



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# **INBIOM Bobleprojekt: Udnyttelse af restbiomasser til insektproduktion af proteinfoder med melorme**



**RAPPORT**

Teknologisk Institut  
Juni 2016

Af Lone Lindgaard Rasmussen, Teknologisk Institut, AgroTech  
Amparo Gómez Cortina, Teknologisk Institut, AgroTech  
Marie Søndergaard, Teknologisk Institut, AgroTech  
Niels Finn Johansen, SEGES Fjerkræ | Økologi  
Eleonora Miquel Becker, Teknologisk Institut, Life Science  
Lars-Henrik Lau Heckmann, Teknologisk Institut, Life Science\*  
\*Kontakt: e-mail: [lh@teknologisk.dk](mailto:lh@teknologisk.dk) – telefon: 7220 1537

## INDHOLD

1. INTRODUKTION .....	4
2. KORTLÆGNING AF DANSKE RESTBIOMASSER SOM POTENTIelt KAN ANVENDES TIL PRODUKTION AF MELORM.....	5
3. LAB-SKALA TEST AF FORSKELLIGE FODERBLANDINGER OG DEMONSTRATION AF MELORMEPRODUKTION .....	7
4. ANALYSER AF ERNÆRINGSEGENSKABER .....	13
5. FORRETNINGSMULIGHEDER VED PRODUKTION AF MELORME.....	15
6. FORMIDLING AF PROJEKTETS RESULTATER .....	17
7. KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING .....	18
8. REFERENCER.....	19
9. BILAG .....	20

## 1. INTRODUKTION

---

Forbruget af proteiner i verden stiger og husdyrproducenter har en voksende udfordring med at finde bæredygtige proteinprodukter til foder. Producenter af økologiske svin og fjerkræ i EU har siden juli 2010 haft en særlig stor udfordring med at skaffe proteinfoder. Det skyldes, at det ikke længere er tilladt at bruge mere end 5 % ikke-økologisk protein i foderet, og denne andel forventes sænket yderligere fra 2017.

I Danmark er der flere projekter som arbejder for at finde nye kilder af økologiske vegetabiliske proteiner til anvendelse i husdyrfoder. Men der er kun få undersøgelser vedrørende animalske proteinkilder. Melorm har en høj udnyttelse af foder materialet og har samtidig et højt proteinindhold som kan sammenlignes med fiskemel.

Insekter er et relativt nyt forsknings- og udviklingsområde i Danmark (og EU). Nationalt har flere videninstitutioner, herunder Teknologisk Institut (TI), KU, DTU, RUC og AU, startet aktiviteter om emnet inden for de seneste par år. Insektproduktion er en ny type landbrug som på sigt vil kunne levere relevante mængder animalsk protein til foder- (fisk, fjerkræ, svin) og fødevarereproduktion produceret på en bæredygtig og effektiv måde. Produktionsformen er ved at etablere sig i EU (fx i Holland og Tyskland), men i dag eksisterer der ikke dansk insektproduktion til foder og fødevarer. Forretningsområdet er stadig meget 'ungt' og der kræves således en procesoptimering af produktionen i form af forskning og udvikling med fokus på de parametre som har betydning for at øge potentialet af insektproduktion - det gælder fx opbygning af ny og fundamental viden i form af:

- Kortlægning og karakterisering af billige og anvendelige organiske rest- og spildprodukter som foder til insekter fra bl.a. foder- og fødevarereindustrien.
- Optimering af sammensætningen af insektfoder med henblik på øget output.
- Optimering af produktionsforhold som fx tætheden af insektlarver pr. m<sup>2</sup>, herunder indflydelsen af temperaturen i produktionshallen samt anvendelse af den mest kosteffektive mængde insektfoder.

Ovennævnte er bl.a. blevet belyst i indeværende projekt og fremgår af efterfølgende afsnit. Derudover er forretnings- og anvendelsesmulighederne af insektmel som foder til produktion af fjerkræ ligeledes blevet vurderet.

Partnerne i projektet var: Teknologisk Institut - AgroTech, Teknologisk Institut - Life Science, ScrapTrans A/S, Gjessinggård Gods, Gårdejer Bernt Villadsen, Tinnetaard, Kennet Møller ApS, Slettegaard og Compsol samt SEGES som ekstern konsulent.

## 2. KORTLÆGNING AF DANSKE RESTBIOMASSER SOM POTENTIETLIGT KAN ANVENDES TIL PRODUKTION AF MELORM

---

Der findes mange forskellige typer af organiske rest- og spildprodukter i Danmark som bliver brændt eller bortskaffet på anden vis. I dette afsnit kortlægges hvilke restbiomasser som kunne være relevante som foder til melorm.

Melorm kræver som basisfoder, tørt organisk materiale, gerne formelet, dels for at gøre det let tilgængeligt for melormene, og dels for at lette den efterfølgende høst, hvor foderet sies fra. Derudover skal der tilsættes et vådfoder som væskekilde. Typen af restbiomasse kommer typisk fra korn- og melproducenter, f.eks. møllerier, hos fødevarerproducenter, så som engrosbagerier, samt i detailbutikkerne eller specialforhandlere.

Hidtil findes ingen samlet data over mængderne, men det er sandsynligt at hver enkelt virksomhed har tal på spildmængderne med henblik på justering og styring af egen produktion for at effektivisere og mindske spild.

Endvidere kan organiske restbiomasser variere i volumen, opkomst gennem året og over årrækker, hvilket gør det meget vanskeligt at lave stikprøver for at knytte repræsentative estimater af spild til en given produktion eller type forretning.

Nedenstående beskrivelse af de relevante organiske restbiomasser, der potentielt kan anvendes til produktion af melorm, er baseret på udsagn fra enkelte fødevarerproducenter, renovationsfirmaer og tidligere rapporter, hvori man specifikt har beskæftiget sig med kortlægningen af organiske restbiomasser i Danmark.

### **Kornproducenter**

Jævnfør Danmarks Statistik blev der i 2013 produceret 4145 mio. kg hvede i Danmark, hvoraf man regner med 3 % svind gennem høst og håndtering. De resterende mængder går til udsæd, eksport, industriforbrug, forbrug til fødevarer og lagerbeholdning. Hvis svindet i forbindelse med høsten kunne anvendes til melormproduktion ville det svare til 124 mio. kg foder i form af hvedekorn. Tilsvarende var der for rug og havre henholdsvis 16 og 9 mio. kg svind. Ifølge Danmarks Statistik går der 166, 76 og 9 mio. kg til hhv. formaling og valsning af gryn - regnes der ligeledes med at et svind på 3 %, svarer det samlet til omkr. 7 mio. kg som potentielt kan bruges til melormefoder.

### **Møllerier og fødevarerproducenter**

Disse industrier forarbejder korn og andre tørvarer eller anvender det i deres produktion af eksempelvis kager, brød, morgenmadsprodukter mm. Spild fra denne type virksomheder bliver oftest brugt til svinefoder anden dyrefoder eller biogas og samlet ind af renovationsfirmaer eller foderproducenter. Mængderne er anselige og vil potentielt kunne danne grundlag for et industrielt produktionsniveau af melorm. ScrapTrans, som indsamler og videresælger organiske spildprodukter af denne type oplyser, at de årligt indsamler >5.000 ton tørt organisk materiale i form af mel, gryn, brød, kager, morgenmadsprodukter og majsstivelse.

En større mølleri-kæde oplyser, at de samlet har et spild på 15-20 %, ud af de ca. 200.000 ton korn, de forarbejder årligt, heraf er ca. 98 % af dette spild hvedekliid og de resterende 2 % (ca. 700 ton), er mel, flager, havregryn og kerner samt en blandet spildfraktion.

Et større brødfirma med flere bagerier i fabriksstørrelse oplyser, at de fra deres producenter rundt i landet samlet har >11.000 ton spild-brødprodukter.

Endelig blev der i en rapport fra 2012 om biprodukter fra fødevarer- og nonfoodindustrien til foderbrug (Fødevarestyrelsen, 2012) lavet en pilotundersøgelse, hvor 42 ud af 128 engrosvirksomheder, der leverede biprodukter til foderindustrien, deltog. Af dem var 5 møl-lerier, 5 brødfabrikker og 4 producenter af kager og kiks. Af svarene fremgik det, at der opkom >27.000 ton rugbrød-, franskbrød- og rasp-spild, 5 ton musli-, korn-, og kernes-pild samt 0,3 ton melspild.

Der eksisterer ingen national oversigt over det samlede spild, men det antages af ovenstående eksempler dækker over en repræsentativ delmængde som samlet svarer til ca. 88.000 ton/år (uden inddragelse af spild fra kornproducenterne). Som udgangspunkt vil det kunne understøtte en produktion af melorm (vådvægt) i omegnen af 40.000 ton/år.

### 3. LAB-SKALA TEST AF FORSKELLIGE FODERBLANDINGER OG DEMONSTRATION AF MELORMEPRODUKTION

#### Lab-skala test

Der blev designet seks forskellige foderblandinger som sammen med et reference-foder (kommercielt melormefoder) blev testet under laboratorieforhold hos Teknologisk Institut, Life Science (Aarhus) på ca. to uger gamle melorm (*Tenebrio molitor*) leveret af Kreca Ento Feed (Holland). Test-foderblandingerne bestod af en kombination af to til fem mel-baserede rest- og spildprodukter (fx ært, hvede, havre og rug) som blev leveret af ScrapTrans. Det kommercielle reference-foder blev købt fra Vivara.dk (produkt nr. 28084). Tabel 1 giver et overblik over foderblandingerens indhold af bl.a. protein, fedt og kulhydrat.

Foderblanding	1	2	3	4	5	6	7
Protein %	20,1	17,8	15,4	15,1	13,7	12,8	24,3
Fedt %	9,1	14,1	6,9	6,5	5,3	4,3	5,0
Kulhydrat %	64,5	60,6	72,7	72,5	75,6	78,5	70,3
Aske %	4,8	5,9	3,6	4,0	3,5	2,6	3,8

Tabel 1. Estimeret næringsprofil af test-foderblanding 1-6 samt reference-foderet (7).

Larverne blev dyrket ved en tæthed på to larver/cm<sup>2</sup> (estimeret ud fra den gennemsnitlige startvægt af larverne) i 'industri-standard' produktionsbakker med et areal på ca. 2000 cm<sup>2</sup> (indre-mål ca. 552 x 352 x 71H mm). Hver produktionsbakke indeholdt 1,0 kg foder (baseret på tørstofindhold) af en given foderblanding (behandling) samt 4000 larver (tre replikater/behandling). Produktionsbakkerne blev fordelt tilfældigt (randomiseret blok-design) i forsøgsopstilling (Diagram 1). Testen blev udført over fire uger ved en gennemsnitlig rumtemperatur på 24,8°C (±0,7 std.afv.) og en luftfugtighed på 56,2 (±7,2 std.afv.) - målt vha. af flere datalogger (EL-USB-2, Lascar Electronics). To gange pr. uge blev der tilført 100-200 g gulerødder/bakke som vandkilde. Ved forsøgsafslutning blev melormene sigtet fra det resterende foder og biomassen (vådvægt) fra de respektive bakker blev vejet (yderligere analyser fremgår af Afsnit 4).

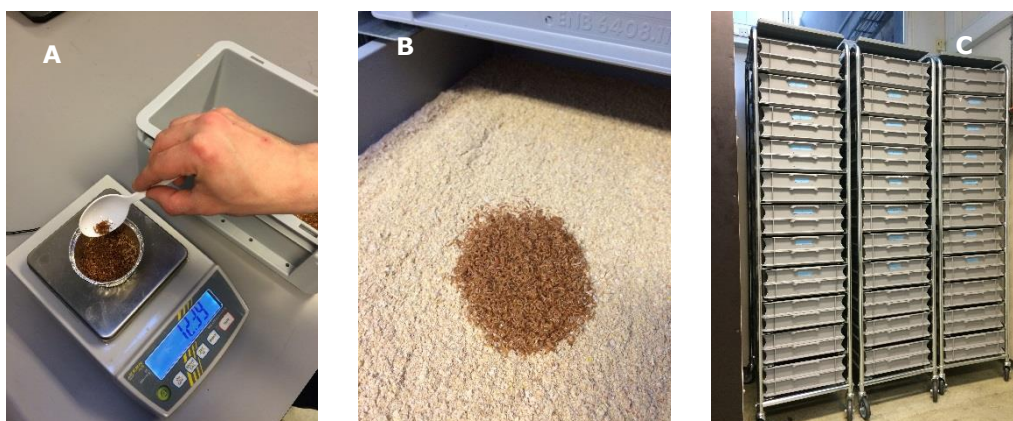
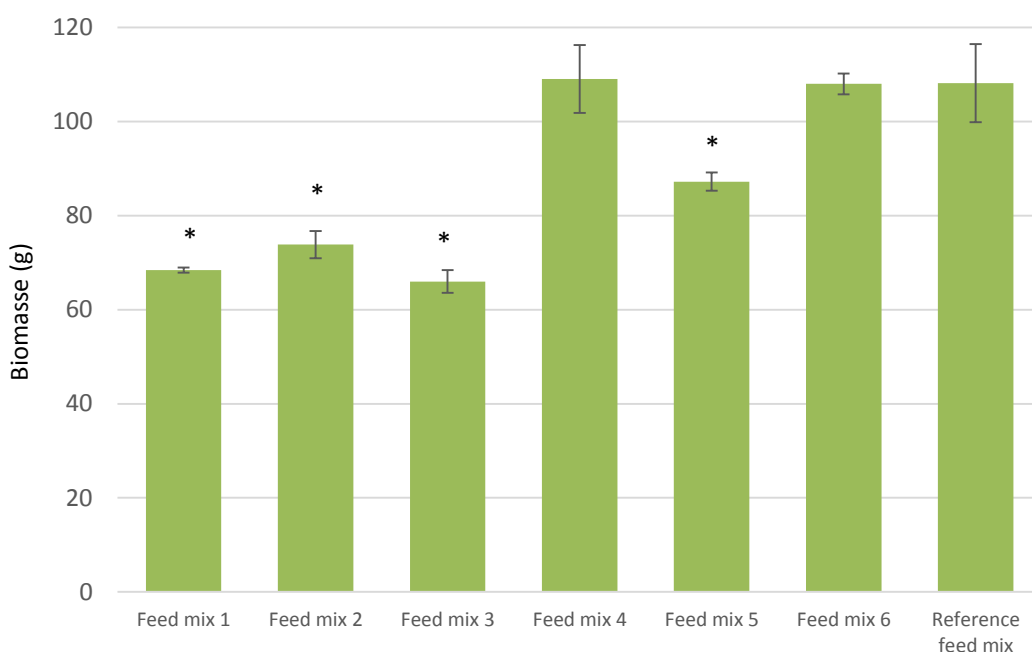


Diagram 1. Afvejning (A) og tilsætning af larver (B) til produktionsbakker samt oversigt over forsøgsopstillingen for laboratorieforsøget (C).

Sideløbende med ovenstående forsøg blev der udført et biomasse-tilvækstforsøg med de samme foderblandinger i laboratoriebeholdere et areal på ca. 100 cm<sup>2</sup> (indre-mål ca. 100 x 100 x 40H mm) over seks uger med ca. to uger gamle melorm (samme batch). Forsøget blev udført under lignende forhold som ovenstående mht. forsøgsdesign (to larver/cm<sup>2</sup>, tre replikater/behandling), temperatur og luftfugtighed, men forløb to uger længere. For at analysere den ugentlige biomasse-tilvækst (våd vægt) blev larverne sigtet og vejlet på ugentlig basis (uge 2-6), hvorefter de blev reintroduceret i nyt foder (50 g tørvægt/holder). Der blev tilført 10 g gulerødder/holder som vandkilde to gange pr. uge.

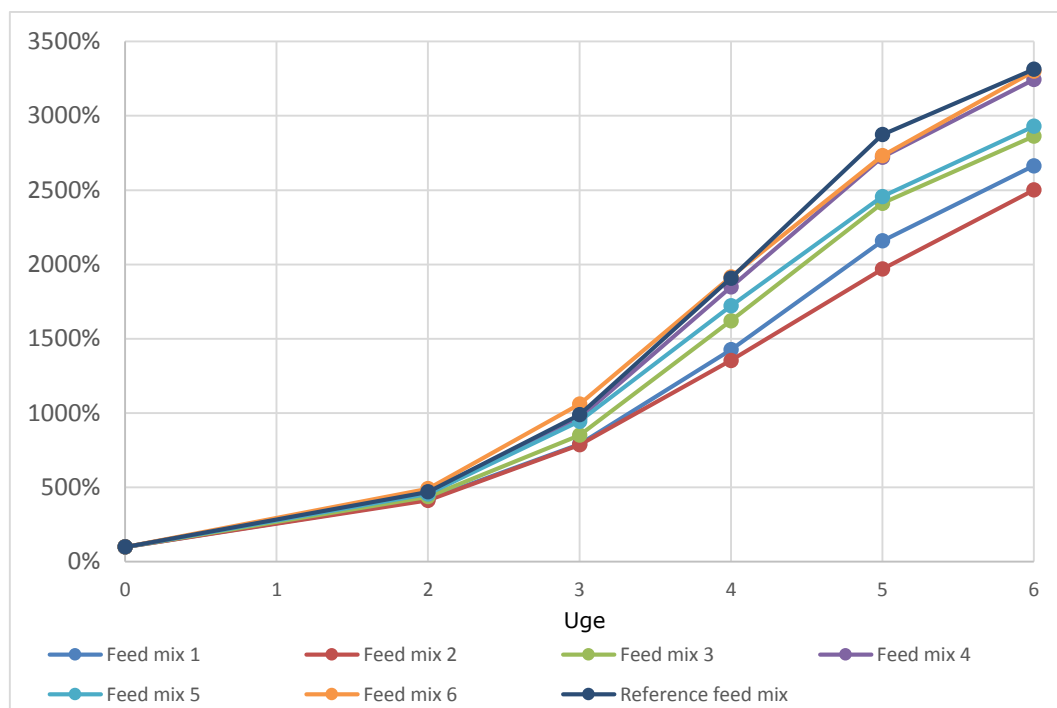
Nedenstående Figur 1 og 2 viser biomasse-resultaterne fra de to laboratorieforsøg. I det første laboratorieforsøg (4 uger) var der ikke signifikant forskel ( $P < 0,05$  – Student's t-test) mellem den totale biomasse (tørvægt) produceret på reference-foderet og hhv. foderblending 4 og 6, mens de resterende foderblandinger præsterede signifikant lavere end reference-foderet (Figur 1).



**Figur 1.** Total biomasse (tørvægt) efter fire uger. Den gennemsnitlige biomasse ( $\pm$  std.afv.) baseret på vådvægt var ca. 340 g hos larver fodret med reference-foder. \*Signifikant ( $P < 0,05$  – Student's t-test) forskellig gennemsnitlig total biomasse (tørvægt) i forhold til reference-foderet.

Tendensen i Figur 1 blev eftervist i biomasse-tilvækstforsøget (Figur 2), hvor foderblending 4 og 6 ligeledes fulgte produktionsniveauet (ikke-signifikant forskel -  $P < 0,05$  – Student's t-test) på reference-foderet over hele perioden. Der var signifikant forskel ( $P < 0,05$  – Student's t-test) i biomasse-tilvækst mellem reference-foderet og foderblending 1 og 2 efter tre uger samt efter fire uger mht. foderblending 3 og 5. Larvernes samlede vægt i reference-foderet samt foderblending 4 og 6 blev fordoblet hhv. ca. 20 gange efter fire uger og >30 gange efter seks uger (Figur 2). Den samlede tilvækst fra æg til 'høstbar' larve er dermed i størrelsesordenen en faktor 150-200, hvilket er ca. en faktor 3-4 gange højere end den relative tilvækst for fx fjerkræ og svin.





**Figur 2.** Supplerende forsøg på monitoring af biomasse-tilvækst (baseret på vådvægt – angivet i procent) over seks uger på foderblanding 1-6 samt reference-foderet. Den relative gennemsnitlige biomasse-tilvækst er angivet for de forskellige behandlinger ( $\pm$ std.afv. fremgår ikke af hensyn til grafikken). Signifikante forskelle fremgår af teksten.

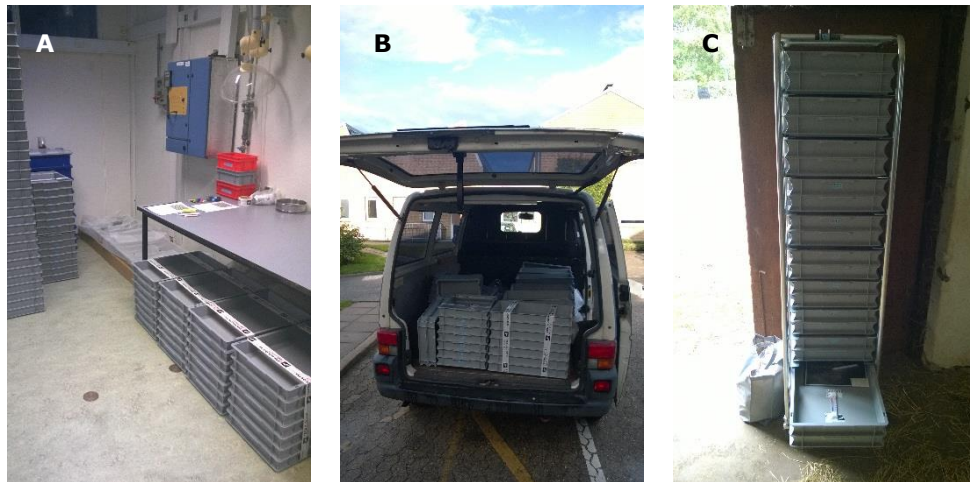
### Demonstration af melormeproduktion

På baggrund af ovenstående resultater (Figur 1 og 2) samt supplerende data på bl.a. tørstof- og protein-indhold samt aminosyresammensætning (se Afsnit 4) blev foderblanding 4 og 6 udvalgt til demonstrationstest ved seks af projektpartnerne: A (Gårdejer Bernt Villadsen), B (Gjessinggård Gods), C (Compsoil), D (Kennet Møller ApS), E (Tinnetaard) og F (Slettegaard).

Demonstrationsforsøget varede 3 uger og blev startet op den 16/9-2015 i produktionsbakker (2000 cm<sup>2</sup>) under lignende forhold som angivet ovenstående (to larver/cm<sup>2</sup>, tre replikater/behandling) hos Teknologisk Institut, Life Science (Aarhus) med ca. 3 uger gamle melorm. Dagen efter blev der kørt en produktions-’plug ’n’ play’-pakke, bestående af et stativ med tre replikater af hhv. foderblanding 4 og 6, ud til de respektive projektpartnere (Diagram 2). Demonstrationsproduktionen foregik herefter i 20 dage på de udvalgte lokaliteter, hvor projektpartnerne stod for den daglige drift, herunder fodring med gulerødder to gange om ugen *ad libitum*. På den 21. dag (den 7/10-2015) blev bakkerne transporteret tilbage til Teknologisk Institut og larvebiomassen blev høstet og vejjet. På alle demonstrationslokaliteterne blev temperatur og luftfugtighed monitoreret vha. en datalogger (EL-USB-2, Lascar Electronics).

Herudover blev der sideløbende med demonstrationsforsøget udført et reference-forsøg hos Teknologisk Institut, Life Science med foderblanding 4 og 6. Dette blev udført under lignende forhold som demonstrationsforsøget, dog i produktionsbakker som havde et areal på ca. 400 cm<sup>2</sup> (indre-mål: 258 x 158 x 117H mm). Tidligere forsøg på Teknologisk Institut har vist, at der er en ligefrem proportional sammenhæng mellem produceret larvebiomasse og

produktionsareal inden for det interval som de beskrevne testbeholdere dækker (hvh. ca. 100, 400 og 2000 cm<sup>2</sup>).



**Diagram 2.** Demonstrationsproduktion - klargøring (A), transport (B) og opstilling (C).

Insekter er vekselvarme dyr og opretholder ikke en konstant kropstemperatur, ligesom fx pattedyr, men er derimod afhængig af temperaturen i deres omgivelser. Det optimale temperaturinterval er artsspecifikt og kan variere meget på tværs af forskellige typer insekter. Melorm trives normalt inden for et temperaturinterval på ca. 20-35°C, men vokser hurtigere i den høje ende af dette interval pga. øget aktivitet, da de hurtigere kan opnå den 'sum' af graddage (forklaret yderligere under Tabel 2) som de har behov for, at udvikle sig fra et stadium til det næste (fx æg til larve eller larve til puppe).

Nedenstående Tabel 2 viser produktionsforholdene (temperatur og luftfugtighed) på de forskellige lokaliteter.

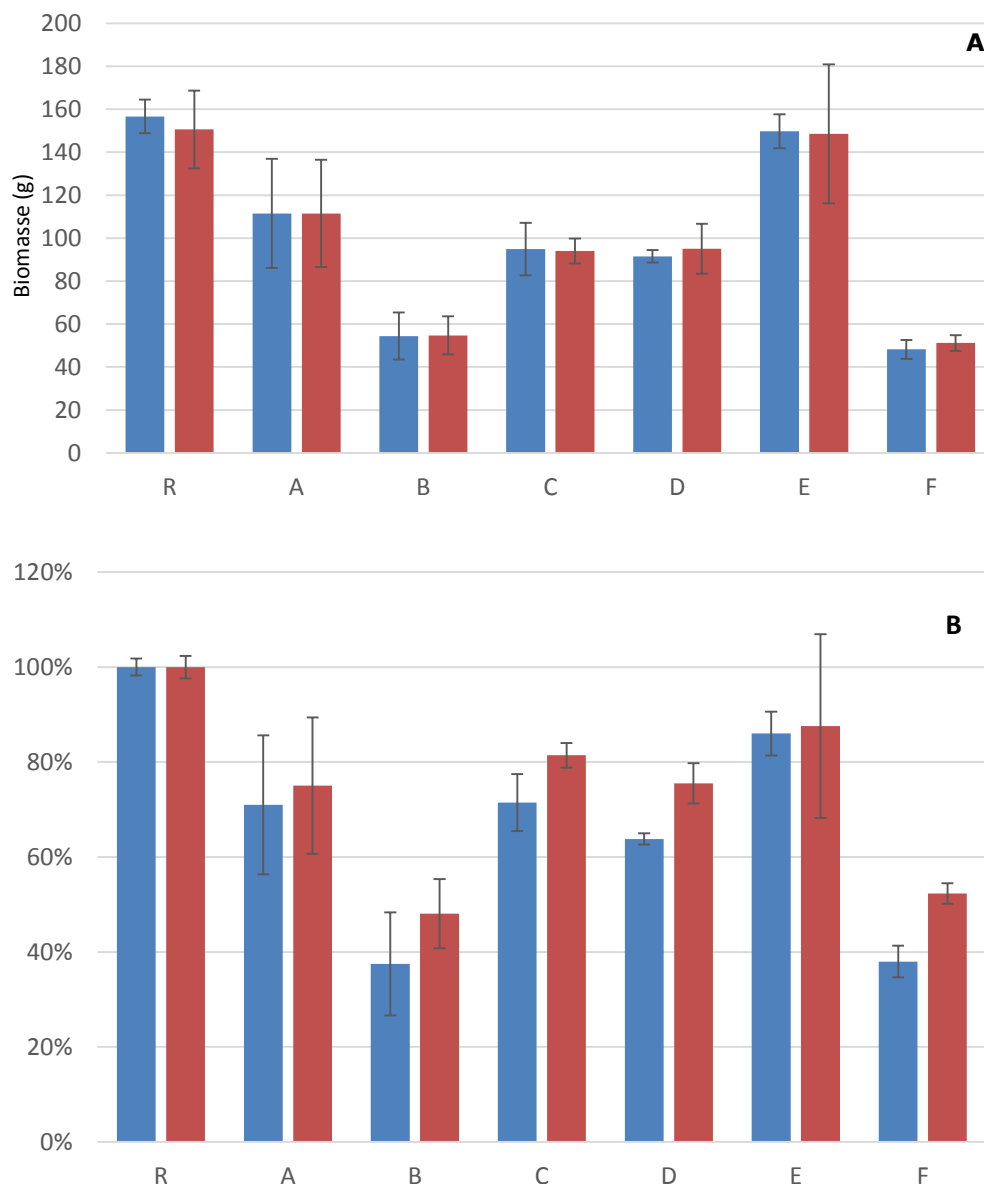
Lokalitet	R	A	B	C	D	E	F
<b>Temperatur (°C)</b>	25,0±0,3	24,2±4,8	17,9±4,1	19,5±0,9	20,9±1,9	27,8±6,9	14,4±1,3
<b>Luftfugtighed (%)</b>	36-50*	51,8±16,6	63,4±14,0	67,7±3,5	50,4±6,3	41,3±17,8	76,3±3,5
<b>Graddage (GD)</b>	525	509	383	415	443	581	313

**Tabel 2.** Gennemsnitlig temperatur og luftfugtighed (±std.afv.) på hhv. referencelokalitet R (Teknologisk Institut, Life Science) samt demonstrationslokaliteterne (A-F). Graddage (GD) er et mål for den relative udviklingstid som den pågældende melorm har oplevet under de givne produktionsforhold. GD er produktet af den gennemsnitlige temperatur x antal dage ved denne temperatur – i dette tilfælde udregnet som 20 dage x den pågældende lokalitets gennemsnitlige temperatur + 25 GD for første dag ved Teknologisk Institut. \*Angivet som min-max værdi grundet manglende dataregistrering.

Som det fremgår af Tabel 2 er der stor forskel i temperaturen på tværs af lokaliteterne – med næsten dobbelt så høj gennemsnitlig temperatur på lokalitet E i forhold til F. Den gennemsnitlige relative luftfugtighed varierer ligeledes en del, men har erfaringsmæssigt mindre betydning

for produktionen i forhold til temperaturen – og i alle tilfælde ligger den inden for et acceptabelt produktionsniveau (ca. 20-80 % relativ luftfugtighed) (Finke & Oonincx, 2014).

Nedenstående Figur 3 viser biomasse-resultatet fra demonstrations- og referenceforsøget. Biomassen fra reference-lokaliteten R blev korrigeret med en faktor 5 for have et tilsvarende produktionsareal i forhold til A-F (se ovenstående tekst). I forhold til R blev der produceret signifikant ( $P < 0,05$  – Student's t-test) lavere gennemsnitlig total biomasse (tørvægt) for de respektive foderblandinger 4 (FB4) og 6 (FB6) på lokaliteterne A, B, C, D og F – mens R og E ikke var signifikant forskellige for hhv. FB4 og FB6 (Figur 3A).



**Figure 3. A:** Total gennemsnitlig ( $\pm 95$  % KI) biomasse (tørvægt) efter tre uger på reference-lokaliteten (R) og demonstrationslokaliteterne (A-F) på foderblanding 4 (blå) og 6 (rød). **B:** Relativ temperatur-normaliseret gennemsnitlig ( $\pm 95$  % KI) biomasse. Det gennemsnitlige produktionsniveau på reference-lokaliteten er sat til 100 %. Signifikante forskelle fremgår af teksten.

Som nævnt var der stor forskel i temperaturen på tværs af lokaliteterne. Derfor blev biomasse-resultaterne i Figur 3A normaliseret mht. det antal graddage, som der var realiseret på de respektive lokaliteter (se Tabel 2). Derved fremstår data som 'temperatur-uafhængige' og den reelle forskel i biomasseproduktion fremstår tydeligere mellem lokaliteterne (Figur 3B). Efter temperatur-normaliseringen er der i forhold til lokalitet R der de samme statistiske forskelle som ses i Figur 3A, dog er det kun for foderblanding 6 at der ikke er signifikant ( $P < 0,05$  – Student's t-test) forskellig mellem R og E.

Det langt mere interessante er, at forskellene mellem lokalitet A, C, D og F nu i høj grad er udjævnet og forskellene i biomasseproduktion på særligt foderblanding 6 er meget ens mellem disse lokaliteter. Temperaturen på lokalitet B og F har derimod været under et produktionsmæssigt kritisk niveau i løbet af forsøgsperioden - og melormene har dermed ikke haft optimale vækstvilkår i forhold til deres udvikling og produktion af biomasse.

## 4. ANALYSER AF ERNÆRINGSEGENSKABER

Tørstof-, protein- og fedtindholdet i larverne blev analyseret i alle tre forsøg. For at kunne udvælge de bedste foderblandinger til demonstrationsforsøget blev der udført en mere differentieret analyse af melormene i laboratorieforsøget. Nedenstående Tabel 3 giver en oversigt over de analyser som blev foretaget i de respektive forsøg.

	Laboratorieforsøg 4 uger (FB1-FB7)	Referenceforsøg (FB4+FB6)	Demonstrationsforsøg (A-F/FB4+6)
Tørstof*	X	X	X
Total Protein	X	X	X
Total fedt	X	X	X
Aminosyreprofil	X		
Fedtsyreprofil	FB4, FB6, FB7		
Sukker	FB4, FB6, FB7		
Stivelse	FB4, FB6, FB7		
Calcium	FB4, FB6, FB7		
Fosfor	FB4, FB6, FB7		

**Tabel 3.** Oversigt over udførte næringsanalyser. I forbindelse med laboratorieforsøget blev nogle af analyserne kun foretaget på melorm dyrket på udvalgte foderblandinger (FB) som gav et højt biomasseudbytte med højt proteinindhold.

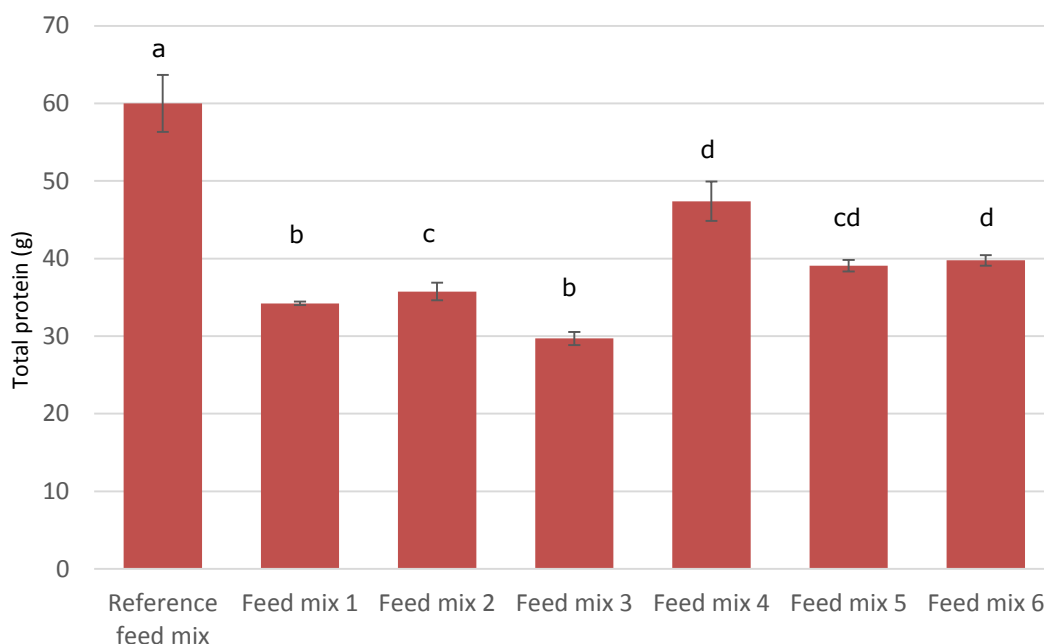
Tabel 4 viser den overordnede næringsprofil af melormene dyrket på de forskellige foderblandinger (FB1-7) i laboratorieforsøget. For alle foderblandingerne blev tørstof-, protein- og fedtindholdet analyseret og der blev ligeledes udført aminosyre-analyser (se Bilag 1).

	FB1	FB2	FB3	FB4	FB5	FB6	FB7
Total protein (g/100g)	15,6	15,9	14,1	15,7	14,5	14,5	17,7
Protein (% i tørstof)	50,0	48,4	45,0	43,4	44,8	36,8	55,5
Total Fedt (g/100g)	7,00	8,48	7,69	16,02	8,75	18,73	6,24
Fedtsyre (% af total fedt)				90,3		88,7	94,2
Stivelse og glukose (% i tørstof)				5,5		6,0	4,7
Calcium (mg/kg)				160		190	190
Fosfor (mg/kg)				2900		2700	2700
Tørstof (%)	31,2	32,8	31,3	34,2	32,3	38,2	31,8

**Tabel 4.** Næringsprofil af melorm dyrket på foderblanding (FB) 1-7. FB1-6 er eksperimentelle foderblandinger, mens FB7 er et kommercielt referencefoder. Medmindre andet er angivet er værdierne baseret på vådvægt.

Indholdet af essentielle aminosyrer varierer meget mellem vegetabiliske proteinkilder (grønne biomasser), mens sammensætningen af essentielle aminosyrer er mere komplet i animalsk protein. Særligt proteinfoder med tilstrækkeligt højt indhold (ca. 2 %) af de svovlholdige essentielle aminosyrer methionin og cystein har stor værdi inden for økologiske fjerkræproduktion. Som det fremgår af Bilag 1 var der ikke stor forskel i indholdet af aminosyrerne, herunder cystein (0,99-1,37 %) og methionin (0,68-1,02 %), på tværs af melormene dyrket på de eksperimentelle foderblandinger (FB1-6). Derimod var der stor forskel i den totale mængde protein som der blev produceret på de forskellige foderblandinger. Der var en signifikant ( $P < 0,05$  – Student's t-test) lavere mængde total protein i

alle de eksperimentelle foderblandinger sammenlignet med referencefoderet (Fig. 4). Af de seks foderblandinger indeholdt FB4 den højeste mængde protein.



**Figur 4.** Total mængde protein (tørvægt) efter fire uger. Den gennemsnitlige mængde protein ( $\pm$  std.afv.) baseret på tør bimoasse og proteinindhold. Bogstaverne a-d angiver signifikant ( $P < 0,05$  – Student's t-test) forskellig gennemsnitlig total mængde protein mellem behandlingerne.

På baggrund af ovenstående analyser blev de to bedste foderblandinger (FB4 og FB6) samt referencefoderet (FB7) udvalgt til en udvidet analyse som omfattede fedtsyresammensætningen, calcium, fosfor samt stivelse og glukose. De samlede analysedata på melorm dyrket på FB4 og FB6 blev efterfølgende anvendt i forbindelse med vurderingen larvernes næringsværdi til økologiske æglæggere (se afsnit 5).

Fedtsyreprofilen for larverne som blev fodret med hhv. FB4, FB6 og referencefoder (FB7) ses i Bilag 2. Heraf det fremgår at larvernes indhold af fedtsyrer (særligt langkædede, C13+) generelt udgør en meget høj andel (88,7-94,2 %) af deres samlede fedt. Ydermere udgør den essentielle fedtsyre linolsyre (C18:2 $\omega$ 6 – omega-6 fedtsyre) mellem 17-28 %, hvoraf FB4 har det højeste indhold (ca. 21 %) af de to eksperimentelle foderblandinger.

## 5. FORRETNINGSMULIGHEDER VED PRODUKTION AF MELORME

Med bistand fra SEGES blev der gennemført en analyse af forretningspotentialer mht. fjerkræsfoder ved produktionen af melorm baseret på relevante restbiomasser. Der er som udgangspunkt primært set på hvad melormene kan afsættes til samt hvordan de matcher økologiske æglæggers ernæringsbehov. Nedenstående Tabel 5 viser en oversigt over væsentlige prisdrivende parametre samt hvilken pris der ville kunne opnås på melorm produceret på de udvalgte foderblandinger (samlet betragtning af FB4 og FB6).

	Melorme tørstof	Melorme-mel (94 % tørstof)	Rå friske melorm
<b>Tørstofindhold (%)</b>	100*	94,00*	34,63*
<b>Energi, MJOE pr. kg (beregnet)</b>	21,20	19,93	7,34
<b>Protein (%)</b>	46,69*	43,89*	16,17*
<b>Fedt (%)</b>	40,46*	38,03*	14,01*
<b>Methionin (g/kg)</b>	3,29**	3,09**	1,13**
<b>Cystein (g/kg)</b>	4,44**	4,17**	1,54**
<b>Lysin (g/kg)</b>	20,38**	19,15**	7,06**
<b>Calcium (g/kg)</b>	0,50	0,47	0,175
<b>Fosfor (g/kg)</b>	7,90	7,43	2,75
<b>Værdi til høns kr./kg (beregnet)</b>	11,97	11,25	4,14

**Tabel 5.** Næringsstofindhold i melorm til økologiske æglæggere. \*Gennemsnit af alle analyser af melorm fra demonstrationsforsøget. \*\*Gennemsnit af analyser af melorm fra laboratorieforsøget.

På grundlag af analysedata vurderes at melorm er et godt fodermiddel til æglæggende høner grundet det meget høje indhold af protein samt høje fedtindhold. Det høje fedtindhold i melormene bidrager med store mængder energi, og har en meget gunstig fedtsyreprofil, hvor ca. 21 % af fedtet består af flerumættede fedtsyrer, omega-6.

Proteinets aminosyre-profil er ikke helt optimal i forhold til æglæggende høners behov. Det er specielt aminosyrerne methionin og cystein, der er stort behov for i fjerkræsfoder. I foder til æglæggende høner skal methionin gerne udgøre ca. 1,9 % af proteinet, og methionin + cystein skal gerne udgøre ca. 3,8 % af proteinet. De foretagne aminosyre-analyser viser, at methionin i melorm udgør knap 1 % af proteinet og cystein udgør ca. 1 % af proteinet.

Sammenlignet med prisen på økologisk vegetabilsk fedt som er 19 kr./kg vil et kg melorm, grundet det høje fedtindhold have en værdi på 4,14 kr./kg, hvor melorme-mel med et tørstofindhold på 94 % ved gældende prisniveau vil være 11,25 kr./kg værd.

Melorm er uden tvivl et rigtig godt fodermiddel til æglæggende høner. Når melorme-mel ikke kan oppebære en endnu højere pris end 11,25 kr./kg i en foderoptimeringsmæssig sammenhæng skyldes det udelukkende det relativt lave indhold af methionin i proteinet. Yderligere fokus på udvikling af mere methionin-holdige melorm (fodret med relevante restbiomasser) vil således kunne hæve prisen for produktet.

Det var ikke formålet med projektet at lave en driftsøkonomisk analyse af omkostningerne ved produktion. På baggrund af resultaterne i afsnit 3 (se Fig. 3B) er det tydeligt, at der ville kræves isolering og klimastyring, særligt mht. til temperatur, i produktionslokalerne. Produktion med melorm under ca. 20°C forventes ikke at kunne give et tilfredsstillende afkast. Produktionsvolumen vil skulle være i omegnen af 500+ tons/år for at skabe en fornuftig omsætningsgrad. Dette vil ligeledes kræve en semi-automation af produktionen.

Udgiften til foder i forbindelse med animalsk produktion udgør normalt 60-70 % af produktionsomkostninger (FAO, 2013). Omkostningerne til melorme-foder vil ligge omkring 1-3 kr./kg og der skal anvendes ca. 2 kg foder til 1 kg produceret melorm (vådvægt). Taget foderomkostningens andel i betragtning vil det betyde, at de samlede estimerede driftsudgifter bliver ca. 2,9-8,6 kr./kg produceret melorm (vådvægt) - hvilket 'best case' er en avance på 1,4 i forhold til afsætningsprisen på rå friske melorm. Det vil umiddelbart stadig kræve en del procesoptimering for at styrke denne forretningsmodel. Hvis melormene derimod afsættes til fødevarersegmentet (i eller uden for EU) forventes produktet på sigt at kunne afsættes til en markant højere pris enten som insektmel eller som et oprenset protein- og/eller fedtsyreprodukt.



## 6. FORMIDLING AF PROJEKTETS RESULTATER

---

Projektresultaterne er blevet formidlet i fire artikler i relevante fagtidsskrift, ved forskellige mundtlige oplæg samt i TV/Radio indslag. Projektet er blevet omtalt via hjemmesider på agrotech.dk og inbiom.dk og yderligere præsenteret på FarmerTech messen 2016.

I EU er der stor erfaring med melorme-produktion i Holland. Insekter er blevet godkendt som fødevarer og det er i dag muligt at købe dem i supermarkeder. Projektpartnere havde planer om at gennemføre en studietur til Holland via anden finansiering da der er relevant viden at hente hos den hollandske insektindustri og på Wageningen Universitet. Denne studietur forventes stadig at blive en realitet dog ikke i forbindelse med dette projekt. INBIOM melormekonsortiet har planer om at ansøge om et nyt projekt med ønsket opstart i 2017. Studieturen planlægges gennemført som en aktivitet i forbindelse med planlægningen eller opstarten af de fremtidige projektet aktiviteter.

### Projektet er blevet formidlet via:

#### Mundlige oplæg

Middelfart gymnasium (10. november 2015)

IDA – insekter og biogas (13. januar 2016)

Skanderborg - Odder Center for Uddannelse (26. januar 2016)

Paderup gymnasium (23. februar 2016)

Catch the worm, workshop ved Turku University, Finland (31. marts 2016)

#### Fagtidsskrifter

LandbrugsAvisen, nr. 41 side 8-9, 9. oktober 2015 som to fagartikler:

1) Håb for tomme stalde: Nu kommer insekterne (<http://landbrugsavisen.dk/h%C3%A5b-tomme-stalde-nu-kommer-insekterne>)

2) Landmand: Jeg er klar til at dyrke insekter (<http://landbrugsavisen.dk/landmand-jeg-er-klar-til-dyrke-insekter>)

FjerkræNYT, Melorm til høns, nr. 27, april 2016 (Nyhedsbrev fra SEGES)

Økologi & Erhverv, Melorme og insekter til høns, nr. 589, 19. maj 2016 (<http://oekologi.dk/oekologi-erhverv/nyheder/2016/05/melorme-og-insekter-til-hoens>)

#### Radio/TV

DR Nyhederne (4. oktober 2015)

DR P4 Nordjylland (5. oktober 2015)

DR TV/midtvest (7. oktober 2015)

DR P4 midtvest (7. oktober 2015)

#### Messeaktiviteter

FarmerTech i Herning (19-20. januar 2016)

#### www

agrotech.dk: <http://www.agrotech.dk/projekter/project/melorme-skal-sikre-protein-til-oekologiske-fjerkrae>

inbiom.dk: <http://www.inbiom.dk/inbiom/projekter/inbiom-projekter/melorme-til-fjerkrae>

## 7. KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

---

Resultaterne fra projektet viser, at det er muligt at optimere foderblandinger til melorm, men at de har behov for et højere methionin indhold for at øge afsætningsprisen yderligere. Forretningsmodellen mht. til produktion af melorm til foder til fx økologiske æglægere er udfordret, men forventes at kunne optimeres væsentligt inden for en overskuelig tidshorisont, særligt taget i betragtning at masseproduktion med insekter stadig er på et meget 'ungt stadie'.

Fremtidig produktion af melorm bør i høj grad dels rettes mod at anvende billigt foder og optimering af produktionsforholdene samt dels mod afsætning til fødevarersegmentet, hvor produktet forventes at kunne afsættes til en væsentlig højere pris. Derudover kan samproduktion mellem fx biogas (overskudsvarme), insektproduktion og/eller produktion af fisk, fjerkræ eller svin også skabe muligheder i forhold til en 'synergisk' forretningsmodel. Andre insekter som fx fluen *Hermetia illucens* – også kendt som 'black soldier fly' (BSF) eller sort soldaterflue – vil muligvis have et større potentiale i fodersegmentet, da den kan dyrkes på restbiomasser af meget lav værdi. Derudover har den en livscyklus som muliggør 3-5 batches af larver inden for samme tidsperiode (ca. 8 uger) som det tager at producere én batch melorm.

Som nævnt er insekter som produktionsform stadig et meget nyt område, men insektindustriens store potentiale som nyt forretningsområde understøttes bl.a. af følgende globale drivers:

- Bæredygtighed – miljøvenlig produktionsform med lavere forbrug af vand, energi, produktionsareal og emission af drivhusgasser (sidstnævnte 100-1000x mindre end hhv. svin og kvæg)
- Stigende pris på protein – den globale befolkningsvækst samt en stigende middelklasse, særligt i Asien, presser prisen på protein; fx er prisen for fiskemel fordoblet over det seneste år.
- Animalsk protein – indeholder essentielle aminosyrer for human og dyresundhed (fisk, fjerkræ, svin). Derudover indeholder insekter ligeledes essentielle umættede fedtsyrer samt mineraler og vitaminer.
- Forsyningsikkerhed – sammenlignet med vegetabilsk protein (fx soja) og fx fiskemel forventes forsyningsikkerheden at være væsentlig mere robust med insekter (kontinuerlig produktionsform som kan drives på forskellige biomasser).
- Dyrevelfærd – mange insektlarver (både melorm og BSF) er evolutionært udviklede til at leve i en meget høj individtæthed, som er væsentlig for at understøtte en høj temperatur (30-35°C) i deres nærmiljø og dermed sikre en hurtig udvikling. Derudover forventes insekter ikke have samme opfattelse af smerte og frygt som fx konventionelle produktionsdyr som fjerkræ, svin og kvæg.

## 8. REFERENCER

---

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2013). Edible insects. Future prospects for food and feed security.

<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>

Fødevarestyrelsen (2012). Biprodukter fra fødevare- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr. <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Publikationer/Alle%20publikationer/2012901.pdf>

Finke MD, Oonincx D (2014). Insects as food for insectivores. Kapitel 17, side 583-616 i Mass Production of Beneficial Organisms. Redaktion: Morales-Ramos JA, Guadalupe Rojas M, Shapiro-Ilan D.

## 9. BILAG

**Bilag 1.** Aminosyre-profil af melorm fra laboratorieforsøget produceret på foderblanding (FB) 1-7. Data er angivet som relativ procentdel af de respektive aminosyrers indhold.

	FB1	FB2	FB3	FB4	FB5	FB6	FB7*
Aspartic Acid	9,45%	9,53 %	9,24 %	9,25 %	8,51 %	8,68 %	9,40 %
Glutamic Acid	15,34 %	14,93 %	14,91 %	14,77 %	14,41 %	14,22 %	14,97 %
Serine	5,42 %	5,43 %	5,44 %	5,47 %	4,87 %	4,97 %	4,71 %
Histidine	3,06 %	3,09 %	3,05 %	3,21 %	3,04 %	2,93 %	3,02 %
Glycine	7,20 %	7,11 %	7,15 %	7,39 %	5,86 %	5,96 %	5,72 %
Threonine	4,61 %	4,70 %	4,64 %	4,56 %	4,27 %	4,19 %	4,28 %
Arginine	7,67 %	7,50 %	7,85 %	7,84 %	7,61 %	7,24 %	6,99 %
Alanine	10,22 %	9,90 %	9,98 %	9,99 %	8,67 %	9,53 %	8,24 %
Tyrosine	4,07 %	3,95 %	4,08 %	4,17 %	3,91 %	3,84 %	4,70 %
<b>Cystine</b>	<b>1,06 %</b>	<b>1,16 %</b>	<b>1,07 %</b>	<b>0,99 %</b>	<b>1,37 %</b>	<b>1,25 %</b>	<b>1,27 %</b>
Valine	6,67 %	6,83 %	6,90 %	7,13 %	6,80 %	7,10 %	6,57 %
<b>Methionine</b>	<b>1,02 %</b>	<b>0,99 %</b>	<b>0,90 %</b>	<b>0,86 %</b>	<b>0,94 %</b>	<b>0,68 %</b>	<b>0,64 %</b>
Hydroxylysine	0,32 %	0,25 %	0,28 %	0,34 %	0,30 %	0,35 %	0,23 %
Phenylalanine	3,27 %	3,25 %	3,16 %	3,23 %	3,23 %	3,09 %	3,58 %
Isoleusine	4,63 %	4,78 %	4,81 %	4,73 %	4,80 %	4,73 %	4,73 %
Leusine	8,25 %	8,48 %	8,25 %	8,27 %	7,99 %	8,10 %	8,13 %
Lysine	5,38 %	5,57 %	5,26 %	5,05 %	5,61 %	4,68 %	5,72 %
Hydroxyproline	0,10 %	0,11 %	0,13 %	0,10 %	0,02 %	0,03 %	0,04 %
Proline	2,26 %	2,47 %	2,89 %	2,67 %	7,79 %	8,41 %	7,06 %

\*Referencefoder

**Bilag 2.** Fedtsyre-profil af melorm fra laboratorieforsøget produceret på foderblanding (FB) 4, 6 og 7. Data er angivet som relativ procentdel af de respektive fedtsyrens indhold.

	FB4	FB6	FB7*
C12:0	0,18 %	0,15 %	0,25 %
C14:0	2,64 %	2,59 %	2,71 %
C14:1 n9 cis	0,09 %	0,08 %	0,08 %
C14:1 n7 cis	0,06 %	0,05 %	0,08 %
C15:0	0,07 %	0,06 %	0,13 %
C16:0	17,83 %	18,25 %	17,09 %
C16:1 n9 cis	0,60 %	0,62 %	0,54 %
C16:1 n7 cis	1,71 %	1,94 %	1,81 %
C16:2 n7 cis+C17:0 antiso	0,15 %	0,12 %	0,22 %
C17:0	0,09 %	0,07 %	0,18 %
C16:3 n4 cis + C17:1 n8 cis	0,08 %	0,08 %	0,14 %
C18:0	3,85 %	4,23 %	4,43 %
C18:1 n9 cis	50,56 %	53,71 %	41,90 %
C18:1 n7 cis	0,24 %	0,13 %	0,31 %
<b>C18:2 n6 cis</b>	<b>20,86 %</b>	<b>17,04 %</b>	<b>28,36 %</b>
C18:3 n6 cis	0,09 %	0,08 %	0,14 %
C18:3 n3 cis	0,54 %	0,40 %	1,34 %
C20:0	0,19 %	0,25 %	0,15 %
C20:1 n11 cis	0,03 %	0,04 %	0,03 %
C20:1 n9 cis	0,13 %	0,10 %	0,11 %
Fedtsyreprocent (af total fedt)	90,3 %	88,7 %	94,2 %

\*Referencefoder