

SLUTRAPPORT
GUDP-projekt 2020-2024

Flycloud

Digitalisering af insektproduktion

30 marts 2025

Af Jane Lind Sam
Enorm Biofactory A/S



Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram, GUDP, som er en erhvervsstøtteordning under Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

GUDP giver tilskud til projekter, der understøtter grøn og bæredygtig omstilling af fødevareerhvervet, og programmet dækker hele værdikæden fra primærproduktion til forarbejdningsindustri og afsætningsled.

Det er GUDP's ministerudpegede bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af GUDP-sekretariatet i Landbrugsstyrelsen.

GUDP-sekretariatet i Landbrugsstyrelsen

Nyrupsgade 30, 1780 København V

Augustenborg Slot 3, 6440 Augustenborg | Tlf.+45 33 95 80 00

Mail: gudp@lbst.dk

Web: www.gudp.dk

Denne slutrapport er godkendt af GUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.

SLUTRAPPORT

Flycloud

Digitalisering af insektproduktion

FAKTA OM PROJEKTET

- Projektperiode: 01/8 2020 – 31/12 2024
- Projektdeltagere: Enorm Biofactory A/S, Consibio Aps, Aarhus Universitet, Cloudfarms A/S (01/8 2020-30/6 2021), SKOV A/S (30/6 2021-31/12 2024)
- Bevilling fra GUDP: 6.806.772 kr
- Projektleder: Jane Lind Sam, Enorm Biofactory A/S

FORMÅL

Projektets formål er at forbedre styringen af Black Soldier Fly Larvae-produktionen ved systematisk dataindsamling og styring efter KPI'er. Dette har vist sig effektivt i andre husdyrproduktioner ikke kun ift. at optimere og udvikle en produktionsform, men også til at give en mere effektiv og stabil produktion. Flycloud projektet vil resultere i reduceret udledning af klimagasser, bæredygtig ressourceanvendelse og økonomisk gevinst for insektproducenter grundet højere produktivitet og foderudnyttelse.

PROJEKTETS RELEVANS

De seneste år er der gjort en stor indsats for at finde alternative proteinkilder til soja og fiskemel, og samtidig valorisere organiske restbiomasser, der produceres i store mængder i fødevareindustrien. I denne kontekst er insekter interessante, da de kan konvertere og opkoncentrere næringsstoffer i restbiomasser til bl.a. proteiner. Insektindustrien har udviklet sig i en rivende fart, især siden 2017 hvor det blev lovligt at fodre insektprotein til fisk i EU. Studier har vist at affedtet insektmel af BSF-larver, kan substituere 30- 50% af det anvendte fiskemel i foder til fisk.

Insektindustrien er i sin spæde opstart og præget af manglende viden om fodring, automatisering og forarbejdning. I mange årtier er der udviklet viden om fodring, staldsystemer og produktionsstyring af andre husdyr, hvorimod industriel insektproduktion har mindre end 10 års historik. Der er brug for at udvikle denne viden om produktion af BSF-larver hurtigst muligt for at bringe industrien til det samme niveau som den øvrige husdyrproduktion. Dette er muligt, da larvernes livscyklus er ekstremt kort og viden kan derfor opbygges på kort tid. For at få succes med det, er der brug for et værktøj, som på industriel skala kan indsamle og systematisere data fra disse små produktionsdyr, som ikke kan forsynes og tracks med øremærker. Implementering af digitale teknologier vil muliggøre en effektiv indsamling, systematisering og analyse af data. Enorm Biofactory A/S drev ved projektopstart et pilotanlæg med en fuldt integreret produktion af BSF-larver. Pilotanlægget ligger til grund for projektering af et kommercielt anlæg på samme matrikel, som skal kunne producere 100 ton levende larver hver dag, svarende til en årlig produktion af 11.000 ton insektproteinmel. I pilotanlægget blev der løbende optimeret på bl.a. foderrecepter, temperaturer, fugtighed, lys, arbejdsgange, stalddesign, doserings- og høstmeto-

der. For at kvantificere effekten af optimeringerne er der brug for præcis viden om, hvordan disse faktorer påvirker larvernes vækstrater, fluernes æglægning og emissioner fra fabrikken. Det har afgørende betydning at kunne kvantificere disse effekter i et skaleret produktionsmiljø på en så automatiseret måde som muligt. På den måde vil produktionen kontinuerligt kunne optimeres i stor skala, ligesom evt. variationer i foder-forsyningen, klimaforhold grundet årstider osv. kan kobles til en effekt på den biologiske produktivitet og miljøpåvirkning.

HOVEDRESULTATER

Projektet havde i første skridt behov for at undersøge indvirkningen af skalering af BSFL-produktion ift. opstillede KPI'er med fokus på vækstbetingelser, udbytte og emissioner.

Vækst og emissioner

AU brugte et respirometrisystem i lille skala til at overvåge variabler i BSFL opdrættet ved temperaturer fra 27,0 til 41,9 °C. Første sæt eksperimenter validerede at små laboratorie-respirometri-forsøgskamre (600 larver) understøtter gasudveksling, vækst og metabolisme i BSFL, der kvantitativt eller kvalitativt ligner målinger opnået fra storskala, kommercielle forhold (>12 millioner larver). Et andet eksperiment demonstrerede at 7 dages vækst af BSFL var stabil og høj ved 27, 35 og 39 °C, mens en opdrætstemperatur på ~ 42 °C forårsager en alvorlig, men ikke dødelig, reduktion af vækst og stofskifte. På trods af de generelle ligheder i total vækst over 7-dagesperioden ved 27, 35 og 39 °C, finder vi en betydelig acceleration af stofskiftet og udviklingen ved 35 og 39 °C, mens temperatur ved 27 °C reducerede CO₂-produktionen pr. kg producerede larver. Den lavere temperatur var også forbundet med et højere protein til lipid-forhold i larverne. Disse resultater viser, hvordan fortsat overvågning af gasudveksling i produktionssystemer rummer et potentiale til at optimere produktionen.

AU har også undersøgt påvirkningen af næringsstoffer på respirationsmålingerne med fokus på forskellige koncentrationer af protein. Eksperimenterne viste at respirationskvotienten (RER), defineret som forholdet mellem forbruget af O₂ og produktionen af CO₂, kunne fungere som indikator for larvernes metaboliske aktivitet. Eksperimenterne viste at diæten med laveste protein resulterede i laveste biomasse udbytte af larver samt en højere RER gennem eksperimentet. Samtidig kunne det ses at en længerevarende høj RER resulterede i et lavt protein- og højt fedtindhold i larverne. Det vil derfor være muligt at kunne monitorer på O₂, CO₂ og via RER kunne få en indikation af larvernes vækst samt deres komposition.

Udvikling af Flycloud

Formålet var at udvikle et digitalt, cloud-baseret system til at indsamle og systematisere data på de vigtigste kontrolparametre og KPI'er i produktionen, hvorved BSF-produktionen langt nemmere kan kontrolleres og optimeres over tid. Til dette skulle der opbygges en robust og skalerbar digital infrastruktur op, som tillader løbende opsamling, systematisering og analyse af produktionsdata fra flere forskellige datakilder og flere forskellige systemer. I løbet af projektet blev antallet af systemer øget, hvorfor værktøjet blev ændret fra en samlet cloud-plattform til at være en multi-cloud arkitektur, hvor forskellige opgaver løses i forskellige cloud-services, inden data til slut samles i Enorms egen Microsoft Azure miljø.

For at muliggøre reeltids-beregningen af de vigtigste KPI'er, relaterede til larvevækst, metabolisme og miljøpåvirkning baseret på gas-målinger og respirometriske faktorer, blev der i projektet også udviklet mulighed for at afvikle "virtuelle sensorer" i Consibio Cloud, som er beregninger foretaget i realtid på andre, opsamlede målinger. Disse beregninger kan opsættes af alle, og muliggør derfor en systematisk måde at beregne KPI'er og andre reeltidsmål fra en produktion. Vi er i projektet lykkedes med at modne dette koncept så meget, at Consibio i dag også anvender det i andre brancher – f.eks. til flowberegninger baseret på niveaumålinger og hydrauliske modeller i kloaksystemer indenfor spildevandsbranchen.

I projektet lykkes det at anvende data og modellerne udviklet ved AU i lab-skala med data fra ENORM og virtuelle sensorer i Consibio Cloud til at realtidsberegne af afgørende parametre som:

- CO₂-produktionsraten, der angiver den overordnede metabolske aktivitet hos larverne.
- Den akkumulerede CO₂-produktion for en batch, der kan bruges til at estimere den akkumulerede larvebiomasse og dermed give et realtidsmål for den aktuelle produktivitet.
- RER, som kan indikere hvilke metabolske pathways der er mest aktive og dermed indikere den forventede komposition af slut-biomassen.

PROJEKTFORLØB OG ERFARINGER

De første år af projektet var der mange udefrakommende påvirkninger i form af Covid-19 og krig i Ukraine som forsinkende og vanskeliggjorde flere aspekter af projektet.

Covid-19 påvirkede opstarten af projektet ved fx at begrænse muligheder for sparring med andre insektproducenter samt forhindrede fysiske projekt- og styregruppemøder.

I efteråret 2020 etablerede Enorm og SKOV et samarbejde, hvilket gjorde at SKOV overtog CloudFarms rolle. Dette gjorde også at Consibio og SKOV skulle lave en ny teknisk snitflade, hvilket betød at SKOV skulle overtage store dele af Consibios arbejde ift. dataopsamling, hvilket efterfølgende blev begrænset, da krigen i Ukraine begrænsede SKOVs ressourcer.

I løbet af projektet var især Enorm og Consibio igennem stor udvikling. Samtidig udviklede insektindustrien sig også gevaldigt. Udviklingen gjorde at Flyclouds omfang og ansvarlige for udviklingen af Flycloud blev diskuteret meget og flyttet rundt. Samtidig gav udviklingen en masse nye muligheder som ikke var indtænkt i projektet fra start. Nye behov skulle inkorporeres især fra Enorms side, hvor bl.a. data og værdien af dette blev meget vigtigere end først antaget.

Det overordnede formål med projektet har forblevet det samme, men metoderne hvorved det kunne opnås gjorde at projektet måtte revideres flere gange, da det blev overhalet indenom af en insektindustri og projektpartnere i rivende udvikling.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Projektet har klart demonstreret, hvor essentielt det er for insektproduktion at kunne styre en produktion efter KPI'er, hvis insektproduktion skal etableres i storskala.

Eksperimenterne fra AU viste at der skal være kontrol over vækstbetingelser for at opnå optimal vækst og samtidig sikre at larverne ikke omkommer grundet for høje temperaturer. Dette er en kritisk faktor at have styr på, da larverne producerer meget varme under produktion, hvilket skal kunne fjernes fra væstkasserne.

Derudover viste eksperimenterne fra AU at emissionerne fra lab-skala både kan skaleres til kommercielle produktioner. Monitorering af emissioner af især CO₂ vil kunne give stor indsigt ind i larvernes metabolisme og vækst, hvilket kan give tidligere indikationer på evt. udfordringer i en given batch. Samtidig viste eksperimenterne at hvis der monitoreres på CO₂ og O₂ vil man kunne få indsigt i larvernes komposition ved høst.

På trods af ændringer til den digitale struktur i Flycloud, så lykkes det at få skabt et system som kan opfylde de tanker der var tiltænkt det værktøj Flycloud skulle have været. Grundet en stor udvikling ved Enorm blev systemet et multi-cloud system fremfor en samlet cloud platform, hvor et øget antal af systemer skal levere data til. Alt dette data kan så yderligere behandles i Consibio Cloud og via de Virtuelle sensorer, som kan opsættes der. Derved kan modellerne udviklet på AU anvendes til optimere produktionen ved Enorm.

I løbet af projektet har den øget fokus på data og dataindsamling allerede hjulpet med at optimere produktionen ved Enorm. Foderkonverteringsraten (FCR) faldt fra 1,5 til 1,35 og har i perioder været nede på 1,2, hvilket vil give en stor økonomisk besparelse til foderomkostninger. Derudover er mængden af CO₂ og NH₃ også faldet i projektperioden.

Enorm er stadig i gang med at indkørt deres fuldskaalanlæg, men allerede nu bliver produktionen kørt efter en række KPI'er bl.a. FCR, overlevelse og væksthastighed. Med tiden vil mere data blive tilgængeligt og flere KPI'er vil kunne bestemmes. Det data system som er oprettet i forbindelse med projektet, vil være en essentiel del af hverdagen ved Enorm og give stor indsigt i produktionen og optimeringsmulighederne.

Samtidig har Consibio fået skabt fleksibilitet så de enkelte insektproducenter selv kan bestemme hvilke KPI'er som vil være vigtige for dem og deres produktion, så Flycloud kan tilpasses hver enkelt.

Insektproduktion buldrer fremad og udvikler sig med lynets hast og arbejdet i Flycloud har skabt et godt fundament til at hjælpe industrien på vej.

FORMIDLING

- Artikel fra AU: "Effect of temperature on growth, metabolism, and gas exchange in *Hermetia illucens* larvae reared under commercial and laboratory conditions"
 - <https://brill.com/view/journals/jiff/aop/article-10.1163-23524588-00001268/article-10.1163-23524588-00001268.xml>
- Poster fra AU: "The use of respirometry for automated monitoring of growth and metabolism in BSFL on different diets"
- Horsens Folkeblad artikel: "Enorm får millionstøtte fra ministerium: Nu skal der data på fluerne"
 - <https://hsfo.dk/hedensted/enorm-faar-millionstoette-fra-ministerium-nu-skal-der-data-paa-fluerne>

Læs mere om GUDP's projekter på www.gudp.dk

