hos sex katter. Studien innebar att sex katter utfodrades med köttbaserade dieter, där varje diet mixades med någon av de olika kolhydraterna. Resultatet visade att alla kolhydrater med undantag av cellulosa och rå stärkelse hade höga smältbarhetskoefficienter. Resultatet av samma studie visade även en signifikant individuell variation i laktasaktiviteten då en del katter fick diarré av kött dieten med tillsatt laktos, detta kan bero på att katten under vissa omständigheter har en nedsatt absorptionsförmåga i tunntarmen och icke-absorberad laktos fermenteras då i en liten mängd i kolon (NRC 2006).

Amylas främsta uppgift är att spjälka stärkelse och glykogen (Sjaastad *et al.* 2016). Katten saknar amylasaktivitet i saliven samt har en låg amylasaktivitet i pankreas och ilium vilket leder till att spjälkningen av stärkelse och glykogen är lägre än hos hunden (*Canis lupus familiaris*), men anses ändå vara god (NRC 2006). Det är därför viktigt att undersöka kolhydratinnehåll hos foderråvaror. Enligt en tidigare studie har katten ingen amylasproduktion i glandula salivariae, dock har katten lite amylas i både saliv och glandula salivariae men det har troligtvis diffunderat dit från blodet (McGeachin & Akin 1979). Däremot är kattens förmåga att smälta stärkelse hög (NRC 2006).

Innan glukos metaboliseras i kroppen passerar det levern (Ferrier, 2017). Levern innehåller enzymerna glukokinas och hexokinas som katalyserar fosforylering av glukos till glukos-6-fosfat, som antingen går vidare via glykolysen eller så småningom bildar glykogen via glykogenesen (Ferrier 2017). Katten saknar glukokinas som är aktivt vid stora mängder glukos i blodet men däremot finns en ökad mängd av hexokinas som är aktivt vid små mängder glukos, katten kan alltså hantera mindre mängder av stärkelse (Ballard 1965). Kattens syntes av glukos går främst via glykoneogenesen på grund den lilla mängd kolhydrater i kattens naturliga diet (Ballard 1965). I glukoneogenesen hydrolyseras glukos-6-fosfat till glukos med hjälp av enzymet glukos-6-fosfatas (Ferrier 2017).

### **Lipider – metabolism och behov**

Lipider är en viktig del av kattens diet eftersom det är näringsämnen som innehåller mycket energi och kan lagras i kroppen för senare användning, de är även bärare av fettlösliga vitaminer (NRC 2006). Kattens essentiella fettsyror är linolsyra,  $\alpha$ -linolensyra och

---

<sup>1</sup> Prof. Eller Kienzle EBVS, Ludwig-Maximilians-University of Munich, personligt meddelande, 2019-04-10.



arakidonsyra, dessa är fleromättade fettsyror (NRC 2006). I levern syntetiseras gallsyror från kolesterol. Gallsyrorna konjugeras med särskilda aminosyror för att fett från dieten ska kunna tas upp i kroppen (Sjaastad *et al.* 2016). Katten kan till skillnad från andra djur och människor enbart använda taurin för att bilda gallsalter i levern vilket gör att behovet av taurin är högre hos katten jämfört med andra djur (Morris 2002). Många andra djur, även människan, kan även använda glycin eller taurin för gallsyrakonjugeringen (Morris 2002).

Katter har en reducerad förmåga att syntetisera linolsyra till arakidonsyra på grund av en låg aktivitet av enzymerna delta-6-desaturase och delta-8-desaturase (Morris 2002).

### **Vitaminer – metabolism och behov**

Vitaminer kan delas in i grupperna fettlösliga vitaminer (A, D, E och K) och vattenlösliga vitaminer (B och C). Kattens essentiella vitaminer är A, D, E och K samt B-vitaminerna tiamin (B<sub>1</sub>), riboflavin (B<sub>2</sub>), niacin (B<sub>3</sub>), pantotensyra (B<sub>5</sub>), pyridoxin (B<sub>6</sub>), folsyra (B<sub>9</sub>), biotin (B<sub>7</sub>), kobalamin (B<sub>12</sub>) och kolin (NRC 2006).

Retinol (vitamin A) är essentiell hos katten på grund av att den inte kan syntetisera retinol från karotenoider (bland annat  $\beta$ -karoten) på grund av brist på  $\beta$ -karotendioxygenas (Morris 2002). Niacin (B<sub>3</sub>) är essentiell på grund av att katten inte kan syntetisera niacin (B<sub>3</sub>) från tryptofan på grund av en extremt hög aktivitet av enzymet pikolinsyrakarboxylas (Morris 2002). Däremot har katten en hög aktivitet av enzymet 7-dehydrokolesterolreduktas (DHCR7) som leder till att syntesen av vitamin D<sub>3</sub> reduceras (Morris 1999).

Vid njursvikt ökar halten fosfor i blodet och kalcium/fosfatbalansen blir störd (Sjaastad *et al.*, 2016). Det har visat sig vara fördelaktigt att ge äldre katter med njursvikt ett fodertillskott bestående av kitosan och kalcium eftersom studier har visat att fosfor då fixerats i tarmen och minskat i blodet (Wagner *et al.* 2004), men detta skulle även kunna påverka absorptionen av kalcium (Bernkop-Schnürch 2000).

### **Insekter som produktionsdjur**

Det är tillåtet att föda upp insekter och använda dem som foder till sällskapsdjur om de krav som regelverken ställer följs (Jordbruksverket 2019b). Insekter i denna typ av uppfödning klassas som produktionsdjur och det är idag inte tillåtet att föda upp produktionsdjur på matavfall som innehåller animaliska biprodukter (Jordbruksverket 2019b). Enligt Eskilsson<sup>2</sup> får insekter födas upp på vegetabiliska biprodukter från livsmedelsindustrin om företaget är registrerat enligt EU-lagstiftningen, med restriktioner grundat på smittskydd får de liksom bland annat grisar även utfodras med animaliska biprodukter, exempelvis vassle, under särskilda villkor. Eskilsson tror att en lagändring i framtiden är möjlig eftersom restriktionerna har med smittskydd att göra samt att forskningen ligger före och lagstiftning är en långsam process<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Klara Eskilsson, Jordbruksverket, personligt meddelande, 2019-04-18.

Uppfödning av insekter kräver inga större utrymmen samtidigt som de har en hög biokonverteringsratio (Oonincx & Boer 2012). Dock påverkar många faktorer de olika insektsarternas tillväxt och näringsinnehåll och en stor bidragande faktor är artens diet (Cohen 2015; Lalander *et al.* 2019). Majoriteten av insekterna har ändå visat sig innehålla minst 30 % råprotein baserat på torrsubstans (Makkar *et al.* 2014).

### **Hållbarhet**

Matavfallet som kommer från svenska hushåll används bland annat till att producera biogas (Jordbruksverket 2019a). Ett annat sätt att använda matavfallet är som foder till larven från BSF för att sedan använda larven som råvara i kattfoder (Mertenat *et al.* 2019). För att kunna utvärdera miljöprofilen för insektbaserade produkter behöver dock hela insektens livscykel utvärderas (Salomone *et al.* 2017).

I en studie tillämpades livscykelanalysen ”från vagg till grav” på massuppfödning av BSF (Salomone *et al.* 2017). Studien visade att 10 ton matavfall gav en avkastning på 3 346 kg kompost och 300 kg torkade larver. Enligt Salomone *et al.* (2017) är biokonvertering av BSF ett mycket attraktivt alternativ för en biocirkulär ekonomi då det bidrar till en lösning av både matavfallshanteringen och den stigande globala efterfrågan på foder.

### **Svart vapenfluga**

Svart vapenfluga innehåller en stor mängd av kitin (Kurita 2001; Ibitoye *et al.* 2018), samt saknar aminosyran taurin och vitamin K (Spranghers *et al.* 2017) som är essentiella för katten.

I en studie (Lalander *et al.* 2019) undersöktes effekten av hur olika substrat i komposteringsprocessen påverkade larvtillväxten hos BSF. Studien visade att substratet inte påverkade näringsammansättningen och generellt låg proteinhalten runt 40 %. I denna studie gjordes ingen kitinkorrigerigering av proteinet vilket enligt Janssen *et al.* (2017) innebär att proteininnehållet kan vara överskattat.

I en liknande studie (Spranghers *et al.* 2017) jämfördes BSF larvens energi- och näringsinnehåll hos larver uppfödda på olika avfallssubstrat. Kontrollgruppen bestod av larver uppfödda på hönsfoder. I denna studie gjordes en kitinkorrigerigering genom att mäta kitinet och minska proteininnehållet med den summan. Studien visade inga signifikanta skillnader i torrsubstans, råprotein, kitin, råfett, aska eller torrsubstans mellan larver uppfödda på de olika substraten. Signifikanta skillnader sågs däremot på utbytet då skörden av BSF larver uppfödda på vegetabiliskt avfall och matavfall gav högre avkastning jämfört med BSF larver uppfödda på rötresten (Tabell 2). Utvecklingstiden av larven från BSF visade en signifikant skillnad mellan rötresten och matavfall, där utvecklingen av larven var kortast på rötresten, samt mellan vegetabiliskt avfall och matavfall, där tillväxthastigheten av larven var kortast på vegetabiliskt avfall. Den långsamma utvecklingstiden av larverna som fötts upp på matavfall kan bero på den stora mängden fett i substratet (Spranghers *et al.* 2017).

Aminosyraprofilen av två liknande studier, Spranghers *et al.* (2017) och Lalander *et al.* (2019), jämfördes (Bilaga 2). Resultatet visar att aminosyraprofilen av larven från BSF har högst värden av arginin, lysin och valin. Arginin var högst hos larver uppfödda på substraten slaktrester och hönsgödsel, lysin på substraten matavfall och hönsgödsel samt valin på substraten slakrester och hönsfoder. Jämförelsen av studierna visade även att utvecklingstiden var kortast för larver uppfödda på substrat med animaliskt innehåll, exempelvis var larverna från BSF uppfödda på slaktrester klara för skörd redan efter tolv dagar.

**Tabell 2.** Utvecklingstid (från första dagen larverna började utfodras med respektive substrat, avkastning och proximal sammansättning av larven från svart vapenfluga uppfödd på de olika substraten, modifierad från Spranghers *et al.* (2017)

Parameter	Hönsfoder	Rötrest	Vegetabiliskt avfall	Matavfall
Utvecklingstid (dagar)	12,3 <sup>a</sup>	15,0 <sup>b</sup>	15,5 <sup>b</sup>	19,0 <sup>c</sup>
Avkastning (g färsk vikt)	219,8 <sup>a</sup>	90,8 <sup>c</sup>	140,3 <sup>b</sup>	154,1 <sup>b</sup>
Fukt (g per kg färsk vikt)	613 <sup>a</sup>	614 <sup>b</sup>	590 <sup>b</sup>	619 <sup>b</sup>
Råprotein <sup>†</sup>	412	422	399	431
Kitin <sup>†</sup>	62	56	57	67
Råprotein, kitinkorrigerat <sup>†</sup>	388	401	377	407
Råfett <sup>†</sup>	336	218	371	386
Aska <sup>†</sup>	100	197	96	27

<sup>†</sup>g per kg torrs substans. Olika bokstäver på samma rad innebär en signifikant skillnad ( $P < 0,05$ ).

## Begränsningar

Det finns få studier gällande begränsningar av möjligheten att använda insekter som foderråvara i kattfoder. Dock finns en begränsning av produktionen av insekter eftersom de räknas som produktionsdjur och därmed följer de gällande regelverken för produktionsdjur, som tidigare nämnt får de till exempel inte utfodras med matavfall bland med animaliskt innehåll (Jordbruksverket 2019b).

För katten är kitin en olöslig fiber (Finke 2007). Paßlack & Zentek (2018) visade i sin studie att kitinasaktiviteten i kattens tarmkanal är låg vilket innebär att kitin kan räknas som en osmältbar foderkomponent och detta skulle kunna vara en begränsande faktor vid för mycket protein baserat på insekter i fodret. De vattenbindande egenskaperna för olösliga fiber leder också till en kortare passagetid genom tarmkanalen och ökad mängd avföring (NRC 2006). Dock framgår det inte i litteraturen om kitin är en icke-fermenterbar fiber för katten. Icke-fermenterbara fiber kan även dessa leda till en kortare passagetid genom tarmkanalen men även att magen fylls upp och ger en mättnadskänsla (NRC 2006).

## Komplett och balanserat kattfoder

En foderstat till en vuxen katt där larven från BSF ingår som råvara har kalkylerats (Bilaga 3). Energi- och näringsinnehållet (råanalys) av larven från BSF har baserats på värden från studien av Spranghers *et al.* (2017) där larverna fötts upp på vegetabiliskt matavfall. Råanalysen innebär att råvaran delas upp i följande fraktioner: råprotein, råfett, kolhydrater, aska, växtfiber och vatten (McDonald, 2011). Proteinhalten har korrigerats enligt Janssen *et al.* (2017) där mängden kväve multipliceras med 4,76 ( $N \times 4,76$ ) för att inte proteininnehållet

ska överskattas. Värden på övriga råvaror hämtade från olika källor så som NRC (2006) och Sveriges lantbruksuniversitet (2018). Den omsättbara energin kcal per 100 g har kalkylerats fram genom modifierade Atwater faktorer med följande formel: % protein x 3,5 + fett x 8,5 + kolhydrater x 3,5 (NRC 2006).

Sammansättning: torkade larver från svart vapenfluga 22 %, animaliska biprodukter 27 % (varav kyckling 24 % och slaktavfall 3 %), potatis 21 %, havregryn 21 %, hönsbuljong, dehydrerad 7 %, Ris 2 %.

Tillsatser (per kg): natrium 515,79 mg, klorid 958,59 mg, selen 0,078 mg, jod 1,4 mg, biotin 1733,543 mg, vitamin A 826,77 µg, vitamin D, 5,56 µg, vitamin E 33570 µg, vitamin K 1000 µg,

Genomsnittligt analysvärde: protein 34,82 % fett 15,42 % kolhydrater 37,80 %, aska 10,83 %, växttråd 1,37 %. Omsättbar energi (ME) 4461,41 kcal/100 gram.

## Diskussion

Att utnyttja matavfall som ett substrat i uppfödning av insekter där insekterna sedan kan användas som en proteinkälla till kattfoder verkar vara en lovande strategi. Användningen av just BSF till detta har visat sig var resurseffektivt i många studier då larverna från BSF kan födas upp på flertalet substrat. För att verkligen kunna jämföra produktion av BSF med produktion av nötkreatur, fisk och kyckling samt för att kunna utvärdera skillnader i miljöpåverkan behöver många faktorer granskas ytterligare, så som livscykelanalyser, global uppvärmningspotential för varje växthusgas, larvens enteriska metanproduktion, reproduktionshastighet och effektivitet för foderomvandling av olika avfall. Litteraturen tyder på att produktion av BSF ger ett lägre koldioxidavtryck jämfört med produktion av nötkreatur per kg och uppfödningen av BSF kräver inte lika mycket mark och vatten som en boskapsuppfödning. Vidare har larven från BSF en snabb tillväxt i jämförelse med exempelvis atlantlaxen (*Salmo salar*), som är en vanlig råvara i kommersiellt kattfoder.

Studier visar generellt sett att uppfödning av BSF på mer proteinrika substrat och matavfall med animaliskt innehåll ger en högre tillväxt och aminosyraprofilen skiljer sig. Det verkar även som att larven från BSF har svårare att bryta ned fett eftersom substrat innehållande mycket fett har medfört en längre utvecklingstid. Fettsyraprofilen i larven från BSF har visat sig innehålla en hög andel av laurinsyra även om substratets innehåll av fett varit låg, vilket kan bero på att laurinsyra även kan syntetiseras från andra näringsämnen.

Lalander *et al.* (2019) skriver att substratet påverkar en del i näringssammansättningen där råprotein och aminosyrasammansättningen blir i princip densamma hos larven från BSF oavsett vilket substrat som användes i komposteringsprocessen. Från ett nutritionellt perspektiv påverkade substratet inte näringssammansättningen larven med undantag av att proteininnehållet och aminosyran lysin var signifikant högre hos BSF som fötts upp på substrat innehållandes animalier (Bilaga 2).

Att föda upp BSF på substrat och matavfall med animaliskt innehåll är idag förbjudet inom EU vilket innebär att en lagändring måste ske för att detta ska kunna bli möjligt i kommersiellt syfte. Många forskare tror att en lagändring så småningom kommer genomföras eftersom det skulle kunna minska vårt resursslöseri. Blandat matavfall med animaliskt innehåll används redan i stor utsträckning till insektsuppfödning i flertalet forskningsprojekt, exempelvis vid institutionen för energi och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala. Eftersom avkastningen på substrat bestående av vegetabiliska avfall ändå är mycket god, med bekostnad på något längre utvecklingstid, tyder detta på att det redan idag är möjligt att kommersiellt producera insekter på ett långsiktigt och hållbart sätt.

Larven från BSF innehåller inget taurin som är ett essentiellt näringsämne för katten, dock behövs inte detta ses som en begränsande faktor då studier visat att katten kan metabolisera tillskott med syntetiskt protein lika bra som animaliskt taurin. Skulle foderstaten innehålla för lite taurin kan detta alltså tillsättas i rimlig mängd för att fodrets taurininnehåll ska tillfredsställa kattens behov.

I brist på studier om kattens nutrition jämförs katten ibland med laxen i litteraturen eftersom denna är en strikt karnivor med en metabolism mycket lik kattens. I en studie av Belghit *et al.* (2019) gjord på post-smolt atlantlax var syftet att ta reda på hur insektsmjöl och insektsolja i dieten påverkade laxens tillväxt, kroppssammansättning och smältbarheten av näringsämnen. I studien ersattes fiskmjölet i fodret delvis eller helt med insektsmjöl av larver från BSF som fötts upp på olika substrat. Resultatet av studien visade att bytet av fiskmjöl till insektsmjöl i dieten varken påverkade smältbarheten av protein, lipid, aminosyror och fettsyror eller laxens foderkonsumtion eller tillväxt. Aktiviteten hos aminopeptidas och trypsin i ileum samt den totala gallsyranivån i digestan påverkades inte heller. Slutsatsen i studien var att insektsmjöl från BSF är en lämplig källa för protein hos post-smolt (Belghit *et al.* 2019), vilket tyder på att BSF kan fungera som en alternativ proteinkälla även till katten. Detta verkar stämma överens med en tidigare studie utförd av Paßlack & Zentek (2018).

Orsakerna till att en katt inte vill konsumera ett foder är många och kattens preferenser bör tas i beaktande. Paßlack & Zentek (2018) visade i sin studie ett bra exempel på detta då en katt kräktes av foder A och tre katter konsumerade minimalt av foder B, dessa katter uteslöts i studien. Varför katterna inte vill konsumera fodret kan bero på flertalet faktorer. Katterna som deltog i studien var tolv år gamla och då katten ofta föredrar det foder som de är vana att konsumera skulle detta kunna vara en individuell faktor till varför dessa katter uteslöts ur studien. Andra djurrelaterade faktorer som påverkar kattens konsumtion av foder är bland annat luktsinne, smaksinne, tidigare erfarenheter och känsel i munnen. Även foderrelaterade faktorer bör tas i beaktande så som kvalitet på ingredienser, nivå av olika näringsämnen etc. Då fler katter i Paßlack & Zentek (2018) studie valde att konsumera foder A, samtidigt som råfett hade en signifikant högre smältbarhetskoefficient i detta foder, vilket tyder på att forskarna är på god väg att hitta en nivå på mjöl från BSF larver som katten accepterar i fodret, dock behövs mer forskning för att utesluta felkällor som exempelvis ålder.

Då insekter är en del av den ferala kattens naturliga diet (Plantinga *et al.* 2011) verkar katten tolerera små mängder kitin i kosten. Det är dock oklart om kitin kan nyttjas i någon form hos katten eller om det går det rakt igenom kroppen, precis som cellulosa anses göra. Studier har visat att mRNA-nivåerna av kitin från magvävnad är högre hos omnivorer än hos herbivorer och hund (Tabata *et al.* 2018), dock har hittills ingen studie utförts på katt och därför måste mer forskning göras innan det går att säkerställa om katten kan bryta ner kitin.

Ur ett etiskt perspektiv kan det ses som mer godtagbart att använda insekter som proteinkälla jämfört med produktionsdjur som proteinkälla, då det är mer resurseffektivt och ger mer hållbara dieter för både människor och djur. Den pågående samhällsdebatten om hållbarhet kopplat till både människans matkonsumtion och djurens foderkonsumtion är starkt påverkad av kultur och traditioner.

Om slaktresterna som vanligen inkluderas i kattfoder kan användas till att föda upp BSF larver blir en omväg med energiförlust istället för ett effektivt resursutnyttjande hade varit intressant att studera.

## **Slutsats**

Insekter kan utgöra en bidragande del i kattens diet och samtidigt att uppfylla kattens specifika näringsbehov och metabolism som strikta karnivorer. Studier har visat att katten kan acceptera och tillgodogöra sig ett foder baserat på insekter med upp till 22 % insektsmjöl av larven från svart vapenfluga. En egen foderoptimering visar även att det går att skapa ett komplett och balanserat foder baserat på insekter. De begränsningar som finns i att använda insekter som foderråvara till katt handlar främst om mängden kitin i dieten. Det behövs mer forskning på om kitin i kattens diet påverkar de andra näringsämnenas smältbarhet eller om insekter på något annat sätt är ett problem för katten, så att gränsvärden för kattens intag av insekter kan fastställas.

## Bilaga 1. Krav på näring för underhåll, vuxna katter. Modifierad från NRC (2006)

Näringsämne	Minimikrav			Rekommenderat Intag			Säkre Övre Gräns		
	Mängd/ kg TS <sup>a</sup>	Mängd/ 1000 kcal ME <sup>b</sup>	Mängd/ kg KV <sup>0,67c</sup>	Mängd/ kg TS <sup>a</sup>	Mängd/ 1000 kcal ME <sup>b</sup>	Mängd/ kg KV <sup>0,67c</sup>	Mängd/ kg TS <sup>a</sup>	Mängd/ 1000 kcal ME <sup>b</sup>	Mängd/ kg KV <sup>0,67c</sup>
Råprotein	160	40	3,97	200	50	4,96			
<b>Aminosyror</b>									
Arginin (g) <sup>d</sup>				7,7	1,93	0,19			
Histidin (g)				2,6	0,65	0,064			
Isoleucin (g)				4,3	1,08	0,11			
Metionin (g) <sup>e</sup>	1,35	0,34	0,033	1,7	0,43	0,042			
Metionin & Cystin (g)	2,7	0,68	0,067	3,4	0,85	0,084			
Leucin (g)				10,2	2,55	0,25			
Lysin (g)	2,7	0,68	0,067	3,4	0,85	0,084			
Fenylamin (g)				4	1	0,099			
Fenylamin & Tyrosin (g) <sup>f</sup>				15,3	3,83	0,38			
Treonin (g)				5,2	1,3	0,13			
Tryptofan (g)				1,3	0,33	0,032			
Valin (g)				5,1	1,28	0,13			
Taurin (g) <sup>g</sup>	0,32	0,08	0,0079	0,4	0,1	0,0099			
Totalt Fett (g)				90	22,5	2,2	330 <sup>a</sup>	82,5	8,2
<b>Fettsyror</b>									
Linolsyra (g)				5,5	1,4	0,14	55 <sup>a</sup>	13,8	1,4
α-Linolensyra (g)									
Arakidonsyra (g)				0,06	0,015	0,0015	2 <sup>a</sup>	0,5	0,049
Eikosapentaensyra (g)				0,1	0,025	0,0025			
Dokosahexaensyra (g) <sup>h</sup>									
<b>Mineraler</b>									
Kalcium (g)	1,6	0,4	0,04	2,9	0,72	0,071			
Fosfor (g)	1,4	0,35	0,035	2,6	0,64	0,063			
Magnesium (mg)	200	50	4,9	400	100	9,5			
Natrium (mg)	650	160	16	680	170	16,7	>15 g		
Kalium (g)				5,2	1,3	0,13			
Klorid (mg)				960	240	23,7			
Järn (mg) <sup>i</sup>				80	20	1,98			
Koppar (mg) <sup>i</sup>				5	1,2	0,119			
Zink (mg)				74	18,5	1,9	>600		
Mangan (mg)				4,8	1,2	0,119			
Selen (µg)				300	75	6,95			
Jod (µg)	1300	320	31,6	1400	350	35			
<b>Vitaminer</b>									
Vitamin A (µg retinol) <sup>j</sup>				1000	250	24,7	100000 <sup>j</sup>	25000 <sup>j</sup>	2469 <sup>j</sup>
Kolekalciferol (µg) <sup>k</sup>				7	1,75	0,17	750	188	19
Vitamin E (α-tokoferol) (mg) <sup>l</sup>				38	10	0,94			
Vitamin K (Menadion) (mg) <sup>m</sup>				1	0,25	0,025			
Tiamin (mg)				5,6	1,4	0,14			
Riboflavin (mg)				4	1	0,099			
Pyridoxin (mg)	2	0,5	0,05	2,5	0,625	0,06			
Niacin (mg)				40	10	0,99			
Pantotensyra (mg)	4,6	1,15	0,11	5,75	1,44	0,14			
Kobalamin (µg)				22,5	5,6	0,56			
Folsyra (µg)	600	150	15	750	188	19			
Biotin (µg) <sup>n</sup>				75	18,75	1,9			
Kolin (µg)	2040	510	50	2550	637	63			

TS Torrsubstans. ME Omsättbar energi. KV Kroppsvikt.

<sup>a</sup>Värden för mängd/kg TS har beräknats förutsatt att dietens energidensitet är 4000 kcal ME/kg. Om energidensiteten i dieten inte är 4000 ME/mg behöver mängd/kg TS kalkyleras för varje näringsämne genom att multiplicera värdet för varje näringsämne kolumnen mängd/kg TS med energidensiteten av kattfodret (kcal ME/kg) och dividera summan med 4000.

<sup>b</sup>För att kalkylera mängden som ska utfodras multipliceras värdet för mängd/1000 kcal ME för varje näringsämne med energiintaget (kcal ME) för en slank katt (Tabell 1) och dividera summan med 1000. För katter med ett onormalt lågt energibehov (lägre än det föreslagna kravet) behöver inte mängden/1000 kcal vara tillräcklig, utan bör istället utfodras med enligt kolumnen mängd/kg KV<sup>0,67</sup>

<sup>c</sup>Värden i kolumnen mängd/kg KV<sup>0,67</sup> har kalkylerats för en slank katt med ett energiintag av 1000 kcal x KV<sup>0,67</sup>. För vuxna katter som inte är slanka kalkyleras energiintaget genom att multipliceras det dagliga kravet på kcal ME (Tabell 1) med näringsämnets mängd/1000 kcal och dividera summan med 1000.

<sup>d</sup>För rekommenderat intag av arginin bör 0,02 g arginin tilläggas för varje g råprotein över 200 g.

<sup>e</sup>Hälften av summan för kraven på metionin + cystin förmodas vara metionin.

<sup>f</sup>För att maximera den svarta hårfärgen krävs en lika stor eller större mängd av tyrosin än av mängden fenylamin.

<sup>g</sup>Det rekommenderade intaget av taurin för högt omsättbara rena dieter är 0,4 g/kg diet, det rekommenderade intaget av taurin för torra expanderade dieter eller burkdieter är 1,0 respektive 1,7 g/kg diet.

<sup>h</sup>Inkluderar endast dokosahexaensyra: ingen information finns tillgänglig om eikosapentaensyra. Rådet är att inkludera eikosapentaensyra, men mängden bör inte överskrida 20 % av summan av eikosapentaensyra + dokosahexaensyra.

<sup>i</sup>På grund av låg biotillgänglighet bör en del oxider av järn och koppar inte användas.

<sup>j</sup>1 IU av vitamin A är = 0,3 µg av all-trans retinol eller 1 µg retinol = 3,333 IU av vitamin A. Värdena uttrycks som µg retinol i kolumnen säkre övre gräns.

<sup>k</sup>1 µg kolekalciferol = 40 IU vitamin D<sub>3</sub>.

<sup>l</sup>Högre koncentration av vitamin E är rekommenderat för dieter innehållandes stora mängder fleromättade fettsyror. 1 IU av vitamin E = 1 mg all-rac- $\alpha$ -tokoferylacetat.

<sup>m</sup>Katten har metaboliska krav, dock har inga krav på dieten påvisats när katten utfodrats med en naturlig diet (förutom fiskbaserade dieter). Under de flesta förhållanden syntetiseras förmodligen tillräcklig mängd av vitamin K av mikrober i tarmen. Tillåten mängd av vitamin K uttrycks i termer av den kommersiellt använda prekursormanadonen som kräver kalkylering för att aktivera vitamin K.

<sup>n</sup>För normala dieter som inte innehåller rå äggvita är tillräcklig mängd biotin förmodligen försedd av mikrobiell syntes i tarmarna. Dieter innehållandes antibiotika kan behöva tillskott av biotin.



**Bilaga 2.** En jämförelse av två studier av larven från svart vapenfluga uppfödd på olika substrat (Spranghers *et al.* 2017; Lalander *et al.* 2019)

Näringsämne	Hönsfoder		Rötrest		Matavfall		Vegetabiliskt avfall		Slaktrester	Höns gödsel
	S <sup>b</sup>	L <sup>b</sup>	S <sup>b</sup>	L	S <sup>b</sup>	L <sup>a</sup>	S <sup>b</sup>	L <sup>b</sup>	L <sup>a</sup>	L
<b>Protein</b>										
Råprotein*	41,20 %	39,60 %	42,20 %	42,60 %	43,10 %	39,20 %	39,90 %	41,30 %	44,20 %	41,60 %
Råprotein, kitinkorrigerat**	31,38 %	30,16 %	32,14 %	32,44 %	32,82 %	29,85 %	30,39 %	31,45 %	33,66 %	31,68 %
<b>Aminosyror (g per kg TS)</b>										
Alanin	25,20	58,80	24,30	48,20	27,80	59,30	24,20	54,80	57,2	56,5
<b>Arginin</b>	20,30	48,30	20,30	44,90	19,90	48,90	20,00	45,40	<b>49,6</b>	<b>49,2</b>
Aspartan	37,80	83,80	33,60	82,60	36,90	90,80	35,90	80,60	92,8	92,6
Cystein	saknas	5,90	saknas	6,50	saknas	5,30	saknas	5,00	saknas	5,5
Cystin	2,50	saknas	2,40	saknas	2,20	saknas	2,10	saknas	6,8	saknas
Glutaminsyra	41,90	94,60	39,80	95,70	45,80	98,40	41,30	95,40	100,0	96,6
Glycin	22,60	51,10	22,60	48,30	25,20	52,70	22,20	52,40	58,0	54,1
Histidine	13,60	29,20	13,60	19,80	13,80	29,10	12,40	26,30	35,3	30,9
Hydroxyprolin	saknas	< 0,25	sakas	< 0,25	saknas	< 0,25	saknas	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Isoleucine	17,20	45,30	18,40	39,00	19,10	41,30	17,30	43,00	46,7	41,0
Leucin	28,60	73,40	29,50	62,50	30,60	67,90	28,00	66,70	68,4	66,1
<b>Lysin</b>	23,40	59,50	25,70	61,70	23,00	<b>82,50</b>	22,60	51,40	64,0	<b>70,7</b>
Metionin	7,60	17,10	8,70	18,10	7,10	18,40	7,60	15,30	17,7	20,5
Ornitin	saknas	0,60	saknas	< 0,25	saknas	<1,3	saknas	< 0,25	0,3	<1,3
Fenylalanin	17,00	38,60	18,70	37,30	16,40	40,30	16,30	34,50	35,9	42,0
Prolin	22,50	48,50	22,10	46,50	25,10	51,20	21,40	52,80	50,6	52,0
Serin	16,60	39,90	15,50	36,60	15,90	41,30	15,00	38,60	40,5	38,4
Treonin	16,40	36,80	16,80	33,10	16,20	38,60	15,40	34,60	37,0	38,3
Tryptofan	6,70	15,20	6,20	17,90	5,40	13,80	5,80	14,00	16,7	16,2
Tyrosin	saknas	58,40	saknas	62,60	saknas	60,20	saknas	55,00	saknas	62,1
<b>Valin</b>	24,10	<b>61,30</b>	24,90	52,80	28,20	58,40	24,80	59,50	<b>63,2</b>	59,7
Utvecklingstid (dagar)	12,30	14,00	15,00	39-41	19,00	14,00	15,50	28,00	<b>12,0</b>	14,0

\*N-tot x 6,25. \*\*N-tot x 4,76. <sup>a</sup>Innehåller animalier. <sup>b</sup>Innehåller endast vegetabilier. TS Torrsubstans. Högsta värden hos utmärkande aminosyror är fetmarkerade.

S Substrat Spranglers *et al.* (2017):

Hönsfoder: från Aveve Veevoeding, Legkorrel Total 77, upplöst i vatten, TS 38,7 %. Rötrest: från biogasjäsningen (anaerobt jäst) av de vegetabiliska avfallet i samma studie, som sedan centrifugerades till en fast fraktion, TS 38,6 %. Matavfall: från en studentrestaurang på Ghent University, Belgien. Bestående av potatis, ris, pasta och grönsaker, TS 38,1 %. Vegetabilier: en mix av färska morötter, ärtor, havrerot och selleri, TS 41,1 %.

L Substrat från Lalander *et al.* (2019):

Hönsfoder: från Granngården, Hönsfoder Bas, upplöst i vatten, TS 41,2 %. Rötrest: anaerobt nedbrutet avloppsslam från Kungsängens reningsverk, Uppsala, TS 28,7 %. Matavfall: från restaurangen Ultuna Campus, Uppsala. Matavfallet mixades i en kvarn, TS 24,3 %. Vegetabilier: vegetabiliskt avfall bestående av sallad (50 %), äpplen (30 %) och potatis (20 %), TS 11,1 %. Slaktrester: från en fårfarm i som hackades manuellt med kniv för att representera innehållet i slaktrester i låg och mellaninkomstländer. Bestående av 48 % maginnehåll, 16 % blod från köttblock köpta i ett försäljningsställe, 12 % gödsel, 16 % kött och 8 % lungor och hjärta. TS 18 %. Höns gödsel: från en gård i Funbo-Lövsta, Uppsala, TS 31,2 %.

## Referenser:

- AAFCO (The Association of American Feed Control Officials) (2001). *The Definition of Dietary Fiber*. Minnesota: Cereal Foods World (2001:03). Tillgänglig [https://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Documents/DietaryFiber/DFDef.pdf?fbclid=IwAR3-KO12mnUHiUBIImv-kSdwzTfpQLTWUL19vw9s6airi0\\_\\_-5JXcWmnO4A](https://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Documents/DietaryFiber/DFDef.pdf?fbclid=IwAR3-KO12mnUHiUBIImv-kSdwzTfpQLTWUL19vw9s6airi0__-5JXcWmnO4A) [2019-05-23]
- Ballard, F.J. (1965). Glucose utilization in mammalian liver. *Comparative Biochemistry and Physiology*, vol. 14 (3), ss. 437–443. DOI: [https://doi.org/10.1016/0010-406X\(65\)90218-5](https://doi.org/10.1016/0010-406X(65)90218-5)
- Banks, I.J. (2014). *To assess the impact of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae on faecal reduction in pit latrines*. (doctoral). London School of Hygiene & Tropical Medicine. Tillgänglig: <http://researchonline.lshtm.ac.uk/1917781/> [2019-04-25]
- Belghit, I., Liland, N.S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., Waagbø, R., Krogdahl, Å. & Lock, E.-J. (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, vol. 503, ss. 609–619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.032>
- Bernkop-Schnürch, A. (2000). Chitosan and its derivatives: potential excipients for peroral peptide delivery systems. *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 194 (1), ss. 1–13. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(99\)00365-8](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(99)00365-8)
- Berson, E.L., Hayes, K.C., Rabin, A.R., Schmidt, S.Y. & Watson, G. (1976). Retinal degeneration in cats fed casein. II. Supplementation with methionine, cysteine, or taurine. *Investigative Ophthalmology*, vol. 15 (1), ss. 52–58
- Codex Alimentarius (2017). *Guidelines on nutrition labelling*. Rome: The Food and Agriculture Organization (FAO) Tillgänglig: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCAC%2BGL%2B2-1985%252FCXG\\_002e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCAC%2BGL%2B2-1985%252FCXG_002e.pdf) [2019-05-23]
- Cohen, A.C. (2015). *Insect Diets: Science and Technology, Second Edition*. CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/b18562>
- Ferrier, D.R. (2017). *Lippincott illustrated reviews: biochemistry*. 7. uppl. Philadelphia: Wolters Kluwer Health
- Finke, M.D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, vol. 26 (2), ss. 105–115. DOI: <https://doi.org/10.1002/zoo.20123>
- Hand, M.S. & Thatcher, C.D. (2010). *Small animal clinical nutrition*. 5. uppl. Topeka: Mark Morris Institute.
- Ibitoye, E.B., Lokman, I.H., Hezmee, M.N.M., Goh, Y.M., Zuki, A.B.Z. & Jimoh, A.A. (2018). Extraction and physicochemical characterization of chitin and chitosan isolated from house cricket. *Biomedical Materials*, vol. 13 (2), s. 025009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-605X/aa9dde>
- 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*, vol. 65 (11), ss. 2275–2278. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>
- Jordbruksverket (2019a). *Animaliska biprodukter från livsmedel*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/produkterfrandjur/animaliskabiprodukterfranlivsmedel.4.34d5860314ffa5dab6637db.html> [2019-05-20]

- Jordbruksverket (2019b). *Insekter som foder*. Tillgänglig:  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/foder/foderforolikadjurslag/insektersomfoder.4.5a59a50815b0a44606e5c1b4.html> [2019-05-20]
- Kettelhut, I.C., Foss, M.C. & Migliorini, R.H. (1980). Glucose homeostasis in a carnivorous animal (cat) and in rats fed a high-protein diet. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, vol. 239 (5), ss. R437–R444. DOI:  
<https://doi.org/10.1152/ajpregu.1980.239.5.R437>
- Kienzle, E. (1993). Carbohydrate metabolism of the cat 2. Digestion of starch. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, vol. 69 (1–5), ss. 102–114. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1993.tb00794.x>
- Kienzle, E. (1994). Blood Sugar Levels and Renal Sugar Excretion After the Intake of High Carbohydrate Diets in Cats. *The Journal of Nutrition*, vol. 124 (suppl\_12), ss. 2563S-2567S. DOI:  
[https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl\\_12.2563S](https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_12.2563S)
- Kurita, K. (2001). Controlled functionalization of the polysaccharide chitin. *Progress in Polymer Science*, vol. 26 (9), ss. 1921–1971. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(01\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(01)00007-7)
- 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*, vol. 208, ss. 211–219. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
- Levillain, O., Parvy, P. & Hus-Citharel, A. (1996). Arginine metabolism in cat kidney. *The Journal of Physiology*, vol. 491 (2), ss. 471–477. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021231>
- 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*, vol. 197, ss. 1–33. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- 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*, vol. 48 (2), ss. 177–184. DOI:  
<https://doi.org/10.1080/10408390701279749>
- McDonald, P. (red.) (2011). *Animal nutrition*. 7. uppl. New Jersey: Prentice Hall.
- McGeachin, R.L. & Akin, J.R. (1979). Amylase levels in the tissues and body fluids of the domestic cat (*Felis catus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, vol. 63 (3), ss. 437–439. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(79\)90274-8](https://doi.org/10.1016/0305-0491(79)90274-8)
- Mertenat, A., Diener, S. & Zurbrugg, C. (2019). Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential. *Waste Management*, vol. 84, ss. 173–181. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.040>
- Morris, J.G. (1999). Ineffective vitamin D synthesis in cats is reversed by an inhibitor of 7-dehydrocholesterol-delta7-reductase. *The Journal of Nutrition*, vol. 129 (4), ss. 903–908. DOI:  
<https://doi.org/10.1093/jn/129.4.903>
- Morris, J.G. (2002). Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. *Nutrition Research Reviews*, vol. 15 (01), s. 153. DOI:  
<https://doi.org/10.1079/NRR200238>
- Morris, J.G., Rogers, Q.R., Winterrowd, D.L. & Kamikawa, E.M. (1979). The Utilization of Ornithine and Citrulline by the Growing Kitten. *The Journal of Nutrition*, vol. 109 (4), ss. 724–729. DOI:  
<https://doi.org/10.1093/jn/109.4.724>

- Morris, J.G., Trudell, J. & Pencovic, T. (1977). Carbohydrate digestion by the domestic cat (*Felis catus*). *British Journal of Nutrition*, vol. 37 (03), s. 365. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN19770040>
- NRC (National Research Council) (2006). *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Washington, D.C.: National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/10668>
- Oonincx, D.G.A.B. & Boer, I.J.M. de (2012). Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLOS ONE*, vol. 7 (12), s. e51145. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Paßlack, N. & Zentek, J. (2018). Akzeptanz, Verträglichkeit und scheinbare Nährstoffverdaulichkeit von Alleinfuttermitteln auf Basis von *Hermetia-illucens*-Larvenmehl bei Katzen. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere / Heimtiere*, vol. 46 (04), ss. 213–221. DOI: <https://doi.org/10.15654/TPK-180372>
- Plantinga, E.A., Bosch, G. & Hendriks, W.H. (2011). Estimation of the dietary nutrient profile of free-roaming feral cats: possible implications for nutrition of domestic cats. *British Journal of Nutrition*, vol. 106 (S1), ss. S35–S48. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114511002285>
- Rogers, Q.R., Morris, J.G. & Freeland, R.A. (1977). Lack of Hepatic Enzymatic Adaptation to Low and High Levels of Dietary Protein in the Adult Cat. *Enzyme*, vol. 22 (5), ss. 348–356. DOI: <https://doi.org/10.1159/000458816>
- Rogers, Q.R. & Phang, J.M. (1985). Deficiency of pyrroline-5-carboxylate synthase in the intestinal mucosa of the cat. *The Journal of Nutrition*, vol. 115 (1), ss. 146–150. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/115.1.146>
- Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S. & Savastano, D. (2017). Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production*, vol. 140, ss. 890–905. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>
- Schmidt, S.Y., Berson, E.L. & Hayes, K.C. (1976). Retinal degeneration in cats fed casein. I. Taurine deficiency. *Investigative Ophthalmology*, vol. 15 (1), ss. 47–52
- SFS 2006:805. *Lag om foder och animaliska biprodukter*. Stockholm: Näringsdepartementet.
- Sjaastad, O.V., Hove, K. & Sand, O. (2016). *Physiology of domestic animals*. 3. uppl. Oslo: Scandinavian Veterinary Press
- 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: Nutritional composition of black soldier fly. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 97 (8), ss. 2594–2600. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Statistiska centralbyrån (2013). *Hundar katter och andra sällskapsdjur 2012*. Stockholm: Svenska Kennelklubben Tillgänglig: <https://www.skk.se/globalassets/dokument/om-skk/scb-undersokning-hundar-katter-och-andra-sallskapsdjur-2012.pdf> [2019-05-23]
- Statistiska centralbyrån (2019). *Statistikdatabasen, varuimport och varuexport efter varugrupp KN 2,4,6-nivå, bortfallsjusterat, sekretessrensad, år 2000-2018*. Tillgänglig: [http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_\\_HA\\_\\_HA0201\\_\\_HA0201B/ImpExp\\_KNTotAr/table/tableViewLayout1/?rxid=c604da36-0e86-4ab8-ae4e-ada078b7ff77](http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__HA__HA0201__HA0201B/ImpExp_KNTotAr/table/tableViewLayout1/?rxid=c604da36-0e86-4ab8-ae4e-ada078b7ff77) [2019-05-16]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2018). *Fodertabell för gris*. Tillgänglig: <http://www2.freefarm.se/fodertabell/fodtab.pl?djur=gris> [2019-05-27]

- Tabata, E., Kashimura, A., Kikuchi, A., Masuda, H., Miyahara, R., Hiruma, Y., Wakita, S., Ohno, M., Sakaguchi, M., Sugahara, Y., Matoska, V., Bauer, P.O. & Oyama, F. (2018). Chitin digestibility is dependent on feeding behaviors, which determine acidic chitinase mRNA levels in mammalian and poultry stomachs. *Scientific Reports*, vol. 8 (1), s. 1461. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19940-8>
- Teeter, R.G., Baker, D.H. & Corbin, J.E. (1978). Methionine and Cystine Requirements of the Cat. *The Journal of Nutrition*, vol. 108 (2), ss. 291–295. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/108.2.291>
- Wagner, E., Schwendenwein, I. & Zentek, J. (2004). Effects of a dietary chitosan and calcium supplement on Ca and P metabolism in cats. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, vol. 117 (7–8), ss. 310–315
- Westöö, A-K & Jensen, C. (2018). *Matavfall i Sverige Uppkomst och behandling 2016*. Stockholm: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-8811-8.pdf?pid=22466> [2019-05-23]
- Wysokowski, M., Bazhenov, V.V., Tsurkan, M.V., Galli, R., Stelling, A.L., Stöcker, H., Kaiser, S., Niederschlag, E., Gärtner, G., Behm, T., Ilan, M., Petrenko, A.Y., Jesionowski, T. & Ehrlich, H. (2013). Isolation and identification of chitin in three-dimensional skeleton of *Aplysina fistularis* marine sponge. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 62, ss. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.08.039>