



Biokonvertering af strandopskyl med black soldier fly-larver

**BIO
OKO
NOM
ISK**

VÆKSTCENTER
GULDBORGSUND



GULDBORGSUND

Titel:

Biokonvertering af strandopskyl med black soldier fly-larver

Udarbejdet for:

Guldborgsund Kommune

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Bio- og Miljøteknologi

Februar 2018

Forfatter:

Christian Holst Fischer, chfi@teknologisk.dk

Anton Gligorescu, angl@teknologisk.dk

Jonas Lembcke Andersen, jan@teknologisk.dk

Lars-Henrik Lau Heckmann, lh@teknologisk.dk

Indholdsfortegnelse

1. Formål	4
2. Metoder	4
3. Resultater	6
4. Diskussion	12
5. Konklusion.....	13
6. Litteratur.....	13

1. Formål

Formålet med forsøget var at undersøge anvendeligheden af strandopskyl (*Zostera marina*) fra Guldborgsund Kommune som substrat til produktion af black soldier fly-larver (BSFL).

2. Metoder

Strandopskyl blev opblandet med to andre organiske affaldsstrømme:

- 1) Neddelt kildesorteret organisk dagrenovation (biopulp)
- 2) Mask fra ølindustrien.

Opblanding af strandopskyl med to andre organiske affaldsstrømme var nødvendig for at sikre en lavere saltkoncentration og balancere indholdet af kulhydrater/proteiner/fedt. Opblandingen var desuden nødvendig for at sikre såvel sammensætning som diversitet af foderet i forhold til fx specifikke fedt- og aminosyrer. Konventionelle produktionsdyr fodres ikke på monosubstrater af samme årsag. Der er tidligere blevet opnået gode resultater med biopulp og mask som substrat til produktion af BSFL (Dienner et al., 2009; Stadlander et al., 2017), hvorfor disse er anvendt til opblanding i nærværende forsøg.

Til forsøgene er der anvendt seks forskellige behandlinger: blandinger af strandopskyl og biopulp samt blandinger af strandopskyl og mask som angivet i

Tabel 1.

Tabel 1 Foderblandinger i forsøget.

Behandling	Strandopskyl (%)	Biopulp eller mask (%)
Strandopskyl/biopulp 25/75	25	75
Strandopskyl/biopulp 50/50	50	50
Strandopskyl/biopulp 75/25	75	25
Strandopskyl/mask 25/75	25	75
Strandopskyl/mask 50/50	50	50
Strandopskyl/mask 75/25	75	25

Følgende betingelser blev anvendt i forsøget:

- Strandopskyl blev tørret og neddelte, mens biopulpen og masken blev anvendt ubehandlet.
- Forsøget blev udført i et klimaskab ved 30 °C (omgivelsestemperatur) og 60 % relativ fugtighed over en periode på 14 dage.
- Forsøget blev afsluttet, da de første præpupper (sidste larvestadie) blev identificeret i produktionskasserne.
- Der blev anvendt en larvetæthed på 8 larver/cm² i produktionskasser af 400 cm² (i alt 3.200 larver pr. kasse). Larverne havde en gennemsnitsstørrelse på 5,34±0,4 mg ved forsøgsstart og hver behandling blev gennemført i triplikat (3 replikater).
- Larverne blev fodret med 2 kg foder (vådvægt) over 3 fodringer: dag 0: 800 g; dag 5: 500 g og dag 8: 700 g.

For alle 18 produktionskasser, er følgende parametre blevet målt:

- Total start- og slutvægt af larver
- Gennemsnitsvægt af larver ved start og slut
- Tilført biomasse (foder)
- Insektgødning¹ ved afslutning af forsøg
- Nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K) i insektgødningen ved afslutningen af forsøget ved brug af ICP-OES-analyse.
- Tørstof- og askeindhold i foderblandinger, BSFL og insektgødning
 - Tørstof: 105 °C i 48 timer
 - Aske: 550 °C i 24 timer
- Proteinindhold
 - Biopulp, strandopskyl og BSFL ved Kjeldahl-metoden (NMKL 6:2003).
 - Mask ej målt. Standardværdier anvendt fra Landbrug & Fødevarer (2017).
- Fedtindhold
 - Biopulp og BSFL ved gravimetrisk analyse (ISO 11085:2015).
 - Mask og strandopskyl ej målt. Standardværdier anvendt fra Landbrug & Fødevarer (2017) og Kim (2015).

¹ Insektgødningen består overvejende af det omsatte substrat. Gødningen og larverne separeres ved brug af sigte.

På baggrund af ovenstående er der for begge forsøg beregnet følgende nøgletal:

- BSFL-biomassetilvækst
- Foderkonverteringsrate (FCR) og substratreduktion
- Fedt-, kulhydrat- og protein-indhold i de anvendte foderblandinger
 - Kulhydrater blev beregnet som følgende: $100 - \text{askevægt} - \text{proteinvægt} - \text{fedtvægt}$

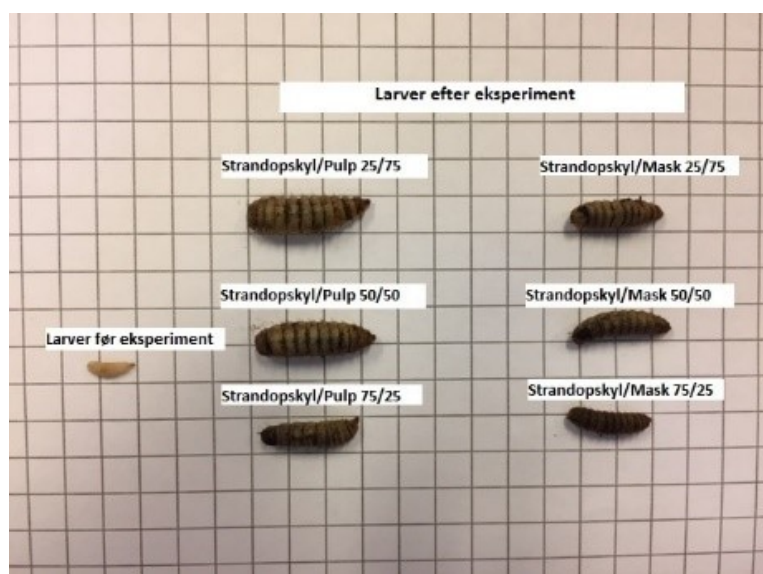
3. Resultater

De tre substrater anvendt i dette forsøg har meget forskellig struktur. Således var strandopskyl tør og meget finpartikulær, mens masken var våd og partikulær og biopulpen våd og puré-lignende. På trods af denne forskel var der tydelig omsætning af alle foderblandinger (Figur 1).



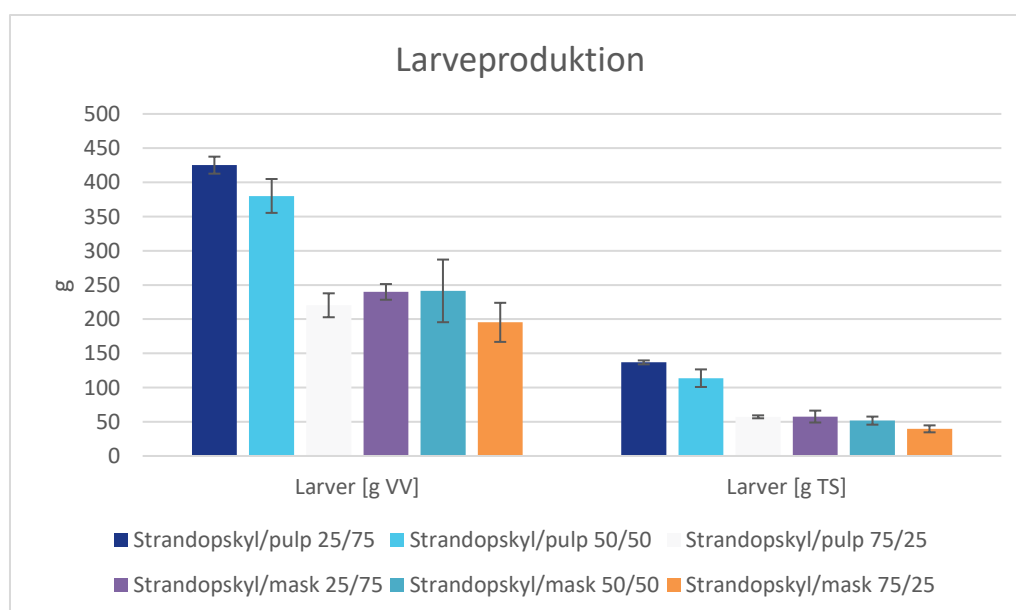
Figur 1 Produktion af BSFL fodret på 50/50 strandopskyl og biopulp (venstre) og 50/50 strandopskyl og mask (højre).

Størrelsen af BSFL afhæng af foderblandingen. Således blev larverne generelt større med foderblandingerne strandopskyl/biopulp i forhold til foderblandingerne strandopskyl/mask. Endvidere blev der observeret en stigende larvestørrelse med en stigende andel af biopulp i foderblandingen (Figur 2).



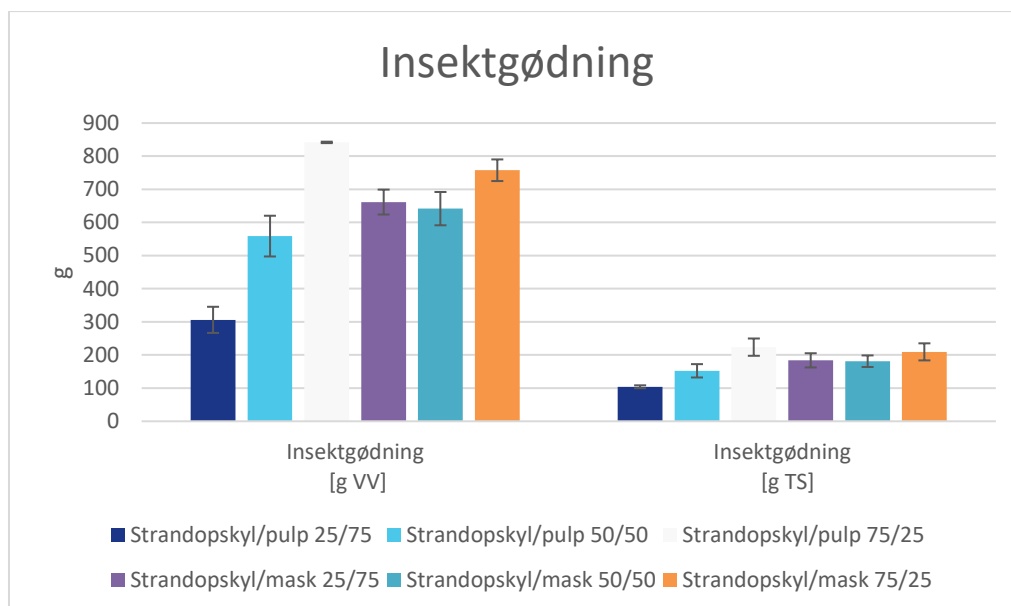
Figur 2: Billede af BSFL ved start og afslutning af forsøg for de forskellige behandlinger.

Som angivet i Figur 3, er biomassetilvæksten størst for blandingerne med 50 % og 75 % biopulp, med en samlet tilvækst på 380-420 gram vådvægt (vv) svarende til 114-137 gram tørstof (ts). De resterende foderblandinger resulterede derimod i en noget lavere tilvækst, varierende fra 195 til 240 gram vv svarende til 40-58 gram ts. Tendenserne for biomassetilvæksten svarer derfor godt overens med observationerne for den gennemsnitlige larvestørrelse, som beskrevet i ovenstående.



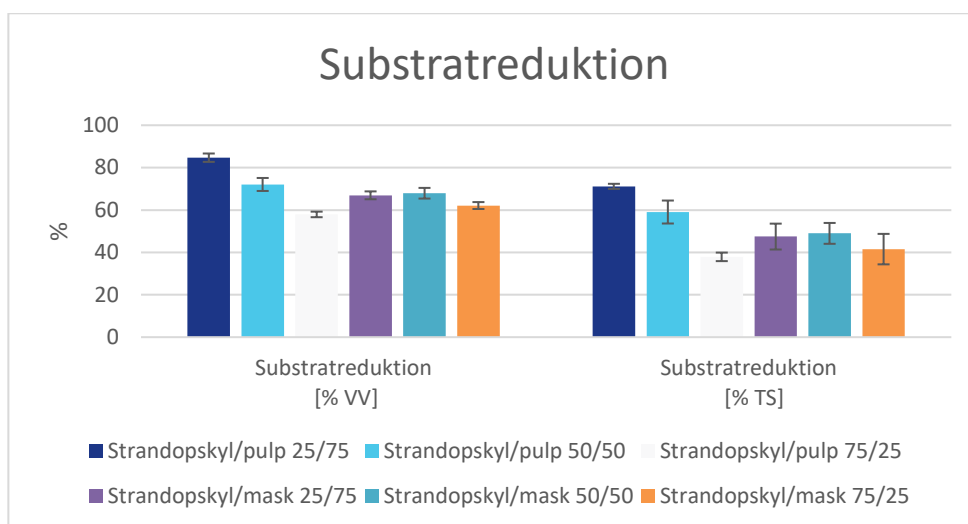
Figur 3 Histogram over BSFL-biomassetilvækst per kasse for de seks foderblandinger (gns. ± sd.) opgjort som vådvægt (vv) og som tørstof (ts).

Overskydende og omsat substrat (insektgødning) stiger med indholdet af strandopskyl i foderblandingerne med biopulp, fra 306 til 850 gram (vv). Derimod er mængden af insektgødning forholdsvis stabil for foderblandingerne med mask 642 til 758 gram (vv) (Figur 4).



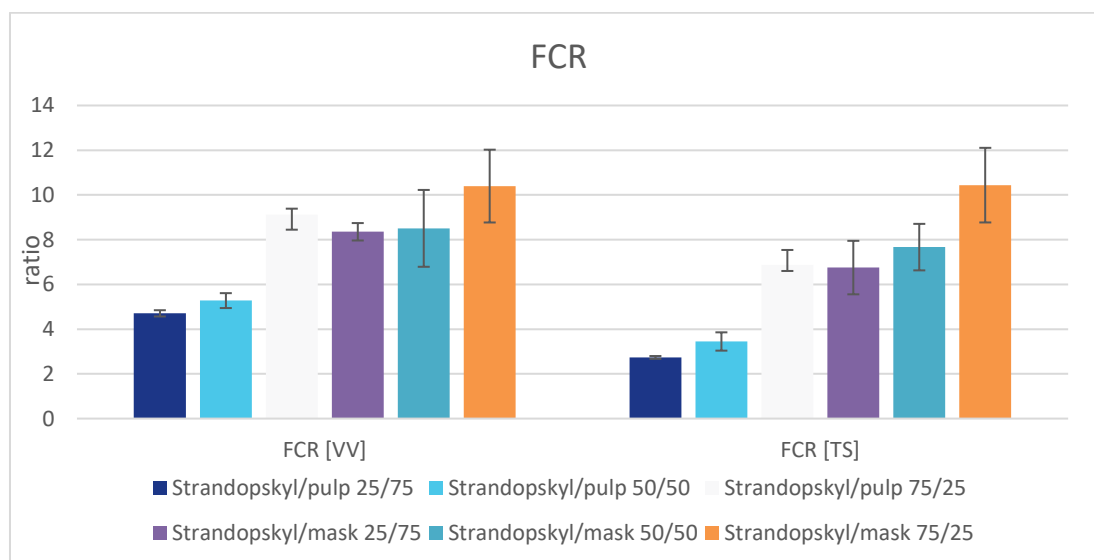
Figur 4 Histogram over produktion af insektgødning for de seks foderblandinger (gns. ± sd.) opgjort som vådvægt (vv) og tørstof (ts).

I god overensstemmelse med produktionen af insektgødning blev det observeret, at substratreduktionen falder med en stigende fraktion af strandopskyl i foderblandingerne med biopulp. Iblandingen af strandopskyl i foderblandingerne med mask influerer derimod ikke nævneværdigt på biomassereduktionen. Således stiger reduktionen i substratet fra 38 % til 71 % på tørbasis for foderblandingerne med biopulp, hvorimod reduktionen varierer mellem 42 % og 49 % på tørbasis for foderblandingerne med mask (Figur 5).



Figur 5 Histogram over substratreduktion i de seks foderblandinger (gns. ± sd.) opgjort som vådvægt (vv) og tørstof (ts).

Foderkonverteringsraten (FCR, dvs. forholdet mellem larvernes biomasse og den udfodrede substratmængde) stiger, når mængden af strandopskyl øges i foderblandingerne med biopulp, hvorimod FCR er forholdsvis uændret for foderblandingerne med mask (Figur 6).



Figur 6 Histogram over FCR for de seks foderblandinger (gns. ± sd.).

De kemiske analyser af substraterne viste, at protein-, fedt- og kulhydratindholdet var høj i biopulp og mask, hvorimod strandopskyl overvejende indeholder kulhydrat og aske (Tabel 2).

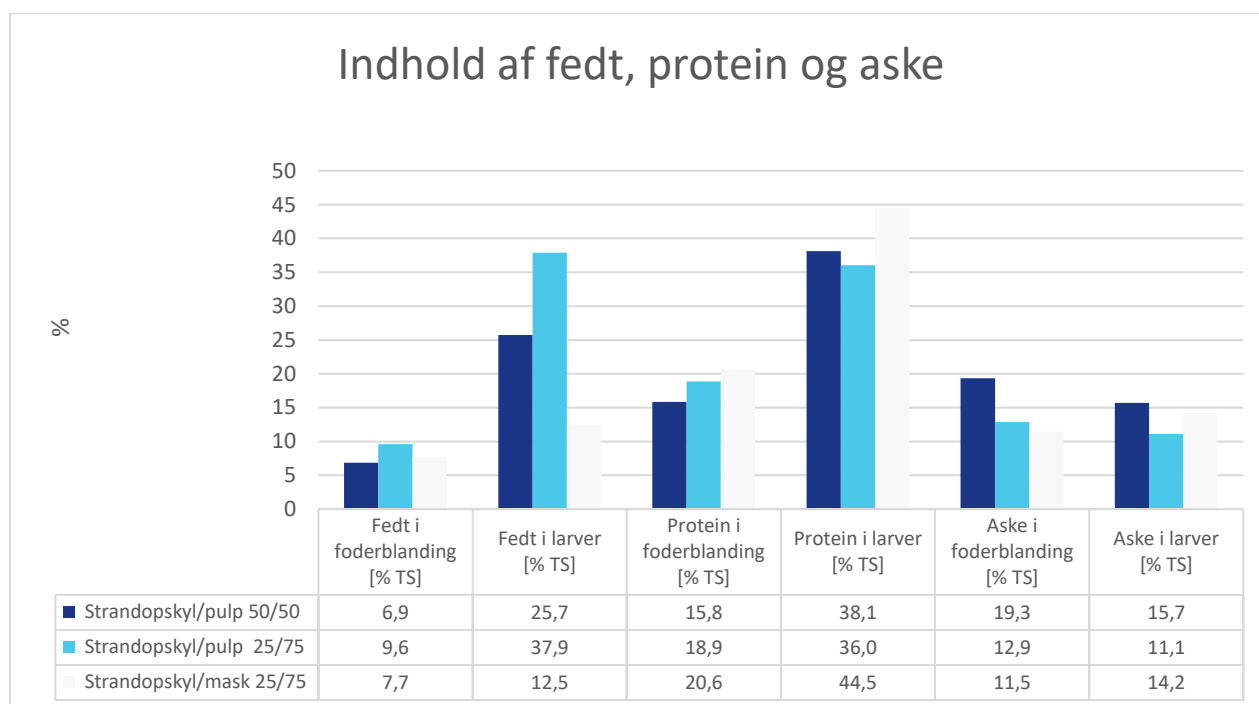
Tabel 2 Kemisk sammensætning af de tre forskellige substrater (baseret på tørstof (ts)).

SUBSTRATTYPE	KONCENTRATION (%)	
Strandopskyl	Protein	9,7
	Fedt	1,4 ^a
	Aske	32,3
	Kulhydrater	56,6
Mask	Proteiner	24,2 ^b
	Fedt	9,8 ^b
	Aske	4,5
	Kulhydrater	61,5
Biopulp	Proteiner	22,2
	Fedt	12,3
	Aske	6,4
	Kulhydrater	59,1

^a Kim (2015)

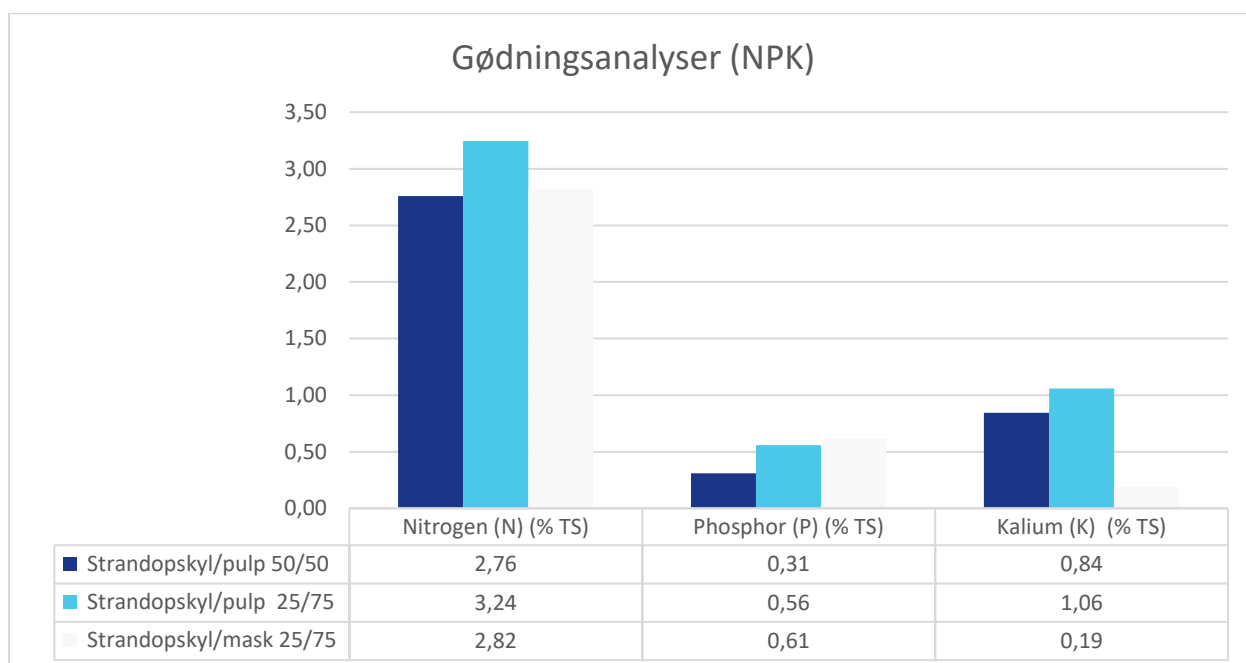
^b Landbrug & Fødevarer (2017)

I figur 7 er den kemiske sammensætning af tre af de anvendte foderblandinger beregnet. Det fremgår tydeligt, at indholdet af aske øges, når strandopskyl iblandes i større mængder. Endvidere observeres det, at proteinindholdet er højere og fedtindholdet lavere for foderblandingerne med mask ift. blandingerne med biopulp. Protein- og fedtindholdet i larverne følger samme trend som foderblandingerne. Dermed har larverne fodret med maskblandinger højere proteinindhold og lavere fedtindhold end larverne fodret med biopulpblandingerne. Fra massebalancerne (ikke vist) kan det ses at mængden af aske, som tilføres via foderet, kunne genfindes i insektgødningen og i BSFL. De udtagne prøver anses således for at være repræsentative.



Figur 7 Histogram over indholdet af fedt, protein og aske i foderblandinger og i BSFL for tre af behandlingerne (gns.).

Analyserne af insektgødningen viste, at den relative forskel i kvælstofindhold (nitrogen) for de 3 undersøgte behandlinger var under 20 % (Figur 8). Der blev observeret en betydelig reduktion i koncentrationen af kalium i strandopskyl/mask-blandingen i forhold til strandopskyl/biopulp-blandingen (80 %). Generelt ses det, at kvælstof-, fosfor- og kaliumindholdet stiger, når andelen af biopulp øges. Således tilføjer strandopskyl ikke umiddelbart nogen gødningsværdi til insektgødningen.



Figur 8 Histogram fra NPK-analyse af BSFL-gødning fra tre forskellige blandinger (gns.)

4. Diskussion

Et velfungerende BSFL-biokonverteringssystem skal opfylde to formål: 1) en effektiv produktion af biomasse, og 2) en effektiv affaldsreduktion (Diener et al., 2009).

Overordnet set kan det konkluderes, at alle foderblandingerne resulterede i BSFL-tilvækst (Figur, 2-5). Ved en høj fraktion af strandopskyl var den generelle ydeevne dog lavere i forhold til en lav fraktion (både for størrelse, biomassetilvækst, substratreduktion). Dette skyldes med stor sandsynlighed, at strandopskyl har et lavt indhold af fedt og protein og et højt indhold af aske, hvilket reducerer ernæringsværdien for laverne (Tabel 2). Insekter er i stand til at reducere deres indtagelse af foder og forlænge deres udviklingstid, når vigtige næringsstoffer mangler eller ikke er afbalancerede (Karowe and Martin, 1989). Det er overvejende sandsynligt, at en foderblending udelukkende baseret på strandopskyl vil reducere ydeevnen yderligere.

Forsøgene viser dog også, at der kan opnås gode resultater, hvis strandopskyl anvendes i mere komplekse fodersubstrater i moderate iblandingskoncentrationer (Figur 2-5). Disse resultater indikerer, at strandopskyl skal kombineres med andre organiske affaldsstrømme når anvendt i produktion af BSFL.

Forsøgene viste endvidere, at produktionen fungerede bedre med biopulp end med mask. Dette skyldes med stor sandsynlighed, at biopulpen indeholder mere fedt og dermed mere energi, som samtidig lagres nemmere i BSFL som energireserve (Noreika et al., 2016). Ydermere kendes det fra andre opdrættede insekter, at flere komponenter i foderblandingen resulterer i et større output (Heckmann et al., in press). Det er således sjældent optimalt, at én komponent anvendes i for store mængder i en foderblending. I dette perspektiv er biopulp dog undtagelsen og et godt opblandingsmedie, netop fordi det er et særdeles

diverst medie i sig selv. Ydermere er den generelle tilgængelighed af næringsstofferne højere i biopulpen. Desuden er den mere neddelt, og det er tidligere vist, at forskellige teksturer kan medvirke til en ændret biomassetilvækst af BSFL (Gobbi et al., 2013).

I faglitteraturen er der opnået FCR (vv) på 7,6 ved anvendelse af gødning (Barragan-Fonseca et al., 2017), og forsøg gennemført med biopulp på Teknologisk Institut har i gennemsnit resulteret i en FCR (vv) på 4,3. I nærværende forsøg har det været muligt at opnå lignende FCR-resultater som på ren pulp ved en 25 % og 50 % iblanding med pulp. Dette indikerer tydeligt, at BSFL omsætter det tilførte strandopskyl.

Indholdet af N, P og K i de tre analyserede insektgødninger er på niveau med kompost som almindeligvis anvendes til som gødning - N (0,19-10,90 %), P (0,02-5,70 %) og K (0,10-5,78 %) (Rajan et al., 2015). Altså vil insektgødningen potentielt kunne anvendes som et gødningsprodukt, eller alternativt som substrat til biogasproduktion. Afslutningsvis skal det dog bemærkes, at separationen ved afslutningen af forsøget var tidskrævende, idet insektgødningen ikke var tør nok til at kunne separeres på sigte.

5. Konklusion

Forsøget viser, at BSFL kan produceres på strandopskyl i kombination med andre organiske affaldsstrømme (fx biopulp eller mask). Strandopskyl i høje fraktioner resulterer dog kun i en middelmådig tilvækst. Således konkluderes det ud fra forsøgene, at strandopskyl med gode resultater kan anvendes som en kulhydratkilde i en foderblanding, så længe fraktionen holdes omkring 25 %. Der resterer dog stadig en del arbejde i at optimere foderblandinger til BSFL med strandopskyl, både i forhold til at opnå gode konverteringsrater samt at opnå et insektgødningsprodukt som nemt kan separeres fra BSFL ved afslutningen af vækstfasen.

6. Litteratur

Barragan-Fonseca K. B., Dicke M. and van Loon J. J. A., 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed* 3 (2): 105-120.

Diener S., Zurbrugg C. and Tockner K., 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research* 27: 603-610.

Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A. and Rojo, S., 2013. The effect of larval diet on adult life – history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology* 110: 461-468.

Heckmann, L-H., Andersen, J. L., Gianotten, N., Calis, M., Fischer, C. H. and Calis, H., 'in press'. Sustainable Mealworm Production for Feed and Food. *Edible insects in Sustainable Food Systems*, bogkapitel, Springer.

Karowe, D. N. and Martin, M. M., 1989. The Effect of Quality and Quantity of Diet Nitrogen on the Growth, Efficiency of Food Utilization, Nitrogen Budget, and Metabolic rate of Fifth-Instar Spodoptera Eridania Larvae (Lepidoptera: Nocturidae). *Journal of Insect Physiology* 35 (9): 699-708.

Kim S-K, 2015. *Sea food science: advance in chemistry technology and application*. Taylor and Francis Group, Boca Raton, United States of America, pp. 40.

Stadtlander T., Stamer A., Buser A., Wohlfahrt J., Leiber F. and Sandrock C., 2017. *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. *Journal of Insects a Food and Feed* 3(3): 165-175.

Landbrug & Fødevarer, 2017. SEGES: Foderværktøjer, Fodermiddeltabel, mask tørret. Available at: http://svineproduktion.dk/Viden/Paa-kontoret/Oekonomi_ledelse/Beregningsvaerktoejer/Fodervaerktoejer.

Noreika, N., Madsen, N. E. L., Jensen, K. and Toft, S., 2016. Balancing of lipid, protein, and carbohydrate intake in a predatory beetle following hibernation, and consequences for lipid restoration. *Journal of Insect Physiology* 88: 1-9.

Rajan J., Anandhan S.V., 2015. Survey on nutrient content of different organic fertilizers. *Environmental Monitoring and Assessment*: 187-385.