



Til Landbrugsstyrelsen

**Vedr. bestillingen: "Notat om potentiale og muligheder for opdræt af insekter til brug som proteinkilde i foder til økologiske dyr".**

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling fremsendt d. 11. maj 2017 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at udarbejde et "Notat om potentiale og muligheder for opdræt af insekter til brug som proteinkilde i foder til økologiske dyr". Nedenfor følger lettere revideret udgave af besvarelsen, der således erstatter den version, der blev fremsendt den 29. september 2017. Besvarelsen er udarbejdet af Lektor Jan Værum Nørgaard og Lektor Ricarda Engberg begge fra Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet, og kvalitetssikring er foretaget af professor Hanne Damgaard Poulsen fra samme institut.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Miljø- og Fødevareministeriet med underliggende styrelser 2017-2020" (punkt B-8 i arbejdsprogrammet til Ydelsesaftale Husdyrproduktion).

Venlig hilsen

Klaus Horsted

DCA - Nationalt Center for  
Fødevarer og Jordbrug

Klaus Horsted

Specialkonsulent

Dato . 20.10.2017

Direkte tlf.: 87 15 79 75

Mobiltlf.:

E-mail:

Klaus.Horsted@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Reference: khr

Journal 2017-760-000283

## Notat om potentiale og muligheder for opdræt af insekter til brug som proteinkilde i foder til økologiske dyr

Jan Værum Nørgaard og Ricarda Engberg

Aarhus Universitet, Institut for Husdyrvidenskab

### Afgrænsning af arter omhandlet i notatet

Syv insektarter er i 2017 blevet tilladt at inkludere som forarbejdet animalsk protein i foder i akvakultur: soldaterflue (*Hermetia illucens*), stueflue (*Musca domestica*), melskrubbe (*Tenebrio molitor*), hønseribille (*Alphitobius diaperinus*), husfårekyling (*Acheta domesticus*), sribet fårekyling (*Gryllodes sigillatus*) og steppefårekyling (*Gryllus assimilis*). Da den gældende lovgivning begrænser brug af insekter som foder til fødevareproducerende husdyr til udfodring af levende insekter, bliver brugen i praksis begrænset af naturbeskyttelsesloven. Af ovennævnte 7 arter er stueflue (*Musca domestica*) og melskrubbe (*Tenebrio molitor*) naturligt hjemhørende i den danske natur. Er arterne ikke naturligt hjemhørende skal de vurderes i forhold til naturbeskyttelsesloven og opnå dispensation i forhold til denne for at kunne produceres i Danmark. Det vurderes at hønseribille (*Alphitobius diaperinus*), husfårekyling (*Acheta domesticus*) og black soldier fly/soldaterflue (*Hermetia illucens*) er interessante i forhold til både produktions- og ernæringspotentiale, hvorved disse 3 ikke-naturligt hjemhørende arter også er medtaget i vurderingen som foder til økologiske svin og fjerkræ. Endvidere vurderes det, at det er hønseribillens larve, den lille melorm, der vil blive udfodret og ikke hønseribillen selv.

**Tabel 1.** Navngivning i litteraturen af insekter på dansk, latin og engelsk.

Danske navne	Latinsk navn	Engelsk navn
Stueflue	<i>Musca domestica</i>	House fly
Melskrubbe	<i>Tenebrio molitor</i>	Common mealworm
Hønseribille	<i>Alphitobius diaperinus</i>	Lesser mealworm beetle
Husfårekyling	<i>Acheta domesticus</i>	House cricket
Soldaterflue	<i>Hermetia illucens</i>	Black soldier fly

## **Insekternes egnethed som foder til økologiske svin og fjerkræ**

Når en foderblanding bliver sammensat, er målsætningen at tildele dyret de næringsstoffer, der er behov for til lavest mulig pris. Dette gøres i praksis ved at sammensætte foder med en lang række forskellige råvarer, som samlet set bidrager med de nødvendige aminosyrer, mineraler og energi.

Foderblandinger til svin og fjerkræ varierer meget i sammensætning over tid afhængig af råvareudbud og priser. Typisk indgår der i foderblandingerne til svin og fjerkræ i dag (udover en blanding af kornarter og klid) proteinfodermidler som økologiske sojabønner eller sojakager, solsikkekager, ærter, lupiner, hestebønner samt rapsfrø og rapskager. Herudover indgår der pt. ikke-økologisk kartoffelprotein koncentrat og/eller majs gluten og fiskemel i mindre mængder for at opnå den mest hensigtsmæssige proteinsammensætning til nogle grupper af husdyr, særligt unge dyr. Til evaluering af insekternes potentiale som foder til husdyr er det produkternes bidrag til forsyning af aminosyrer, som har størst relevans og interesse. Insekter som foder til husdyr er for nyligt reviewet af Sanchez-Muros et al. (2014) og Makkar et al. (2014), og dele af dette notat er baseret på disse referencer.

### *Husdyrenes proteinforsyning og -udnyttelse*

Protein, eller rettere dets indhold af aminosyrer, skal tilføres dagligt gennem foderet i mængder, der svarer til dyrets behov for aminosyrer til vedligehold, vækst og anden produktion som fx æg, mælk og fostre. Behovet for protein/aminosyrer varierer derfor i løbet af dyrets livscyklus. Halvdelen af de 20 aminosyrer kan dyrene danne selv ud fra andre aminosyrer. Den resterende halvdel kan dyret ikke danne selv eller kun i begrænset mængde, og disse betegnes som essentielle aminosyrer.

Vigtigheden af proteinforsyning og særligt forsyningen af de enkelte essentielle aminosyrer er ikke kun vigtig for dyrenes produktionspotentiale, men også for dyrenes velfærd og miljøpåvirkning.

Der er to helt centrale elementer i udnyttelsen af protein: fordøjeligheden af protein i mave og tarm og udnyttelsen af de absorberede aminosyrer.

Fordøjeligheden er defineret som den andel af et foder, der optages af dyret over tarmen. Det protein, der er i en foderblanding, kommer fra mange forskellige råvarer, der med sine karakteristika påvirker fordøjeligheden af både råvaren selv og den samlede foderblanding. Samlet set omtales disse karakteristika som anti-nutritionelle faktorer (ANF). Tabet af protein stiger med indholdet af ANF i form af fx uopløselige fibre og lignin, herunder kitin i insekter, enzym-hæmmere, tanniner, alkaloider og lektiner. Ærter, bønner og sojabønner er kendt for at indeholde

trypsin og chymotrypsin hæmmere og lektiner. Raps kan indeholde glukosinolater, erucasyre og tanniner. Lupin kan have et indhold af lektiner og alkaloider (forårsaget af melldrøjer). Hestebønner kan indeholde tanniner og glykosider. ANF'er giver ofte foderet en dårlig smag, hvorved især grise mister ædelysten, eller også nedsætter ANF'er fordøjelsen af protein ved at hæmme de proteinnedbrydende enzymer. Foruden kitin er der i litteraturen ikke beskrevet forekomst af andre typer ANF hos insekter. Det er dermed tydeligt, at de økologiske vegetabiliske proteinkilder generelt ikke er mere attraktive end insektprotein – især til unge dyr.

En korrekt sammensætning af aminosyrer er vigtig for at opretholde en optimal proteinaflejring hos voksende grise og fjerkræ og sikre mælke- og æggydelse hos henholdsvis søer og høns. For at vurdere værdien af aminosyresammensætningen i en foderblanding sammenlignes der ofte til et ideal protein. Aminosyreprofilen i ideal protein er eksperimentelt bestemt og er defineret, som den mængde af hver af de 20 forskellige aminosyrer, der skal tilføres for at opnå optimal produktion samt minimal kvælstofudskillelse via urin.

Der er betydelige forskelle på de enkelte råvarers sammensætning af protein og aminosyrer. Der findes ikke nogen fodermidler, der har en aminosyresammensætning svarende til ideal protein. Et godt proteinfodermiddel har en høj fordøjelighed (90% standardiseret ileal fordøjelighed) og et højt indhold af (i hvert fald) nogle essentielle aminosyrer. Vegetabiliske proteinkilder har generelt et lavere indhold af råprotein sammenlignet med animalske proteinkilder. Råproteinindholdet i ærter er ca. 20%, mens hestebønner, rapskage og blå lupiner har et råproteinindhold omkring 30%, og sojakage og -skrå igen et noget højere indhold på 44-47%. En anden væsentlig forskel mellem disse proteinkilder er deres proteinfordøjeligheder. Rapskage har en standardiseret fordøjelighed på kun 76%, hvorimod blå lupin antages at have en fordøjelighed på 88% svarende til sojaskrå. Forskellene i den standardiserede fordøjelighed skyldes i høj grad indholdet af ANF.

I praksis er det ofte balancen mellem indholdet af tilgængeligt lysin og methionin, som er afgørende for mulighederne for at sammensætte en hensigtsmæssig foderblanding. Som eksempel på forskelle i aminosyresammensætningen kan nævnes rapskage, ærter og blå lupin. Ærter og blå lupin har et lavt indhold af den essentielle aminosyre methionin, der ofte er en begrænsende faktor i foderblandinger til svin og især fjerkræ. Hvis man ønsker at iblande ærter og blå lupin i en foderblanding, bliver man derfor nødt til at inkludere andre fodermidler såsom rapskage, der har et højt indhold af methionin. Ved at anvende råvarer, der supplerer hinanden i aminosyrer, kan man

sammensætte en foderblanding, der samlet set har en aminosyresammensætning svarende til ideal protein.

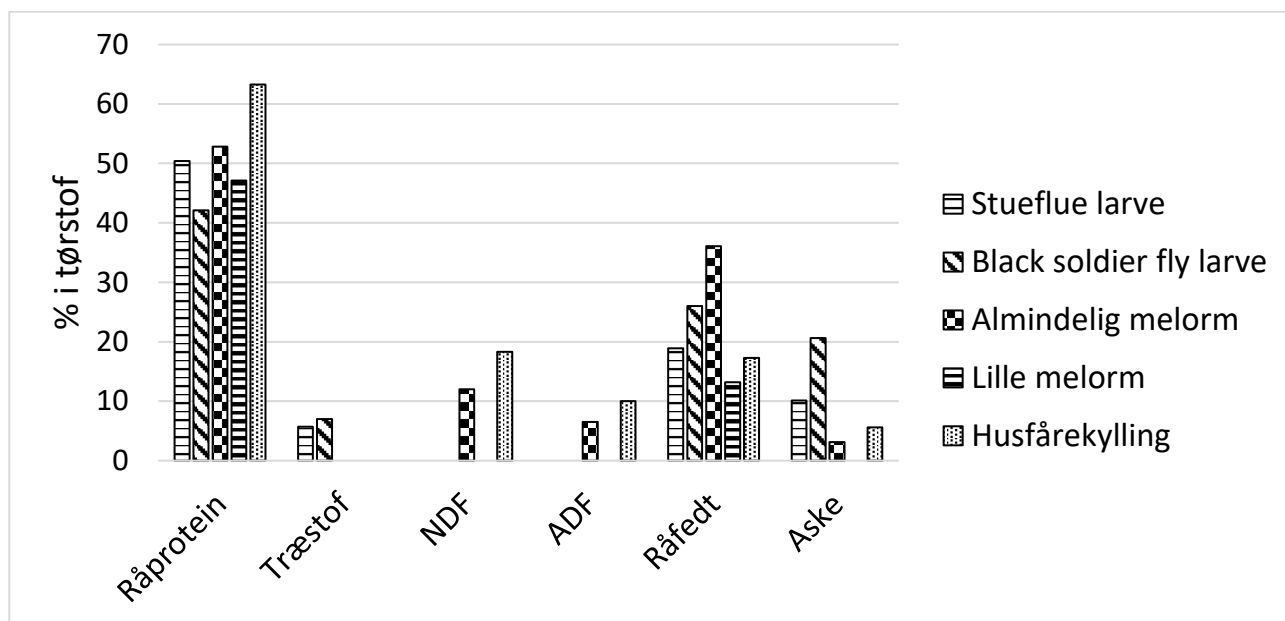
### *Insekters næringsstofindhold*

Af Figur 1-4 fremgår den kemiske sammensætning af insekter. Generelt er insektarterne karakteriseret af et højt indhold af råprotein og råfedt sammenlignet med andre typiske fodermidler. Figur 1 viser, at husfårekyllingen indeholder væsentlig mere råprotein end de øvrige insektarter, men Figur 2 afslører, at relativt bidrager husfårekyllingen ikke med flere af de vigtigste aminosyrer end de øvrige insektarter. Tabel 2 viser, at husfårekyllingen har et relativt højt indhold af alanin, arginin og leucin, som er aminosyrer, der typisk ikke er begrænsende i økologisk husdyrfoder. Insekternes indhold af kitin analyseres ofte som fiberkomponenterne træstof, NDF eller ADF, men data vedr. indhold af kitin er for mangelfuld til at vurdere forskelle mellem arter (Figur 1) og kitins betydning for insekternes næringsstovværdi. Dog vil et højt kitinindhold reducere næringsstoffordøjeligheden, da kitin i sig selv er tungt fordøjeligt og kan også nedsætte fordøjeligheden af andre næringsstofkomponenter. Kitin udgør 3-6,8% af det totale indhold af kvælstof. Konverteringsfaktoren fra kvælstof til råprotein i almindelig og lille melorm samt BSF larver er 4,8 og brug af den almindeligt anvendte faktor på 6,25 vil dermed overestimere indholdet af protein (Janssen et al. 2017).

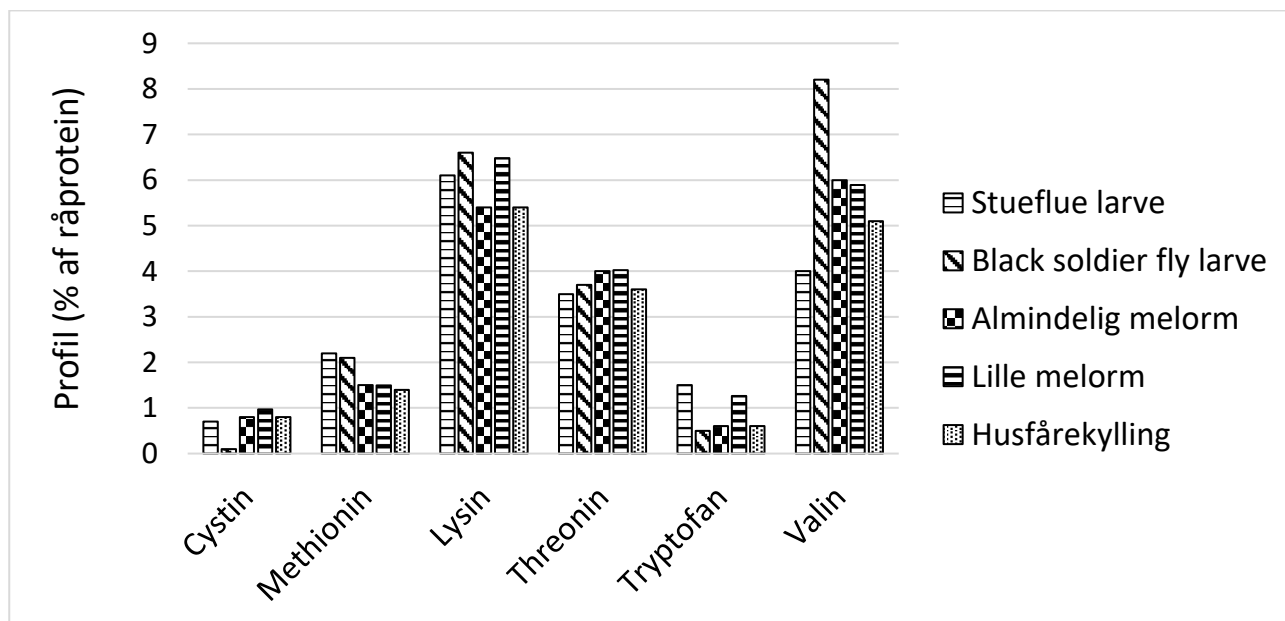
BSF larver har et højt indhold af aske (Figur 1), Figur 3 viser, at særligt kalciumindholdet er højt sammenlignet med de øvrige insektarter. Kalcium er et makromineral, som har afgørende betydning for grise og kyllingers knoglevækst og for høners skaldannelse i æg. Men selv om BSF larver vil være en kilde til kalcium, vil dette ikke nødvendigvis give produktet en merværdi, da kalciumbehovet ikke er vanskeligt at dække med gængse fodermidler.

Insekter generelt og den almindelige melorm i særdeleshed indeholder meget råfedt. Fedtet vil være en energikilde, som særligt vil passe godt ind i en foderblanding til unge dyr. Der kan dog være visse udfordringer omkring håndtering og holdbarhed af fede produkter, hvilket uddybes i et senere afsnit. Sammensætningen af fedtsyrer i insekterne fremgår af Figur 4, og det ses, at størstedelen af fedtsyrerne er umættede C18 fedtsyrer. Omega-3 fedtsyren linolensyre (C18:3 cis9,12,15), som har sundhedsfremmende egenskaber, udgør 0,8-1,7% af fedtsyrerne. Husfårekyllingen kan derfor være en kilde til de essentielle polyumættede fedtsyrer EPA og DHA. Forholdet mellem omega-6 og -3 fedtsyrer i den almindelige melorm er 27:1 og 17:1 for husfårekyllingen, hvilket er betydeligt over FAOs anbefaling på max 10:1. Det er dog muligt at påvirke insekternes fedtsyresammensætning

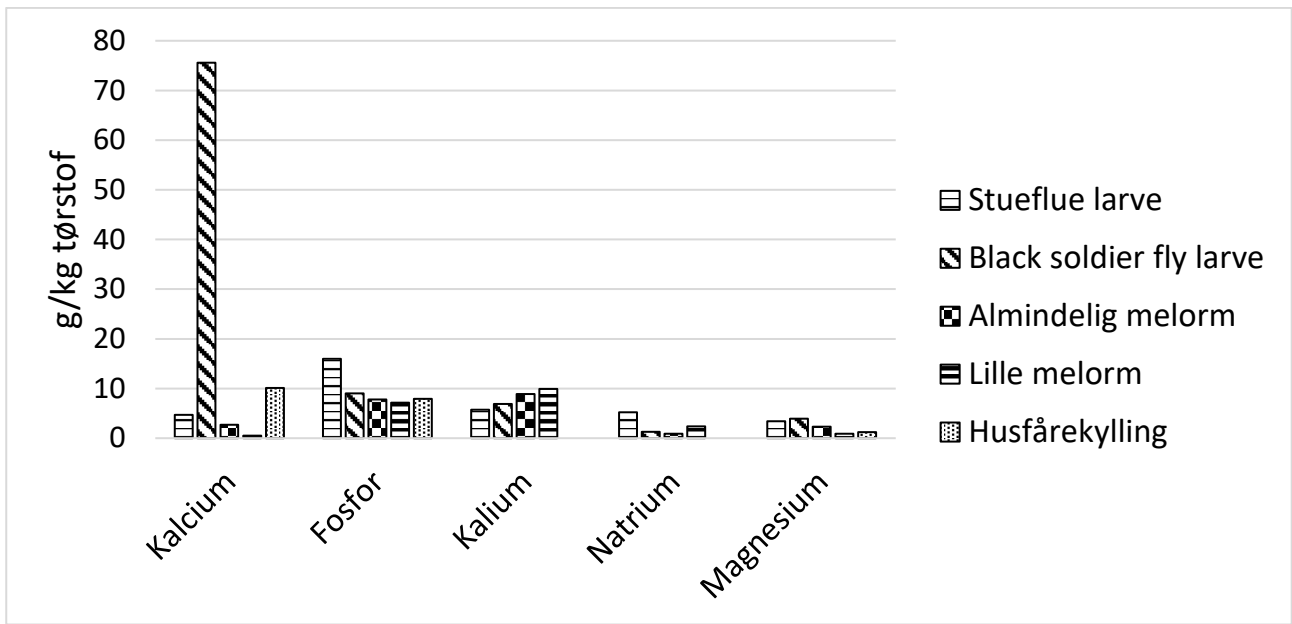
gennem deres fodring (Tzompa-Sosa et al. 2014). Det står uklart, hvorvidt de essentielle fedtsyrer vil have gavnlig effekt på husdyrenes sundhed, hvis de fodres med insekter.



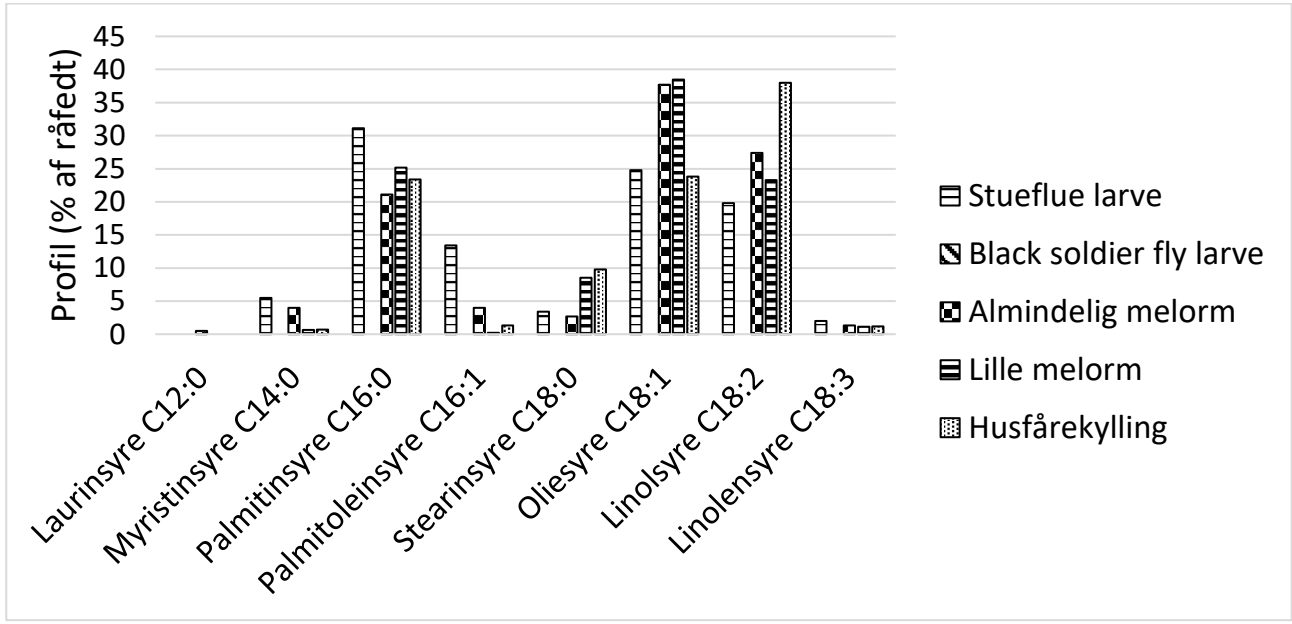
**Figur 1.** Kemisk sammensætning af hovedbestanddele af insekter i procent af tørstof. Referencer fremgår af Tabel 2.



**Figur 2.** Profil (g aminosyre i procent af råprotein) i insekter af typisk begrænsende essentielle aminosyrer. Referencer fremgår af Tabel 3.



**Figur 3.** Indhold af makromineraler i insekter i g/kg tørstof. Referencer fremgår af Tabel 2.



**Figur 4.** Profil (g fedtsyre i procent af råfedt) af de væsentligste fedtsyrer i insekter. Referencer fremgår af Tabel 3.

**Tabel 2.** Kemisk sammensætning af insekter

	Stueflue larve <sup>1</sup>	Black soldier fly larve <sup>1</sup>	Almindelig melorm <sup>1</sup>	Lille melorm <sup>2</sup>	Husfårekylling <sup>1</sup>
Hovedkomponenter, % i tørstof					
Råprotein	50.4	42.1	52.8	47.1	63.3
Træstof	5.7	7			
NDF			12		18.3
ADF			6.5		10
Råfedt	18.9	26	36.1	13.2	17.3
Aske	10.1	20.6	3.1		5.6
Brutto energi, MJ/kg tørstof	22.9	22.1	26.8		
Makromineraler, g/kg tørstof					
Kalcium	4.7	75.6	2.7	0.5	10.1
Fosfor	16	9	7.8	7.1	7.9
Kalium	5.7	6.9	8.9	9.9	
Natrium	5.2	1.3	0.9	2.4	
Magnesium	3.4	3.9	2.3	0.9	1.2
Mikromineraler, mg/kg tørstof					
Jern	1	1.37	57	51.7	116
Mangan	91	246	9	7.3	40
Zink	119	108	116	129.0	215
Kobber	27	6	16	19.2	15

<sup>1</sup> Makkar et al. (2014) (review)

<sup>2</sup> Yi et al. (2013); inVALUABLE Innovationsfonds projekt; Tzompa-Sosa et al. (2014); Janssen et al. (2017)

**Tabel 3.** Aminosyre og fedtsyreprofil i insekter

	Stueflue larve <sup>1</sup>	Black soldier fly larve <sup>1</sup>	Almindelig melorm <sup>1</sup>	Lille melorm <sup>2</sup>	Husfårekylling <sup>1</sup>
Aminosyreprofil i råprotein, %					
Alanin	5.8	7.7	7.3	6.6	8.8
Arginin	4.6	5.6	4.8	5.4	6.1
Asparaginsyre	7.5	11	7.5	8.3	7.7
Met+Cys	2.9	2.2	2.3	2.5	
Cystin	0.7	0.1	0.8	1.0	0.8
Methionin	2.2	2.1	1.5	1.5	1.4
Lysin	6.1	6.6	5.4	6.5	5.4
Isoleucin	3.2	5.1	4.6	4.6	4.4
Leucin	5.4	7.9	8.6	6.8	9.8
Phe+Tyr	9.3	12.1	11.4	12.0	
Phenylalanin	4.6	5.2	4	4.7	3
Threonin	3.5	3.7	4	4.0	3.6



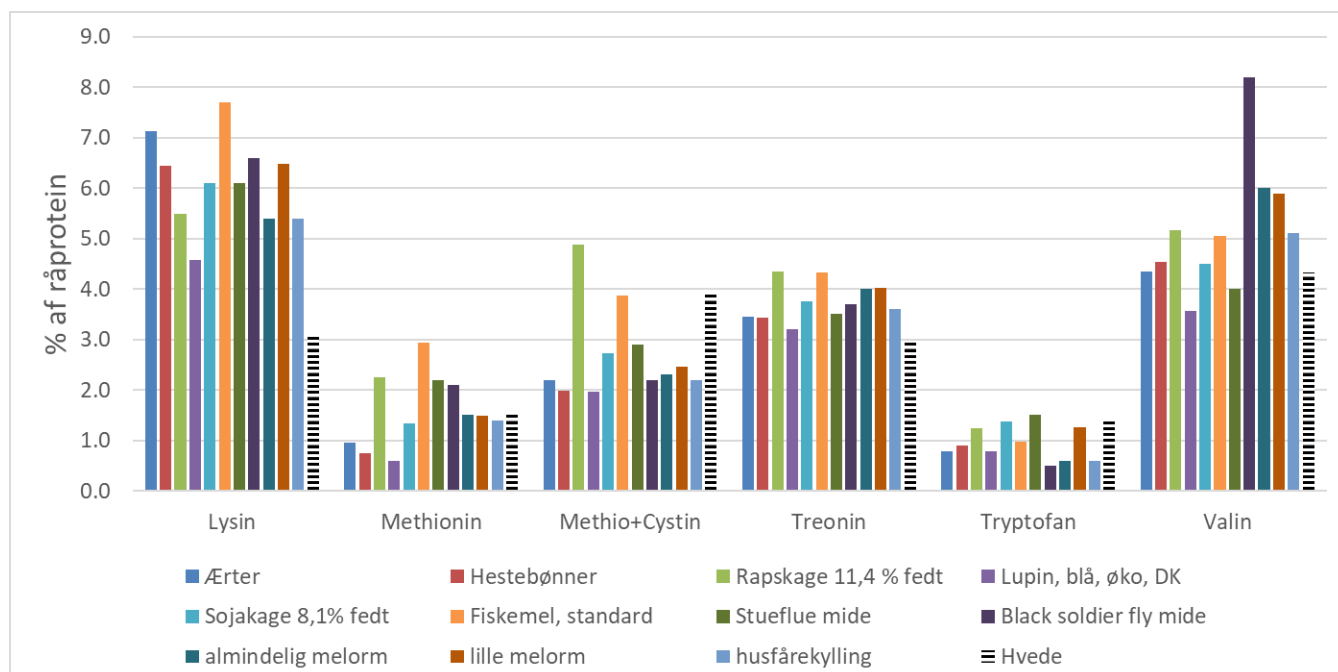
Tryptofan	1.5	0.5	0.6	1.3	0.6
Glutaminsyre	11.7	10.9	11.3	12.4	10.4
Histidin	2.4	3	3.4	3.6	2.3
Prolin	3.3	6.6	6.8	5.8	5.6
Serin	3.6	3.1	7	4.2	4.6
Tyrosin	4.7	6.9	7.4	8.2	5.2
Valin	4	8.2	6	5.9	5.1
Glycin	4.2		4.9	4.5	5.2
Fedtsyreprofil i fedt, %					
Laurinsyre C12:0			0.5	0.0	
Myristinsyre C14:0	5.5		4	0.7	0.7
Palmitinsyre C16:0	31.1		21.1	25.2	23.4
Palmitoleinsyre C16:1	13.4		4	0.2	1.3
Stearinsyre C18:0	3.4		2.7	8.6	9.8
Oliesyre C18:1	24.8		37.7	38.5	23.8
Linolsyre C18:2	19.8		27.4	23.3	38
Linolensyre C18:3	2		1.3	1.1	1.2

<sup>1</sup> Makkar et al. (2014) (review)

<sup>2</sup> Yi et al. (2013); in VALUABLE Innovationsfonds projekt; Tzompa-Sosa et al. (2014); Janssen et al. (2017)

### *Insekter til økologiske svin og fjerkræ*

De danske fodringsnormer (anbefalinger) for aminosyrer er baseret på utallige nationale og internationale forsøg. Behovet for en aminosyre er bestemt af livsytning under hensyntagen til alder og produktion. Der kan derfor sandsynligvis være mindre forskelle på behov mellem konventionelt og økologisk opdrættede dyr, da opstaldningsforholdene giver anledning til forskellige niveauer af fysisk aktivitet, ligesom racerne kan være forskellige. Desuden vil økologiske dyr ofte være lidt ældre end konventionelle dyr med samme vægt. Med de usikkerheder, der ligger i aminosyrenormerne, vurderes de potentielle forskelle mellem økologisk og konventionel produktion ikke at have afgørende betydning. Foderoptimering handler som nævnt om at sammensætte foderblandinger bestående af råvarer, der samlet set opfylder dyrenes behov for de enkelte næringsstoffer. Figur 5 viser, at indholdet af de først begrænsende essentielle aminosyrer i insekterne ikke er markant anderledes end i de vegetabiliske proteinkilder, der typisk anvendes til økologiske dyr. Dog vil insekterne være en god kilde til methionin vurderet ift. de vegetabiliske proteinkilder, når der ses bort fra rapskager.



**Figur 5.** Profil (indhold af aminosyrer i procent af råprotein) af de typisk begrænsende essentielle aminosyrer i typiske økologiske proteinkilder, insekter og hvede.

Foruden at skulle opfylde minimumsnormerne for de essentielle aminosyrer og maksimum for protein, er det også nødvendigt at holde brugen af enkeltråvarer inden for visse rammer pga. råvarernes indhold af ANF og evt. afledte negative effekter på produktion. Der er således givet generelle anbefalinger for, hvor meget af en råvare, der maksimalt bør iblandes foder til de forskellige dyregrupper. De tidligere nævnte økologiske vegetabiliske råvarer bør maksimalt udgøre 0-5% i de første 3 uger efter fravæning og 5-20% af foderet til smågrise fra 5 uger efter fravæning, hvorimod slagtesvin tolererer et højere indhold pga. en mere udviklet fordøjelseskapacitet. Økologiske grise er ældre end konventionelle grise ved fravæning, hvorved de kan være mere robuste, men udfordringen i overgangen fra somælk til fast foder er den samme. Insekternes bidrag med (antageligt) letfordøjeligt protein med god aminosyreprofil vil dermed være interessant i den økologiske svineproduktion.

I den økologiske fjerkræproduktion bliver tilstrækkelig forsyning med aminosyren methionin (uden samtidig overforsyning med protein) den største udfordring, når foderet skal være baseret på 100% økologiske råvarer. Et for lavt methionin-indhold i æglæggefoder kan påvirke både ægproduktion og – kvalitet, og en ubalance i foderets næringsstoffer kan være årsag til, at hønerne kommer i en mangelsituation, som påvirker foderoptagelse, ægproduktion og fjerpilningsadfærd negativt.

Hidtil har der været anvendt konventionelt produceret majs gluten og kartoffelproteinkoncentrat til at afbalancere aminosyresammensætningen, idet disse produkter har en fin aminosyresammensætning til fjerkræ. Emnerne findes imidlertid ikke pt. som økologiske og vil også være dyre at fremstille. De vegetabiliske proteinkilder, der hyppigt anvendes i økologiske foderblandinger til fjerkræ, er bælgplanter som ærter, lupin, soja og hestebønne. Af disse har især lupin og sojaprodukter en hensigtsmæssig aminosyreprofil. Lupin indeholder dog relativt store mængder fibre, der kan have en negativ effekt på produktiviteten, hvis niveauet er for højt, og danske forsøg har vist, at lupin ikke må indgå med mere end 15% af totalfoderet til æglæggende høner. Rapsfrø og solsikkefrø har ligeledes en fin aminosyresammensætning til fjerkræ bl.a. mht. de svovlholdige aminosyrer (methionin og cystin) men kan kun tilsættes i begrænsede mængder, da de har negativ indflydelse på dyrenes foderoptag. Efterhånden som fjerkræ bliver ældre, falder behovet for næringsstoffer d.v.s., at det bliver lettere og lettere at imødekomme deres næringsstofbehov. Det står dermed klart, at der ligesom for de unge økologiske grise, vil være et ernæringsmæssigt potentiale for insekter i foder til fjerkræ. Foruden de ernæringsmæssige perspektiver i insekter til fjerkræ, viser erfaringer fra Institut for Husdyrvidenskab, AU, at udfodring med levende stueflue larver til høner bidrager til væsentlige adfærdsmæssige ændringer, som kan tolkes i retning af øget velfærd ved at stimulere den naturlige ædeadfærd hos hønerne (Engberg, 2014).

---

Det må endvidere forventes, at foderoptaget hos unge kyllinger kan stimuleres ved udfodring med levende larver. Af praktiske grunde vil det være vanskeligt at estimere indtag og næringsstofværdi af insekter, som ikke er inkluderet som en del af foderet, hvorved det sandsynligvis vil være nødvendigt at optimere foderblandingerne således, at de opfylder dyrenes ernæringsmæssige behov uden at tage indtaget af laver i betragtning.

### **Markedspotentiale for insekter som foder til økologiske svin og fjerkræ**

Ud fra det kemiske indhold af næringsstoffer vurderes der ikke at være afgørende forskelle på værdien af insekterne som fodermidler til svin og fjerkræ. Markedsprisen på de traditionelle fodermidler, konventionelle som økologiske, afhænger hovedsageligt af produkternes indhold af råprotein og aminosyrekoncentration, samt naturligvis af efterspørgsel og udbud.

Fedtkoncentrationen i den almindelige melorm og til dels BSF larver kan være en ulempe af førnævnte årsager, og det må antages, at affedtede produkter vil have væsentlig højere markedsværdi. Den lille melorm vil dermed have en fordel ifht. den almindelige melorm, og husfårekyllingen bør opnå højeste markedsværdi ud fra en ernæringsmæssig betragtning.

Foruden de direkte ernæringsmæssige karakteristika kan der være tale om 'add on values' såsom effekter på ædelyst, produktkvalitet og ikke mindst sundhed. Insekternes indhold af antimikrobielle peptider (AMP) er reviewet af Jozefiak et al (2016) og Jozefiak & Engberg (2017). Disse peptider er naturligt forekommende antibiotika, som antages ikke at føre til resistens. Disse AMP er generelt udtrykt hos insekter og kemisk karakteriseret i BSF larver og almindelig melorm. Indholdet af AMP kan blive en væsentlig fordel for insektprodukter i konkurrence med andre proteinkilder. De mulige sundhedsfremmende egenskaber af melorme undersøges i forsøg med smågrise i projektet inVALUABLE (støttet af Innovationsfonden). Resultater forventes at foreligge i 2019.

En typisk benchmarking af insektfoder foretages ofte mod fiskemel, da dette produkt er velkendt og efterspurgt i både konventionel og økologisk svine- og fjerkræproduktion. Fiskemel er desuden kendt for at have et højt råprotein indhold og har en aminosyreprofil, som bidrager med en relativ høj koncentration af de begrænsende essentielle aminosyrer (Figur 5). Prisen på fiskemel fluktuerer oftest mellem 10 og 12 kr./kg afhængigt af udbud. Det antages, at insektmel vil kunne opnå op mod samme værdi som fiskemel. Dog bidrager fiskemel bedre til fjerkræs methionin forsyning end insekter.

### **Forarbejdning af insekter til fodermidler**

Processeringen af fodermidler kan påvirke næringsstovværdien i både positiv og negativ retning. Destruktion af ANFer som f.eks. enzyminhibitorer gennem varmebehandling øger næringsstoffordøjeligheden, men for meget varme kan under særlige omstændigheder, hvor der er frie sukre tilstede, mindske tilgængeligheden af lysin og dermed reducere proteinudnyttelsen. Forarbejdning af melorme og en række metoders effekt på næringsstofudnyttelsen bliver evalueret i projektet inVALUABLE. I dette projekt anvendes forskellige tørringsmetoder, affedtning, ekstrudering (kombination af varme, fugt og tryk) og hydrolyse. De forskellige produkter evalueres i fodringsforsøg med rotter, og forsøgsresultaterne vil foreligge i foråret 2018.

Melorme til human konsum aflives ved frysning, hvorved de samtidigt gøres lagerfaste. Friske almindelige melorme har et tørstofindhold på 33% og den friske lille melorm 39% (resultater fra projektet inVALUABLE). De levende insekter har dermed et relativt lavt tørstofindhold, hvilket giver en række udfordringer omkring håndtering og lagerstabilitet, som dog kan overkommes ved tørring eller anden forarbejdning. De grundlæggende fordele ved at forarbejde insekter til fx mel eller ensilage vil findes i håndtering og lagerstabilitet og fødevarer sikkerhed.

Håndteringen af insekter gennem forarbejdning til tørt mel eller ensilage vil omfatte mulighed for en kontrolleret og dokumenterbar metode for aflivning, mulighed for at producere homogene insektprodukter, udtage prøver til næringsstofanalyser, transport og handel mellem forskellige aktører indenfor produktion og anvendelse, optimering af foderblandinger med en passende mængde insekter for opfyldelse af næringsstofbehov, transport til og blanding med andre fodermidler og udfodring til dyrene.

Lagerstabilitet er en væsentlig kvalitetsparameter ved fodermidler, som produceres og anvendes tidsmæssigt uafhængigt af hinanden. Produktionscyklus for insekterne vil resultere i varierende mængder insekter til rådighed for husdyrene, og dette vil være vanskeligt at håndtere, da foderet skal sammensættes efter en ikke-fleksibel recept. Ligeledes er det normalt at producere større mængder foder ad gangen, hvorved alderen på foderet kan være flere uger gammelt, inden den sidste mængde udfodres. Da insekterne har et relativt højt indhold af råfedt, vil der være risiko for harskning/lipid oxidation med efterfølgende forringelse af smagelighed og mulig destruktion af gavnlige fedtsyrer. Dette er ligeledes rationalet i projektet inVALUABLE, hvor der arbejdes på at fremstille et affedt melormeprodukt, som alene på grund af et lavere fedtindhold, vil have markant højere koncentration af råprotein. Fodring med andet end hele insekter er dog ikke tilladt, hvilket af både praktiske og ernæringsmæssige årsager synes ufordelagtigt.

Fødevarer sikkerheden har i årtier karakteriseret husdyrfoderets sammensætning af råvarer og forarbejdning. Alt foder til fjerkræ skal varmebehandles til mindst 81<sup>0</sup> C ifølge Foderbekendtgørelsen for primært at bekæmpe salmonella. Kommercielt produceret svinefoder bliver af samme årsager i praksis ligeledes varmebehandlet til mindst 81<sup>0</sup> C under pelletering. Forarbejdning af insekterne vil ofte omfatte en varmebehandling i processen, hvormed mikroorganismene bekæmpes. Det må ligeledes antages, at en evt. syrehydrolyse af insekterne til lagerfast ensilage vil bekæmpe salmonella. Ved udfodring af levende insekter vil det af hensyn til fødevarer sikkerheden skulle sikres, at de foderemner, insekterne fodres med, er varmebehandlede.

### **Økologisk produktion af insekter**

Insektproduktion er en meget specialiseret produktionsform, der omfatter reproduktion (æglægning af voksne insekter) på et dertil egnet medium, separation af larver og nymfer fra æglægningsmediet, fodring af larver/nymfer med et egnet foder, separation fra dyrkningsmediet og til sidst oprensning og eventuel videre forarbejdning til et insektmel.

Hvis husdyrproducenten vil være selvforsynende med insekter, bør produktionen således omfatte hele livscyklus hos det pågældende insekt, hvilket indebærer hold af voksne æglæggende insekter og dyrkning af larver/nymfer. Ved hold af voksne insekter vil der være en vis risiko for, at disse undslipper og er til gene for producenten og husdyrene. Mange af de nævnte insekter herunder billerne og stuefluer betragtes som skadedyr, og stuefluen, hønseribillen og melskrubben spiller desuden en stor rolle som vektorer i overførelsen af dyrepato­gener og zoonotiske sygdomme, herunder *Campylobacter* og *Salmonella*. Dette gælder dog ikke for BSF, som i dens livsfase som flue ikke tager næring til sig. For at undgå risiko for smittespredning er det således nødvendigt at holde insektproduktionen og husdyrproduktionen adskilt fra hinanden og produktionerne burde ideelt foregå i separate bygninger på bedriften.

Økologisk produktion af insekter forudsætter, i lighed med anden husdyrproduktion, at insekterne (larver/voksne former) fodres med foderemner af økologisk oprindelse. Det vurderes, at insekter, der anvendes som larver (stueflue, melskrubbe, hønseribille, BSF), kan anses for at være økologiske, hvis de har optaget økologisk foder gennem hele deres livsfase som larve. For at betegne voksne insekter (fx husfårekyl­ling) som økologiske, skal insektet være fodret med økologisk foder gennem alle dens nymfestadier. Det vil sige, at en egentlig omlægningstid ikke anses for at være nødvendig. Hvis husdyrproducenten vil producere insekter på bedriften, vil vedkommende således kunne købe insektæg fra en insektopdrætter og fodre larverne/nymferne med økologisk foder.

Med hensyn til sammensætning af et foder til insekter, findes der indtil nu ingen egentlige anbefalinger. Det har vist sig, at stuefluen og BSF larver trives godt på organisk materiale (foder) med et vandindhold på ca. 60-80%. Af hygiejnemæssige årsager er det på ingen måde sandsynlig, at ubehandlet husdyrgødning vil blive godkendt som voksemedium for fluelarver, selv om disse er i stand til at (i) reducere indholdet af fosfor og kvælstof i gødningen (Makkar et al., 2014), (ii) nedsætte lugtgener og (iii) reducere forekomsten af forskellige patogener, herunder *Salmonella*. Konkret betyder det, at der kan anvendes vegetabilsk økologisk affald til fodring af fluelarver. Larver af billerne (melskrubbe og hønseribille) foretrækker et foder med en forholdsvis høj kornandel (van Broekhoven et al., 2015). Foderkilder der anvendes i øjeblikket i insektproduktionen omfatter: Kommercielt dyrefoder, fødevarer som der ikke indeholder kød og fisk (produktionsfejl, overskredet holdbarhedsdato (bedst før) og fremstillet i overensstemmelse med EU fødevarerlov­givning), samt sidestrømme fra fødevarerproduktionen baseret på vegetabil­ske råvarer (EFSA, 2015). Der findes ydermere biprodukter fra forskellige grene af foder- og

fødevarerindustrien, der kunne finde anvendelse i insektproduktionen fx skaller fra forskellige kornsorter, mel fra olieholdige frø efter ekstraktion (raps, solsikke, sennep, hamp). Mask (brewers grain) fra ølbrygningen er ligeledes fundet særdeles egnet som komponent i et foder for melskrubben. Sheppard et al. (2002) foreslår et standardfoder til insekter bestående af 50% hvedekliid, 30% lucernemel og 20% majsmel. I alle tilfælde gælder det, at insekternes behov for vand dækkes af vandindholdet i foderet, således at det ikke er nødvendigt at have et egentlig vandingsystem. Efter høst af insektlarver fra det økologiske dyrkningsmedium kan affaldet desuden anvendes som økologisk kompost eller til biogasproduktion.

Udover selve foderet bør der stilles krav til insekternes opdrætsforhold, dvs. temperatur, luftfugtighed og belægningsgrad. Alle de af dette notat omfattede insektarter kræver forholdsvis høje temperaturer for at vokse optimalt. Temperaturen bør være ca. 28-30 °C og luftfugtigheden på ca. 60%. Under disse klimatiske forhold tager det ca. 8-10 uger for begge arter melorme at opnå høstmodenhed, mens det kun tager 12 dage for BSF larven. Med hensyn til densitet af larver i et dyrkningsmedium, kan de fleste insekter lide at være forholdsvis tæt sammen. For melormen beskrives det, at tilvæksten er særdeles god, når de unge larver har et areal svarende til 10 larver per cm<sup>2</sup>, men der tilbydes mere plads, når larverne bliver ældre (Andersen et al., 2017). Fårekyllinger kan være kannibalistiske, når de bliver holdt for tætte, eller når de mangler vand.

Der findes ikke meget litteratur om velfærd hos insekter, men det må alt andet lige formodes, at insekternes velfærd er god, når deres formering og vækst er optimal. Insekter er invertebrater, og det er vist, at mange insektarter har nociceptorer (smertereceptorer), men det vides ikke, om insekter oplever smerter (Broom et al., 2013). Man kan selvfølgelig argumentere for, at hvis der ingen beviser er for tilstedeværelse af smerteoplevelse, så er der heller ingen beviser for fravær af en sådan. Til en diskussion om etiske aspekter vedrørende insektproduktion henvises til artiklen fra Gjerris et al. (2015). I forbindelse med aflivning af insekter er smerteopfattelse selvfølgelig et væsentligt aspekt. Frysning anses i almindelighed som en egnet metode til aflivning af insekter (EFSA, 2015). Andersen et al. (2017) anbefaler til aflivning af melorme, at disse først nedkøles under faste, således at de tømmer deres tarme og derefter fryses.

Afslutningsvis skal det siges, at insektproduktionen skal være intensiv, hvis der skal produceres insekter i en mængde, der bidrager væsentlig til dækning af husdyrenes protein og aminosyrebehov. I den økologiske produktion, hvor husdyr har adgang til udendørsarealer og dermed adgang til fritlevende insekter, kan insekter med fordel fodres uforarbejdet som tilskud. Det er vist, at fodring

med fx. levende stuefluelarver dæmper uønsket adfærd som fjerpilning og reducerer frygt hos fjerkræ (Engberg, 2014).

### **Sammenfattende konklusioner**

1. Insekternes indhold af råprotein og aminosyrer gør dem relevante og attraktive i den økologiske produktion af smågrise og fjerkræ. Der er ikke væsentlige forskelle i aminosyreprofilen mellem arterne.
2. Indholdet af råfedt er relativt højt og vil bidrage til de unge dyrs energiforsyning. Hos den almindelige melorm samt BSF larver kan det høje råfedt indhold især give problemer under lagring af melprodukter. For disse insekter vil en affedtning føre til produkter af højere kvalitet og bedre anvendelighed.
3. Insekternes næringsstofindhold samt deres fordøjelighed og udnyttelse er endnu ikke veldokumenteret. Indholdet af kitin kan reducere proteinfordøjeligheden.
4. Udfodring med levende larver antages at stimulere til øget velfærd for fjerkræ. Der vil dog være en række praktiske problemstillinger omkring håndtering og lagring, som vil vanskeliggøre udfodring af levende larver.
5. Forarbejdning af insekter til mel eller ensilage/hydrolysat på linje med traditionelle fodermidler må antages at føre til øget udbredelse og anvendelse.
6. Næringsstofsammensætningen i insekterne samt mulige anti-mikrobielle egenskaber gør fodring med insekter interessant som startfoder til smågrise, høneopdræt. og slagtekyllinger.
7. Insektproduktionen er en meget specialiseret produktionsform, der omfatter reproduktion og efterfølgende dyrkning af larver/nymfer. Insektproduktionen i Europa er stadig i sin begyndelse, og der mangler litteratur vedrørende insekternes produktionsforhold herunder fodring og husning. Dette gælder især produktion af husfårekylling.
8. Vil man producere insekter efter økologiske principper, skal de fodres med et økologisk foder gennem hele deres livsfase som larve (fluelarver, billelarver) eller nymfe og voksent insekt (husfårekylling).
9. Insektproduktion kræver varme (28 °C-30 °C). Lægges økologiske principper til grund bør energien til opvarmning komme fra en bæredygtig kilde (sol, vind, varmeoverskud fra husdyrproduktionen etc.)
10. I den økologiske produktion, hvor husdyr har adgang til udendørsarealer og dermed adgang til fritlevende insekter, kan insekter med fordel fodres uforarbejdet som tilskud.



## Referencer

- Andersen, J.L., Berggreen I.E., Heckmann, L.-H.L. 2017. Anbefalinger til opdræt og hold af almindelig melorm, *Tenebrio molitor* Teknologisk Institut
- Broom, D. M. 2013. The welfare of invertebrate animals such as insects, spiders, snails and worms. In *Animal Suffering: From Science to Law, International Symposium*, ed. Kemp, T. A. van der and Lachance, M., 135-152. Paris: Éditions Yvon Blais.
- EFSA Scientific Committee: EFSA Journal, 2015 Risk profile related to production and consumption of insects as feed and food. Doi:10.2903/j.efsa.2015.4257.
- Engberg, R.M. 2014. Fluelarver er et godt proteinfoder til økologisk fjerkræ. *Økologi og Erhverv*,34, 555, 2. 10.
- Gjerris, M., Gamborg, C., Rocklinsberg, H. 2015. Entomophagy – why should it bug you? The ethics of insect production for food and feed. In: Know your food, Food ethics and innovation, Pages: 345-352 Ed. Diana Elena Dumitras, Ionel Mugurel Jitea and Stef Aerts, eISBN: 978-90-8686-813-1 | ISBN: 978-90-8686-264-1
- inVALUABLE: Insect Value Chain in a Circular Bioeconomy. Innovationsfonden 2017. www.invaluable.dk
- Janssen, R. H., J. P. Vincken, L. A. M. van den Broek, V. Fogliano, and C. M. M. Lakemond. 2017. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65(11):2275-2278. doi: 10.1021/acs.jafc.7b00471
- Józefiak, A. and R. M. Engberg. 2017. Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences* 26(2):87-99. doi: 10.22358/jafs/69998/2017
- Józefiak, D., A. Jozefiak, B. Kieronczyk, M. Rawski, and S. Swiatkiewicz. 2016. 1. Insects – A Natural Nutrient Source for Poultry – A Review Abstract. *Annals of animal science* 16(2):297-313. doi: 10.1515/aoas-2016-0010
- Makkar, H. P. S., G. Tran, V. Henze, and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology* 197:1-33. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008
- Sánchez-Muros, M.-J., F. G. Barroso, and F. Manzano-Agugliaro. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of cleaner production* 65:16-27. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.068
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., Summer, S.M. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J. Med. Entomol.*39 (4):695-698.
- Tzompa-Sosa, D. A., L. Yi, H. J. F. van Valenberg, M. A. J. S. van Boekel, and C. M. M. Lakemond. 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food research international* 62:1087-1094. doi: 10.1016/j.foodres.2014.05.052
- Van Broekhoven, S., Oonincx, D.G.A.B., van Huis, A., van Loon, J.J.A. 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible meal worm species (*Coleoptera Tenebrionidae*) on diets composed of 5 organic by-products. *J. Insect Physiol.*, 73:1-10.
- Yi, L., C. M. M. Lakemond, L. M. C. Sagis, V. Eisner-Schadler, and A. van Huis. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food chemistry* 141(4):3341-3348. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.05.115