



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjursgenetik

Insekter som livsmedel: Möjligheter och utmaningar i att designa avelsprogram



Agnes Fridell

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp
Agronomprogrammet – Husdjur
Institutionen för husdjursgenetik
Uppsala 2017

Insekter som livsmedel: Möjligheter och utmaningar i att designa avelsprogram

Insects as food: Opportunities and challenges in designing breeding programs

Agnes Fridell

Handledare: Lotta Rydhmer, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Examinator: Erling Strandberg, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0553

Program: Agronomprogrammet - Husdjur

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursgenetik, XXX

Omslagsbild: Jenny Svennås-Gillner, SLU

Nyckelord: **Acheta domesticus, Tenebrio, Apis mellifera, Bombyx mori, entomophagy, avelsprogram.**

Key words: crickets, mealworms, honeybees, silkworms, Acheta domesticus, Tenebrio, Apis mellifera, Bombyx mori, entomophagy, breeding program.

Sammanfattning

Insekter har föreslagits som ett möjligt alternativ för att producera klimatsmart kött. Det beror delvis på deras höga foderomvandlingsförmåga. Foderomvandlingsförmågan innebär att de kan födas upp på mindre foder i jämförelse med andra djur. Det kan vara ett bra sätt att använda markresurserna. Insekter har konsumerats av människor länge men inte så mycket i EU, där de nyligen bedömdes vara ett nytt livsmedel. Det är först de senaste åren insekter har börjat födas upp på gårdar och hittills är honungsbi och silkesmask de enda domesticerade insekterna. Idag finns det inget avelsprogram för insekter som syrsor eller mjölmaskar. Med ett avelsprogram skulle det vara möjligt, till exempel, påverka insekternas mottaglighet för sjukdomar. Detta skulle kunna göra produktionen mer hållbar. Tidigare har insekter använts som modelldjur i olika studier och i vissa studier har de testats som djurfoder. Men få studier har utförts med syfte att utvärdera insekterna som livsmedel. För att ett avelsprogram ska vara meningsfullt att designa, måste det finnas en marknad i väst, insekter måste bevisas vara säkra för konsumtion och djurskyddslagar måste uppdateras för att inkludera insekter. Insekters gener måste studeras och genetiska parametrarna beräknas. Det är också nödvändigt att skapa en databas där egenskaperna är registrerade. Hur snabbt avelsframsteg som är möjligt beror bland annat på ärftligheten hos den önskvärda egenskapen, insekternas generationsintervall och om deras reproduktion är säsongsbunden. Det finns alltså många faktorer som påverkar hur framgångsrikt ett avelsprogram för insekter kan bli.

Nyckelord: Acheta domesticus, Tenebrio, Apis mellifera, Bombyx mori, entomofagi, avelsprogram.

Abstract

Insects have been put forward as a possible alternative to produce climate smart meat. It is partly due to the high feed conversion. Feed conversion capability means that they could be raised on less feed compared to other animals. It can be a great way to use land resources. Insects have been a part of food for people a long time but not so much in EU, where they were newly classified as a novel food. It is only recently that they have begun to be raised on farms and so far honeybees and silkworms are the only insects that are domesticated. Today there is no breeding program for insects such as crickets or mealworms. With a breeding program, it would be possible, for example, affect the insects' susceptibility to diseases which can make production more sustainable. Previously, insects were used as model animals in different studies and, in some studies, they have been tested as animal feed. However, no studies where the aim was to evaluate the insects as food. For a breeding program to be worthwhile to design, there must be a market in the West, insects must be proven to be safe for human consumption to be sold in EU and animal protection laws must be updated to include insects. Insect genes need to be studied and the genetic parameters estimated. It is also necessary to create a database where the traits are registered. How fast genetic progress is possible depends, for example, on the heritability of the desirable trait, the insects generation interval and if their reproduction is seasonal. So there are many factors that could influence the success of a breeding program for the insects.

Nyckelord: Acheta domesticus, Tenebrio, Apis mellifera, Bombyx mori, entomofagi, breeding program.

Innehållsförteckning

Förklaring av begrepp	9
1 Inledning/Introduction	10
2 Bakgrundsfakta om insekter	11
2.1 Uppfödning av insekter och arter som skulle fungera att föda upp som livsmedel	11
2.2 Näringsinnehåll hos insekter	12
2.3 Sjukdomar hos insekter	13
2.4 Påverkan på människors hälsa	14
2.5 Lagstiftning gällande insektsuppfödning	15
2.6 Inställningen till insekter som livsmedel	15
2.7 Etik och djurvälstånd	16
2.8 Genetiska studier och avelsarbete med honungsbi och silkesmask	17
2.9 Studier som nu utförs på syrsor och mjölmask	18
3 Diskussion	20
3.1 Förslag på design av avelsprogram för syrsor och mjölmaskar	20
3.2 Generell diskussion och slutsats	22
Referenslista/References	25
Bilagor	29

Förklaring av begrepp

Foderomvandlingsförmåga- Mäts som kg tillväxt/kg foder. För industrin är det fördelaktigt om foderomvandlingsförmågan är hög.

Fodereffektivitet- Mäts som kg foder/kg tillväxt. Den ska helst vara låg.

1 Inledning

Många utmaningar förutspås för de kommande årtiondena. Befolkningen förväntas växa vilket kommer medföra större tryck på miljön och ökad användning av markresurser (FAO, 2013). Efterfrågan på animaliska produkter kommer enligt skattningar av FAO nästan ha fördubblats globalt år 2050. FAO förväntar sig dessutom vattenbrist i framtiden, vilket kommer påverka markens produktivitet. Det finns alltså ett behov av att ta fram en mer miljöanpassad animalieproduktion.

Ett av förslagen är att västvärlden skulle börja äta insekter. Att äta insekter kallas för entomofagi (Berggren och Jansson, 2015). Cirka två miljarder människor äter insekter som en del i sin kost men i västvärlden har det inte fått genomslag, många anser att det är osmakligt med insekter i mat (FAO, 2013). I Nederländerna har ansträngningar gjorts för mer positiva associationer till entomofagi sen 1990-talet, vilket har varit framgångsrikt (Dicke et al., 2014).

Några fördelar med att använda sig av insekter i livsmedelsproduktion är att de har en hög foderomvandlingsförmåga, det innebär att det går åt mindre mark för att framställa foder åt dem jämfört med boskapsdjur (Oonincx et al., 2010). De kan därför vara effektiva för att utnyttja markresurser. Det finns data på att insekter släpper ut mindre växthusgaser i jämförelse med konventionell boskap (Oonincx et al., 2010).

Dessutom innehåller insekter många fettsyror och protein av hög kvalitet (FAO, 2013). De innehåller även många mikro-mineraler och vitaminer (Rumpold och Schlüter, 2013). Entomofagi antas därför kunna ha hälsosamma effekter på befolkningen. Uppfödning av insekter har alltså potential att hållbart möta många av de framtida utmaningarna.

Insekter har nyttjats av människor i flera år men trots det är det bara honungsbi, silkesmaskar och koschenillsköldlus som blivit domesticerade (FAO, 2013). Insekter som ingår i människors kost hämtas ofta från naturen och det är ganska nytt att föda upp dem för livsmedelsproduktion (DeFoliart, 1997). Enligt Berggren och Jansson (2015) finns det flera fördelar med att tillämpa avelsprogram på de insekter som ska födas upp för att bli livsmedel. Avelsarbete kan till exempel förändra insekternas tillväxttakt och foderomvandlingsförmåga, smak och sjukdomar.

Syftet med det här arbetet är att ge en bild av dagens produktion av insekter och besvara frågan: Hur kan ett avelsprogram för insekter för livsmedel byggas upp?

2 Bakgrundsfakta om insekter

2.1 Uppfödning av insekter och arter som skulle kunna fungera att föda upp för livsmedel

Uppfödning av insekter är en ganska ny företeelse (FAO, 2013). Tidigare har de fångats in från naturen. Men för att det ska bli lönsamt att föda upp insekter för livsmedel måste insekterna produceras kontinuerligt och uppfödningen och bearbetning bör i hög grad automatiseras. När insekterna hålls i uppfödningssystem uppstår möjligheten och intresset att selektera för mer önskvärda egenskaper. Med selektionsarbete är det till exempel möjligt att påverka insekternas foderomvandlingsförmåga, tillväxttakt, sjukdomar, smak med mera. Ytterligare en anledning till att föda upp insekter i system är att de kan påverkas av miljöförändringar och bekämpningsmedel när de plockas från naturen (van Huis, 2015).

Hussysra (*Acheta domesticus*) betraktas som lätt att föda upp (FAO, 2013). De kan födas upp i så trånga förhållanden som 2000 insekter per kvadratmeter (Makkar et al., 2014), innehåller många näringsämnen som är väsentliga för människor (Collavo et al., 2005) och de har också funnits i Sverige i många år och kan betraktas som infödda (Berggren och Jansson, 2015). Det är av säkerhetsskäl viktigt att undvika uppfödning av främmande arter i Sverige eftersom ekosystem skulle kunna drabbas om insekterna råkade hamna i naturen (Berggren och Jansson, 2015). Syrsor förökar sig sexuellt (Hanboonsong et al., 2013). Äggläggning varar för hussysror 7-14 dagar och utvecklingen från ägg till vuxen är 45-60 dagar. Syrsornas parningsfrekvens påverkas av temperaturen (Tashika et al., 2006). Det indikerar att hussysror förökar sig snabbare vid vissa säsonger.

Larver från skalbaggen *Tenebrio* kallas för mjölmaskar (FAO, 2013). Mjölmaskar har kort livslängd, är lätta att odla och används i västvärlden en del i foder till sällskapsdjur. Det finns en studie på att mjölmaskar kan utnyttja växtmaterial av låg kvalitet som foder (Makkar et al., 2014). Idag utfodras de däremot mest med vete kompletterat med soja och skummjölkspulver vilket av miljöskäl inte anses hållbart.

Eftersom mjölbaggas i det fria kan förstöra spannmål har de studerats en del i immunoekologiska studier i syfte att utveckla bekämpningsmedel, vilket medfört kunskap om deras immunförsvar (Prokkola et al., 2013). Mjölbaggas förökar sig sexuellt (Gerber, 1975). Tiden i stadium som ägg och puppa varierar med temperatur (Cotton and St. George, 1929). För arten *Tenebrio obscurus* är puppstadium 7 dagar vid 25 grader celcius och 20 dagar vid 18 grader celcius. Även antalet larver varierar med temperatur (Ludwig, 1956). *Tenebrio molitor* får exempelvis 11- 15 larver vid 25 grader celcius och 15-23 larver vid 30 grader celcius. *Tenebrio molitor* är i genomsnitt i larvstadium i 153,7 dagar (Tracey, 1958). Vid litteratursökning för det här arbetet har ingen litteratur anträffats som påvisat att *Tenebrio* skulle ha säsongsbunden reproduktion.

Honungsbi (*Apis mellifera*) är domesticerade och det har bedrivits en del avel med dem (Berggren och Jansson, 2015). I Danmark har det genomförts studier med honungsbi-larver som livsmedel (Berggren och Jansson, 2015). Silkeslarver (*Bombyx mori*) konsumeras i Kina (Belluco et al., 2013). Det är alltså även en möjlighet att konsumera honungsbi och silkeslarv.

Syrсор, mjölmaskar, honungsbi och silkeslarv är alla medlemmar i klassen insekter men tillhör olika ordningar, familjer, släkter och arter (Nationalencyklopedin). De är alltså inte särskilt närbesläktade. Det kan jämföras med att däggdjur är en klass men däggdjur kan vara väldigt olika varandra.

2.2 Näringsinnehåll hos insekter

I allmänhet anses insekter ha en hög foderomvandlingsförmåga, mätt som kg tillväxt/kg foder (Berggren och Jansson, 2015). Fodereffektiviteten som kan definieras som kg foder/kg tillväxt har i studier visat sig effektivare hos insekter än för de flesta konventionella animalieproducerande djur. I en studie visade det sig att syrsor behövde sex gånger mindre foder än nötkreatur, fyra gånger mindre än får och hälften jämfört med grisar och slaktkycklingar för att producera ungefär samma mängd protein (FAO, 2015). Däremot är det lite känt om hur människor smälter ner och nyttjar näringen hos insekter (Berggren och Jansson, 2015).

Protein är vanligen det näringsämne som finns i högst koncentration hos insekter (Finke, 2008), se bilaga 1. Proteinhalten kan variera mycket mellan olika insekter (Finke, 2008), se bilaga 2. Det finns insekter som har en proteinhalt på 80 % och

insekter som har 21% proteinhalt. Som bearbetade kan variationen i proteinhalt bli ännu större, beroende på hur insekten bearbetats. Exoskelettet innehåller mycket protein. Enligt FAO (2013) kan aminosyror i exoskelettet vara svårare för människor att konsumera. Men FAO menar att många insekter uppfyller människors behov av aminosyror.

Det finns mycket rapporterat om fettsyrasammansättningen hos olika insektsarter (Finke, 2008), se bilaga 3. Det har inte gått att urskilja ett mönster i fettsyrasammansättningen. De arter som har testats innehöll omega-3, omega-6, palmitinsyra och oljesyra. Men det skiljer sig en del i fettsyrasammansättningen mellan arter, vissa insekter har flera andra fettsyror som till exempel laurinsyra. Insekternas fettsyrainnehåll verkar påverkas både av fettsyrasyntesen och av sammansättningen av fettsyror i insektens kost. Fettsyrasyntesen skiljer sig mellan olika arter, vilket kan vara en förklaring till skillnader i fetthinnehållet.

De flesta insekter verkar också innehålla bra mängder av spårämnen som järn, zink, selen, koppar och mangan (Finke, 2008). Men det saknas studier som visar hur tillgängliga spårmineralerna är för människor som konsumerar insekter. Den höga halten av järn och zink hos insekter i jämförelse med hos boskap är intressant eftersom det finns en brist på de mineralerna i utvecklingsländer (van Huis, 2015). 25 % av världensbefolkning har järnbrist och 17 % har brist på zink. Se bilaga 4 angående mineralinnehåll hos insekter. Data om vitamininnehåll hos olika insekter är begränsad (Finke, 2008), se bilaga 5. Många insekter verkar ha en låg mängd vitamin A (retinol). Uppgifter om E-vitamininnehållet är få men nivåerna verkar generellt låga. Vildfångade insekter verkar innehålla mer E-vitamin än uppfödda så kosten har sannolikt stor betydelse. Även data om B-vitamininnehåll hos insekter är mycket begränsad. Det verkar som om insekter är en bra källa till de flesta B-vitaminer.

2.3 Sjukdomar hos insekter

Hussysror kan drabbas av ett densovirus (Weissman et al., 2012). I USA har farmer fått lägga ner produktionen på grund av densovirus utbrott. Risken för sjukdomar ökar när djur föds upp i större besättningar nära varandra (van Huis, 2015). För att motverka densovirus i besättningar av hussysror är det viktigt att tidigt kunna upp-

täcka smittade syrsor. Det är även viktigt att utveckla saneringsmetoder för att motverka smitta. FAO rekommenderar att alltid bevara en föräldralinje vid start av massproduktion ifall kulturen kraschar,

I några studier, exempelvis Steelman et al. (1995) och Lara et al. (2010), har syrsor och mjölmaskars immunförsvar studerats. Även om studierna har haft som syfte att få ökad kunskap om virus och bakterier eller om syftet har varit att lättare kunna bekämpa insekter som skadedjur kan det ändå finnas kunskap från de studierna om insekternas immunförsvar som kan vara relevant vid uppfödning.

2.4 Påverkan på människors hälsa

Eftersom människor och insekter skiljer sig ganska mycket taxonomiskt bedömer FAO det som låg sannolikhet att zoonotiska infektioner skulle sprida sig mellan människor och insekter. Patogener som har djur som värd men kan övergå till människor som värd bör ändå uppmärksammas (FAO, 2013).

Belluco et al. (2013) nämner allergi som en möjlig risk av att konsumera insekter. Många leddjur som exempelvis kräftor, räkor och hummer kan framkalla allergiska reaktioner hos människor (Ayuso, 2011). Vissa allergener har visat sig vara gemensamma för olika typer av livsmedel genom ett fenomen som kallas krossreaktivitet (Belluco et al., 2013). Det gäller till exempel för insekter och kräftdjur. Lämplig livsmedelsmärkning som uppmärksammar konsumenterna bör finnas.

Även parasiter på insekterna kan vara en risk enligt Belluco et al. (2013). Dessutom finns det få studier som specifikt undersöker mikrobiell säkerhet hos insekter i livsmedel. Riskerna kan dock motverkas genom att störa parasiternas livscykel och genom hygienåtgärder.

Det finns också kemiska risker med att konsumera insekter (Belluco et al., 2013). Om insekterna skördas från vilt tillstånd kan de vara påverkade av bekämpningsmedel som också kan påverka människor som konsumerar dem. Ämnen som är toxiska för människor kan också finnas i insekternas kost eller syntetiseras av insekterna. Insekter som livnär sig på ätliga växter anses vara säkra medan övriga måste undersöka (Holt, 2007).

Konsumtion av insekter skulle även kunna påverka människors hälsa på ett positivt sätt. Som tidigare nämnts innehåller insekter mycket järn vilket är en brist hos människor i utvecklingsländer (van Huis, 2015).

2.5 Lagstiftning gällande insektsuppfödning

Det kan vara svårt att tolka lagar om animalieproduktion när det gäller insektsuppfödning. Bortsett från att det kan skapa osäkerhet hos producenter och konsumenter kan det vara ett djurskyddsproblem. Till exempel omfattas insekter inte av lagen att djur måste slaktas i ett certifierat slakteri under närvaro av en djurskyddsansvarig (van Huis, 2015).

Enligt Livsmedelverket (2017) bedömer EU att livsmedel med insekter ska klassificeras som nya livsmedel. Eftersom insekterna klassas som ett nytt livsmedel av EU innebär det att producenterna måste ta fram underlag som bevisar att deras produkter inte utgör någon hälsofara för konsumenterna. Detta på grund av att EU använder sig av den så kallade säkerhetsprincipen (van Huis, 2015). Säkerhetsprincipen innebär att producenten måste bevisa att en ny produkt är ofarlig innan den får säljas på EU:s marknad. Definitionen av ett nytt livsmedel är ett livsmedel som inte konsumerats i EU i "någon större utsträckning" före 15 maj 1997 (Livsmedelsverket, 2017). Med större utsträckning menas till exempel att livsmedlet har haft hög tillgänglighet eller konsumerats vid speciella högtider (Belluco et al., 2013). Tidigare fanns en viss osäkerhet kring om insekter var ett nytt livsmedel enligt EU:s definition. Det finns en förordning om att en produkt som konsumerats länge i en EU-medlemsstat ska godtas på marknaden men eftersom insekter mest har konsumerats i tredje världen räknas de inte som gamla livsmedel i EU även om de har konsumerats länge.

Enligt livsmedelsverket fanns det inga företag eller myndigheter som kunde redogöra för i vilken omfattning insekter konsumerats inom EU. Hittills har de inte fått in någon ansökan om riskbedömning från något land (februari 2017).

Eftersom jordbruksstatistik inte alltid inkluderar insekter som livsmedel eller foder kan det vara svårt att få statistik på hur mycket insekter konsumeras (van Huis, 2015).

2.6 Inställningen till insekter som livsmedel

I Nederländerna har acceptansen för insekter i livsmedel ökat (Dicke et al., 2014). Framgången för entomofagi var troligtvis ett resultat av samverkan mellan forskare, statliga institutioner, den privata sektorn, stiftelser och ideella organisationer. Enligt

Dicke et al. (2014) kan framgången i Nederländerna ha betydelse för entofagi i andra länder.

Det finns teorier om att människor lättare accepterar insekter som livsmedel om synen och lukten av livsmedlet är bekant och insekterna inte serveras intakta (Dicke et al., 2014). Insekterna kan till exempel konsumeras i mjöl (FAO, 2013).

Entomophagy har börjat uppmärksammas i västerländska samhällen de senaste åren. Några företag som till exempel har börjat sälja insektsbaserade livsmedel är Exo och Chapul som säljer proteinbars som innehåller insekter (Berggren och Jansson, 2015). Exo hamnade på magasinet Fast Company:s lista för de tio mest innovativa företagen 2015 på grund av proteinbars gjorda på insekter. Det finns också några restauranger i de nordiska länderna som har börjat servera livsmedel med insekter i.

2.7 Etik och djurvälstånd

Att utnyttja djur innebär alltid etiska frågor. Konsumtion av insekter och att designa avelsprogram för dem skulle innebära många etiska ställningstaganden. Enligt Gjerris et al. (2016) finns det fem områden inom vilka etiska frågor är särskilt relevanta vad gäller konsumtion av insekter. Dessa fem områden är: miljöpåverkan, människors och djurs hälsa, djurskydd, mänskliga preferenser och social acceptans, och djupare djuretiska frågor.

I ett miljöetiskt perspektiv bör påpekas att miljöaspekter är ganska komplicerade att mäta (Gjerris et al., 2016). De kan bero på flera faktorer som exempelvis var gränserna för bedömningarna dras. Vilken data och hur stor mängd data som finns tillgänglig spelar också en stor roll för mätningarna.

Vad gäller konsumenternas hälsa så har insekter konsumerats väldigt länge. Men för att kunna garantera konsumenternas hälsa krävs det kunskap. Bristande information kan till exempel ses som oetiskt mot konsumenterna (Gjerris et al., 2016).

Användandet av bioteknik för att genmodifiera organismer är också en etisk fråga som det är troligt att konsumenterna kommer vilja ha en öppen debatt om (Gjerris et al., 2016).

Djupare djuretiska frågor berör till exempel djurens eget värde och deras rättigheter (Gjerris et al., 2016). Det gäller till exempel rätten att existera eller rätten att slippa utnyttjas. Flera forskare har tillskrivit insekter egenvärde, medvetande och förmåga att känna smärta. Om insekter ändå utnyttjas blir nästa etiska övervägande att göra en etisk analys av forskningen där risker och fördelar vägs mot varandra och en bedömning av djurens välfärd behöver göras. Enligt Smith och Pryor (2013) saknas djurskyddsvägledning när det gäller insekter inom jordbruket. Så sent som 2012 föreslog Erens et al. (2012) att avlivningsmetoderna för insekter borde ses över för att se till att de dör omedelbart. Insekterna avlivs ofta genom till exempel frysning eller fritering. Enligt Regan (1983) och Francione (2008) är det dessutom alltid värt etiskt övervägande att orsaka död oavsett hur döden orsakas.

I tidigare avelsarbete med till exempel kyckling har det ofta visat sig att smala avelsmål, vilket kan vara miljöetiskt genom att optimera resursanvändningen, inneburit negativa konsekvenser för djurens hälsa och välfärd (Sandoe et al., 1999). För att inte försämra djurens livskvalitet genom genetiskt urval krävs det kunskap och samarbete mellan genetiker, etologer, epidemiologer och andra yrkesgrupper relaterade till djurskydd.

2.8 Genetiska studier och avelsarbete med honungsbi och silkeslarv

Som tidigare nämnts räknas honungsbi och silkeslarver som domesticerade. Kunskap om deras domesticeringsprocess kan användas för att skapa ett avelsprogram för syrsor och mjölmaskar. Det är därför av intresse att studera genetiska studier av honungsbi och silkeslarv även om de inte är särskilt nära släkt med syrsor och mjölmaskar.

Inom honungsbiaveln används mycket insemination. Men eftersom inseminationsmaterialet är begränsat innebär det en risk för inavel (Nino, 2015). Det är därför viktigt att importera genetiskt material, både för att bevara den genetiska mångfalden och för att öka önskvärda egenskaper i avelsprogrammet. Bättre tekniker för infrysning har gjort det lättare att importera och det pågår försök att importera genetiskt material mellan Europa och USA.

Honungsbi kan drabbas av en parasit som heter Varroa (Nino, 2015). Därför finns ett intresse för att med selektiv avel göra honungsbin mer motståndskraftiga mot Varroa. Genom att avla för det skulle kanske inte lika mycket bekämpningsmedel

behöva tillämpas vilket är bra då parasiten kan utveckla resistens. Ett avelsprogram för mer motståndskraftiga bin skulle kunna utformas genom att använda genetiska markörer för viktiga gener. Med molekylär teknik kan snabba genetiska tester utföras istället för att göra mer tidskrävande traditionell registrering och avelsvärdering. Enligt Nino (2015) har ett par markörer för gener som verkar vara viktiga för tolerans mot *Varroa* identifierats. De generna visade sig ha epistatisk effekt. Nino (2015) menar att det innebär problematik i att utforma ett avelsprogram eftersom det medför att flera olika gener måste selekteras.

Det finns en gen som betecknas CSD hos honungsbi som inte är önskvärd eftersom den gör diploida homozygota hanar icke livskraftiga (Nino, 2015). Honor är heterozygota vid det lokuset och hanar är normalt haploida hemizygoter. Det är alltså i dubbel uppsättning genen är skadlig eller om det inte finns en fungerande kompletterande gen. För att kunna övervaka och motverka CSD allelen har ett PCR-test tagits fram för den.

År 2006 utfördes en studie på silkeslarver där larvernas genetiska potential utvärderades i syfte att identifiera de bästa att använda som föräldradjur i avelsprogram (Rao et al., 2006). Syftet med studien var att förbättra en viss silkesmasklinje som är underlägsen andra linjer vad gäller kvalitet och kvantitet men som är viktig silkesproducent i tropiska länder eftersom de är anpassade till tropiskt klimat. Det fanns därför ett behov av att välja ut de bästa föräldrarna till avelsprogrammen. Olika linjer föddes upp och några parametrar mättes på dem, som exempelvis fruktbarhet, trådlängden, andel råsilke med mera. Tio linjer identifierades som potentiella moderstammar.

För att underlätta tillgången till information om silkeslarvers genom bildades databasen *Silkworm Knowledge (SilkDB)* (Wang et al., 2005). *SilkDB* är ett integrerat system där uppgifter om silkeslarvernas genom lagras. Där går det att hämta uppgifter, utföra visualiseringar och analysera information. Databasen antas allmänt kunna underlätta studier av insektsdomesticering, immunitet, reproduktion med mera. *SilkDB* innehåller 428,7 Mb genomsekvenser vilket motsvarar 90,9% av de kända silkesgenerna.

2.9 Studier som nu utförs på syrsor och mjölmask

I en studie 2005 undersöktes den genetiska bakgrunden till hussyrsans kroppsstorlek (Del Castillo, 2005). Studien handlade egentligen inte om själva syrsorna. Syrsorna

fungerade som modelldjur i studien istället för till exempel möss. Slutsatsen blev att honor har större genetisk variation i storlek än hanar. Studien indikerade också morfologiska skillnader i storlek mellan könen. Längden på bakbenens tibia, längden på framvingarna och bredden på protonum visade könsdimorfism. Resultaten tydde på hög genetisk korrelation mellan egenskaperna framvingarnas längd, längden på bakbenens tibia och bredd på protonum.

2013 utfördes en studie på mjölbaggas som undersökte om det finns genetisk eller fenotypisk korrelation mellan inkapsling som respons från immunförsvaret och melanin i ytterhuden (Prokkola et al., 2013). Studien gjordes på mjölbaggas eftersom de förstör spannmål och kunskap om deras immunförsvaret kan vara användbart vid bekämpning. Hypotesen var att det skulle finnas en positiv korrelation mellan styrkan hos immunförsvaret och graden melanin. Slutsatsen blev att honor både hade ett medfött starkare immunförsvaret och högre grad melanin än hanar. Egenskaperna testades vid olika temperaturer och slutsatsen blev att temperaturen hade stor påverkan på egenskaperna. Vid den lägsta temperaturen tydde resultaten på en positiv korrelation mellan egenskaperna. Inkapslingen var svagare vid högre temperaturer vilket kan tyda på att det är mer kostsamt för mjölbaggarna att upprätthålla immunförsvaret när temperaturen stiger.

I många av de här studierna är syrsor eller mjölmaskar modelldjur. Syftet har inte alltid varit kopplat till livsmedelsproduktion men det har ändå lett fram till genetiska slutsatser som kan vara användbar kunskap för att börja avla för bättre livsmedel. Det kan till exempel finnas kunskap om gener som påverkar kroppsstorlek och immunförsvaret vilket kan vara viktig kunskap inom uppfödning.

3 Diskussion

3.1 Förslag på design av avelsprogram för syrsor och mjölmask

Det första som behövs i ett avelsprogram är ett avelsmål. För insekter till livsmedel skulle avelsmålet kunna vara hög foderomvandlingsförmåga eftersom det gör dem klimatsmarta (Oonincx et al., 2010), högt järninnehåll för att motverka järnbrist hos människor (van Huis, 2015) och allmänt bra innehåll av aminosyror och fett. Det kan vara fördelaktigt att avla för sjukdomsresistens i likhet med hur honungsbin har selekterats för att vara resistenta mot varroa (Nino, 2015). För att kunna göra det krävs det att hitta QTL (Quantitative Trait Locus) som påverkar motståndskraften mot den aktuella sjukdomen och sen hitta markörer för genen. Alternativt kan insekter med känt släktskap utsättas för smitta och sen registreras som friska eller sjuka. På dessa insekter kan sen traditionell avelsvärdering med tröskelmodell utföras. Andra egenskaper som kan vara intressanta för livsmedelsproduktion kan, bortsett från sjukdomsresistens, vara kroppsstorlek och reproduktionsförmåga. Avelsmålen måste sen prioriteras utifrån ekonomisk vikt, det kan till exempel vara viktigare att selektera mot sjukdomar än för reproduktion om reproduktionen redan är bra och insekterna är känsliga för en sjukdom som kan slå ut en hel population. Avelsvärdet för egenskaperna i avelsmålet multipliceras därför med ekonomiska vikter som grundas på egenskapers ekonomiska betydelse för produktionen. Sen summeras det ihop till ett värde som ger insekten ett ekonomiskt avelsvärde. På det sättet kan olika linjers avelsvärde jämföras ekonomiskt.

Sen behöver egenskaperna registreras. På insekter görs det förmodligen genom iakttagelser av till exempel frisk/sjuk. Det är antagligen fördelaktigt att använda sig av både selektion grundat på genetiska markörer och gruppselektion i familjegrupper. Vid gruppselektion studeras familjer och de som har önskvärda egenskaper selekteras. Det som selekteras är alltså familjer istället för individer. Det ger lägre säkerhet vilket gör det genetiska framsteget mindre. Men processen att märka ut individuella insekter hade varit krånglig och tidskrävande. Genomanalyser kan utföras på insek-

ter för att identifiera markörer för gener som till exempel påverkar sjukdomsresistens. Genom att testa och selektera djur eller grupper med markörer för önskade alleler kan säkerheten bli bättre och avelsframsteget blir snabbare än vid traditionell avelsvärdering. PCR- test kan tas fram för alleler, som det har gjorts inom biaveln för CSD allelen, om en allel skulle identifieras som icke- önskvärd eller extra önskvärd (Nino, 2015). Det är möjligt att viss kunskap om insektsgener redan finns från studier där insekter varit modelldjur eller studerats som skadedjur.

Andra saker som kan påverka avelsframsteget, bortsett från säkerheten, är exempelvis egenskapernas arvbarhet, generationsintervall, antal avkommor, insekternas reproduktionsperiod, och om insekten förökar sig sexuellt eller asexuellt. Både syrsor och mjölmaskar förökar sig sexuellt (Hanboonsong et al., 2013, Gerber, 1975) vilket inte gör det aktuellt att använda sig av asexuell uppförökning, hanar behövs alltså i alla besättningar. Syrsor blir vuxna på 45 till 60 dagar och genomgår inget larvstadium (Hanboonsong et al., 2013). Mjölmaskar ska genomgå larv och puppstadium innan de blir vuxna mjölbaggas (Tracey, 1958, Cotton och St. George, 1929). Larvstadium är enligt Tracey (1958) i cirka 154 dagar (för arten *Tenebrio molitor*) och puppstadium är cirka 7- 20 dagar (för arten *Tenebrio obscurus*) enligt Cotton och St. George (1929). Cirka 161 dagar kan det alltså ta för mjölmasken att bli vuxen och kunna reproducera sig. Det gör att syrsor får kortare generationsintervall än mjölmaskar vilket medför snabbare avelsframsteg. Syrsornas reproduktion verkar dock till viss del säsongsstyrd enligt Tashika et al. (2006) vilket skulle kunna påverka att avelsframsteget går lite långsammare än det hade gjort annars. Hur många avkommor insekterna får har betydelse eftersom många avkommor innebär att fler individer eller grupper kan registreras vilket gör att selektionsintensiteten kan öka utan att färre individer selekteras.

Genetiska parametrar måste skattas. Det är förmodligen inte speciellt tidskrävande eftersom många insekter kan födas upp på en liten yta och testas. Vissa parametrar som arvbarhet gäller bara för populationen de är skattade i och måste skattas om regelbundet eftersom de ändras över tid.

För att ha koll på all information och kunna göra välgrundade selektionsbeslut krävs det en databas där informationen lagras. En möjlighet är att göra en liknande databas som gjorts för silkeslarver (Wang et al., 2005) fast för syrsor eller mjölmask. Om markörer eller gener för sjukdomsresistens har identifierats och ett viktigt avelsmål är att selektera för resistens kan listor över vilka familjer som har allelen och vilka som inte har den skapas så att familjer med genen i första hand selekteras. Databasen skulle också kunna korrigera för fixa effekter vilket gör det möjligt att jämföra insekter från olika populationer. Om databasen är global skulle genetisk

information från studier över hela världen kunna sammanställas. Det skulle innebära färre onödiga försök och snabbare framsteg.

Selektionsintensiteten bör vara hög för att ge snabbare genetiskt framsteg. En risk med att välja för få individer är att det ökar inaveln. Ett annat sätt att öka selektionsintensiteten är att öka antalet registrerade djur att välja bland, vilket bör vara lätt eftersom många insekter kan hållas på liten yta vilket innebär att många kan födas upp. Begränsningar för urvalet kan behöva införas i avelsplanen. Det kan till exempel innebära ett max antal avkommor eller att avelsdjur inte ska vara helsyskon. Det är viktigt att insekternas miljö är likartad så att miljövariationen minskar eftersom det påverkar avelsvärdenas säkerhet.

För att analysera avelsarbetet behöver en utvärdering göras med några års mellanrum. En analys är intressant för att undersöka att selektionen verkligen ha gett resultat och för att kontrollera att avelsplanen inte har medfört ogynnsamma korrelerade effekter. Avelsvärden plottas mot år för att se i vilken riktning utveckling går och hur snabb den är. Avelsmålen kan behöva uppdateras med tiden på grund av nya intressen eller kunskaper.

3.2 Generell diskussion och slutsats

Hur ser då möjligheterna att designa ett avelsprogram för insekter ut? Det är en komplex fråga. Den första frågan är om det är något som överhuvudtaget bör utföras? Faktorer som talar för att det är en bra idé är insekternas dokumenterat höga foderomvandlingsförmåga (Oonincx et al., 2010), att de har ett bra näringsinnehåll (FAO, 2013, Rumpold och Schlüter, 2013) och att det redan finns viss kunskap om exempelvis syrsor och mjölbaggjar från studier där de har varit modelldjur (Prokkola et al., 2013, Del Castillo, 2005).

Faktorer som måste övervägas innan ett avelsprogram startas är om det finns en marknad för produkterna i väst. Det finns enligt FAO (2013) en skeptism hos människor i västvärlden som skulle behöva påverkas genom exempelvis kampanjer.

Vad insekterna utfodras med har betydelse för hur klimatvänlig produktionen blir. Det anses inte hållbart att föda upp dem på soja (Makkar et al., 2014). Klimatpåverkan kan vara svårt att mäta enligt Gjerris et al. (2016) och ska insekterna marknads-

föras som ett klimatsmart val bör fokus på produktionen ligga på att göra hela produktionskedjan klimatvänlig. Det kan analyseras genom att göra livscykelanalyser (LCA) som exempelvis utförts av Oonincx och de Boer (2012) på mjölmaskar i Nederländerna.

Bortsett från klimatfrågan tillkommer andra etiska aspekter. Det gäller till exempel insekternas rättigheter. Är det rätt att konsumera dem av klimatskäl när vi kunde ha gått över till en vegetabilisk kost istället? Djurskyddsfrågor måste uppdateras utifrån insekternas behov och forskning om hur de bäst föds upp och om sjukdomar behövs. När insekterna ska massproduceras ökar risken för att de drabbas av sjukdomar (van Huis, 2015) och det kommer troligen krävas en del nya kunskaper för att motverka ekonomiska förluster och minskad djurvälstånd.

För att garantera konsumenternas säkerhet måste ytterligare studier göras och eftersom EU klassar insekter som nytt livsmedel måste företagen bevisa att livsmedel med insekter i är säkra för att produkterna ska kunna säljas (Livsmedelsverket, 2017).

Samtidigt förutspås klimatutmaningar och insekterna kunde vara ett bra steg till en hållbar livsmedelsproduktion bland annat på grund av den höga foderomvandlingsförmågan. Därför är genetisk selektion av insekter för bättre livsmedelsproduktion ändå är ett intressant alternativ, även om många frågor behöver utredas för att göra produktionen ekonomiskt lönsam och etisk.

Den andra frågeställningen är hur lätt ett avelsprogram hade varit att designa? Det finns mycket som talar för att det kunde genomföras enkelt och på ganska kort tid. Insekter har domesticerats tidigare och metoderna för att till exempel använda genetiska markörer vid selektion finns (Nino, 2015). Familjeselektion istället för individuell selektion ger ett mindre avelsframsteg men det kan eventuellt uppvägas av andra faktorer exempelvis andelen selekterade djur, generationsintervallens längd och additiv genetisk variation i egenskaperna. Eftersom insekter är relativt billiga att föda upp och kan födas upp på en liten yta finns potential att testa ett stort antal insekter. Det gör det möjligt att få hög selektionsintensitet och hög säkerhet för avelsvärdena. Vilka gener som är ekonomiskt viktiga kan också påverka hur lätt det blir att designa avelsprogrammet. Om viktiga gener visar sig vara epistatiska försvårar det att göra snabba selektionsframsteg.

Slutsatsen av det här arbetet blir att det bör vara möjligt att med framgång avla på insekter för bättre livsmedelsproduktion och att det finns mycket som talar för att vi borde börja selektera för det. Men eftersom det kommer krävas en hel del insatser

och kunskaper för att göra produktionen ekonomiskt lönsam och etisk kommer det troligen ta några år innan det är meningsfullt att designa avelsprogram. En viss tid kommer det också ta att få ett avelsframsteg men det bedöms ändå inte krävas alltför lång tid, bland annat på grund av det snabba generationsintervallet.

Referenslista

- Ayuso R. 2011. Update on the diagnosis and treatment of shellfish allergy. *Curr Allergy Asthma Rep* 11(4):309–16.
- Belluco S., Losasso C., Maggioletti M., Alonzi C., Paoletti M., Ricci A. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* Volume 12, Issue 3, May 2013, Pages 296–313.
- Berggren, A och Jansson, A.. 2015. Insects as Food – Something for the Future? A report from Future Agriculture. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).
- Gerber, G. (1975). REPRODUCTIVE BEHAVIOUR AND PHYSIOLOGY OF TENEBRIO MOLITOR (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE): II. EGG DEVELOPMENT AND OVIPOSITION IN YOUNG FEMALES AND THE EFFECTS OF MATING. *The Canadian Entomologist*, 107(5), 551-559. doi:10.4039/Ent107551-5
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., Paoletti, M.G. 2005. House cricket small-scale farming. In: *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. Ed. Paoletti, M. G. New Hampshire Science Publishers. p. 519-544.
- Cotton, R. T. George. 1929. The meal worms. United States Department of Agriculture Tech. Bull. 95.
- DeFoliart, G.R. 1997. An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecology of Food and Nutrition* 36: 109-132.
- Del Castillo Raúl Cueva. 2005. The quantitative genetic basis of female and male body size and their implications on the evolution of body size dimorphism in the house cricket *Acheta domesticus* (Gryllidae). *Genetics and Molecular Biology*. Vol. 28 no. 4.
- Dicke, M., van Huis, A., Peters, M., van Grurp, H. 2014. The hockey stick pattern in the acceptance of edible insects in the Netherlands. Abstract book at conference “Insects to Feed the World”, the Netherlands. p. 118
- Erens, J., Es van, S., Haverkort, F., Kapsomenou, E., Luijben, A. 2012. <http://venik.nl/site/wp-content/uploads/2013/06/Rapport-Large-scale-insect-rearing-in-relation-to-animal-welfare.pdf>
- FAO 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. *Forestry paper*, 171: 1-154.

- FAO. 2015. <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en>
- Finke Mark D. 2008. Nutrient Content of Insects. Springer Netherlands pp 2623-2646.
- Francione, G.L., 2008. Animals as persons: essays on the abolition of animal exploitation. Columbia University Press, New York, NY, USA.
- Gjerris M., Gamborg C. och Röcklinsberg H. 2016. Ethical aspects of insect production for food and feed. Journal of Insects as Food and Feed, 2016 online.
- Hanboonsong Yupa, Jamjanya Tasanee, Durst Patrick B. 2013. Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. FAO E-ISBN 978-92-5-107579-1.
- Holt VM. 2007. Why not eat insects? Kent, England: Pryor Publications.
- Lara Carlos, Bascañán-García Ana Priscila, Córdoba-Aguilar Alex. 2010. Immune investment impairs growth, female reproduction and survival in the house cricket, *Acheta domestica*. Journal of Insect Physiology, Volume 56, Issue 2, Pages 204–211.
- Livsmedelsverket. 2017. <https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/produktion-av-livsmedel/nya-livsmedel>
- Ludwig D. 1956. Effects of temperature and parental age on the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera, Tenebrionidae). Ann. Ent. Soc. America 49: 12-15.
- 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: 1-33.
- Nationalencyklopedin, honungsbi. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/honungsbi> (hämtad 2017-04-11)
- Nationalencyklopedin, mjölbagg. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/mjölbagg> (hämtad 2017-04-11)
- Nationalencyklopedin, silkesfjäril. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/silkesfjäril> (hämtad 2017-04-11)
- Nationalencyklopedin, syrsor. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/syrsor> (hämtad 2017-04-11)
- Nino, LN, Jasper, WC. Improving the future of honey bee breeding programs by employing recent scientific advances. Current Opinion in Insect Science 2015, 10:163–169

- Oonincx, D.G.A.B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M.J.W., van den Brand, H., van Loon, J.J.A., van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PLoS ONE Volume 5, article number e14445.
- Oonincx, D.G.A.B. and de Boer, I.J.M. 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - a life cycle assessment. PLoS ONE Volume 7, article number e51145.
- Prokkola, J, Roff, D et al. 2013. Genetic and phenotypic relationships between immune defense, melanism and life-history traits at different temperatures and sexes in *Tenebrio molitor*. *Heredity* 111, 89–96
- Rao, C.G.P., Seshagiri, S.V., Ramesh, C. et al. 2006. Evaluation of genetic potential of the polyvoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) germplasm and identification of parents for breeding programme. *J. Zhejiang Univ. - Sci. B* (2006) 7: 215
- Regan, T., 1983. The case for animal rights. University of California Press, Los Angeles, CA, USA.
- Rumpold, B.A. and Schlüter, O.K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research* 57: 802-823.
- Sandoe P, Nielsen B L, Christensen L G och Sorensen P. 1999. STAYING GOOD WHILE PLAYING GOD - THE ETHICS OF BREEDING FARM ANIMALS. *Animal Welfare* 1999,8: 313-328
- Smith, R. and Pryor, R., 2013. Work package 5: pro-insect platform in Europe. Deliverable 5.1 – mapping exercise report with regard to current legislation and regulation: Europe and Africa and China. Minerva HCC Ltd, Andover, UK, 24 pp.
- Steelman C. D., Mcallister J. C., Newberry L. A. och Skeeles J. K. 1995. Isolation of Infectious Bursal Disease Virus from the Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer)1. *Poult Sci* (1995) 74 (1): 45-49.
- Tashika K. Kindle, Kristen M. Johnson, Tracie M. Ivy, Carie B. Weddle, Scott K. Sakaluk. 2006. Female mating frequency increases with temperature in two cricket species, *Gryllobates sigillatus* and *Acheta domestica* (Orthoptera: Gryllidae). *Canadian Journal of Zoology*, 2006, 84(9): 1345-1350, 10.1139/z06-127.
- Tracey, Sr. K. M. 1958. Effects of parental age on the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus. *Ann. Ent. Soc. America* 51:429-432.
- van Huis, A. 2015. Edible insects contributing to food security? *Agric & Food Secur* 4:20
- Wang, J et al. SilkDB: a knowledgebase for silkworm biology and genomics. *Nucleic Acids Res* (2005) volume 33

Weissman, D.B., Gray, D.A., Pham, H.T., Tijssen, P. 2012. Billions and billions sold: pet-feeder crickets (Orthoptera: Gryllidae), commercial cricket farms, an epizootic densovirus, and government regulations make for a potential disaster. *Zootaxa* 3504: 6788.

Bilaga 1

	<i>Insekt</i>	<i>Framställningsmetod</i>	Fukt innehåll (%)	Råprotein (%)	Råfett (%)	Fiber (%)	Aska (%)
<i>Syrsa</i>	<i>Mjölmask</i>	Hel, rå	61,9	49,1	35,0	6,6	2,4
		Hel, rå	69,2	66,6	22,1	10,2	3,6
	<i>(vuxen)</i>						
	<i>Syrsa (nymph)</i>	Hel, rå	77,1	67,2	14,4	9,6	4,8
	<i>Honungsbi (vuxen hane)</i>	Hel, rå	72,4	64,4	10,5		17,8
	<i>Honungsbi (vuxen hona)</i>	Hel, rå	65,7	60,0	10,6		17,4
	<i>Honungsbi (larv)</i>	Hel, rå	76,8	40,5	20,3	1,3	3,4
	<i>Silkeslarv (artificiell diet)</i>	Hel, rå	82,7	53,8	8,1	6,4	6,4
	<i>Silkeslarv (diet av mullbärsblad)</i>	Hel, rå	76,3	64,7	20,8		
<i>Silkeslarv (diet av mullbärsblad)</i>	Hel, rå, avlägsnat tarminnehåll	69,9	62,7	14,2			

Näringsinnehåll hos olika insekter. Modifierad från Finke (2008).

Bilaga 2

<i>Insekt</i>	Ala (%)	Arg (%)	Glu (%)	Gly (%)	His (%)	Leu (%)	Met (%)	Cys (%)	Tyr (%)
<i>Mjölmask</i>	4,04	2,55	5,54	2,73	1,55	5,22	0,63	0,42	3,60
<i>Syrsa (vuxen)</i>	5,84	4,06	6,98	3,38	1,56	6,66	0,97	0,55	3,25
<i>Syrsa (nymph)</i>	5,98	4,10	6,99	3,54	1,48	6,42	0,87	0,57	3,71
<i>Honungsbi (larv)</i>	1,94	1,72	5,56	1,77	0,95	2,84	0,86	0,86	1,77
<i>Silkeslarv (artificiell diet)</i>	2,40	2,23	5,35	3,21	1,39	2,83	0,71	0,46	1,68

Innehåll av aminosyror hos olika insekter. Modifierad från Finke (2008).

Bilaga 3

<i>Insekter</i>	Omega-3 (%)	Omega-6 (%)	Stearin- syra (%)	Palmitinsyra (%)	Olje- syra (%)	Palmitiolje- syra (%)
<i>Mjölmask</i>	0,37	9,13	1,02	6,01	14,15	0,92
<i>Syrsa (vuxen)</i>	0,19	7,44	1,88	5,06	5,00	0,29
<i>Syrsa (larv)</i>	0,18	4,80	1,27	2,66	2,79	0,14
<i>Honungsbi (larv)</i>	0,16	0,15	1,83	6,34	7,84	0,10
<i>Silkeslarv (artificiell diet)</i>	0,83	2,05	0,72	0,98	1,86	0,03

Fettinnehåll hos olika insekter. Modifierad från Finke (2008).

Bilaga 4

<i>Insekt</i>	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)	Na (mg/kg)	Cl (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Se (mg/kg)
<i>Mjölmask</i>	440	7,480	2,100	8,950	1,410	4,910	54	137	16	14
<i>Syrsa</i> (vuxen)	1,320	9,580	1,090	11,270	4,350	7,370	63	218	20	0,6
<i>Syrsa</i> (nymph)	1,200	11,000	990	15,370	5,890	9,690	93	297	22	0,4
<i>Honungsbi</i> (larv)	590	7,720	910	11,590	550	3,750	56	69	17	0,3
<i>Silkeslarv</i> (artificiell diet)	1,020	13,700	2,880	18,270	2,750	3,580	95	178	21	0,8

Mineralinnehåll hos olika insekter. Modifierad från Finke (2008).

Bilaga 5

<i>Insekter</i>	Vitamin A (µg retinol/kg)	Thiamin (mg/kg)	Riboflavin (mg/kg)	Vitamin B12 (µg/kg)	Biotin (mg/kg)	Niacin (mg/kg)
<i>Mjölmask</i>	240	6,3	21,3	0,8	12,3	107
<i>Syrsa (vuxen)</i>	240	1,2	110,7	174,3	0,6	125
<i>Syrsa (larv)</i>	140	0,8	41,5	380,8	0,2	143
<i>Honungsbi (larv)</i>		17,7	39,2		1,0	158
<i>Silkeslarv (artificiell diet)</i>	2,740	19,1	54,3		1,4	152

Vitamininnehåll hos olika insekter. Modifierad från Finke (2008).