

Efeito de diferentes técnicas de secagem sobre as propriedades nutricionais de larvas de *Hermetia illucens* L



<https://doi.org/10.56238/sevened2023.007-055>

Robson Antônio de Vasconcelos

Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4828-786X>

William James Nogueira Lima

Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1128-1448>

Diego Vicente da Costa

Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7096-396X>

RESUMO

Para 2050, a ONU prevê uma população mundial de 9,7 bilhões de habitantes. Para suprir as necessidades proteicas desta população a produção de alimentos terá de aumentar em 70% e vários são os desafios a serem superados para se atingir essa meta. Os insetos têm se mostrado uma alternativa sustentável a essa demanda proteica e a mosca-soldado-negro (BSF, *Hermetia illucens* L.), tem se destacado por seu alto valor proteico e facilidade de criação, além de ser também fonte de lipídeos e ácidos graxos e seu valor nutricional inclui ainda a quitina que atua como uma fibra. Analisamos a influência de diferentes técnicas de secagem - secagem em leito fixo (LF), secagem em estufa (ES), secagem em túnel de vento (TV) sob

diferentes temperaturas (50; 55 e 60°C); secagem ao sol (SOL) e secagem por micro-ondas (MO) nas potências 20 e 50% - sobre o teor final de umidade e sobre o valor nutricional (teor de proteínas, lipídeos e cinzas) de larvas da mosca soldado negro. Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (3 x 3) + 3 testemunhas adicionais. Os dados foram submetidos a análise de variância e para as comparações de médias foi utilizado o teste de Tukey e o Teste Dunnett. Diferenças significativas foram encontradas principalmente para o teor de lipídeos após a aplicação das técnicas de secagem. Os resultados demonstraram que temperaturas e condições mais elevadas tendem a favorecer o aumento no teor de lipídeos no material seco. A secagem em LF na temperatura de 55°C retornou o maior resultado (35,24%) estatisticamente comparável a LF-60 (35,00%), MO-50 (34,77%) e TV-60 (34,61%). Em contrapartida proteínas retornaram valores mais elevados em condições menos extenuantes. TV a 50°C (36,42%) e estufa nas 3 temperaturas pesquisadas (35,71%; 36,10% e 35,49%) forneceram os maiores resultados para proteína. Estes estudos irão contribuir para que se possa estabelecer um meio eficiente de secagem para as larvas de BSF. Apresentamos ainda um levantamento sobre os pré-tratamentos que devem anteceder à secagem para garantir a melhor segurança alimentar.

Palavras-chave: *Hermetia illucens*, Pré-tratamento, Secagem, Insetos, Segurança alimentar.

1 INTRODUÇÃO

Para 2050, a ONU prevê uma população mundial de 9,7 bilhões de habitantes (UNFPA, 2019). Com esse crescente aumento na população do planeta, aliado a uma maior riqueza, o aumento na demanda por proteína animal é estimado em 68% até 2050 (Massé *et al.*, 2020). Até esta data a produção de alimentos terá de aumentar em 70%, a fim de cobrir a necessidade alimentar do rebanho mundial (aves, suínos e bovinos) (Alexandratos e Bruinsma, 2012; Konuma, 2018).



A humanidade terá de encontrar soluções para os problemas advindos dessa crescente demanda. A produção pecuária já responde por 70% de todas as terras agrícolas (Mozhui *et al.*, 2020) e seu aumento geraria ainda mais desmatamento com inevitáveis consequências climáticas, além de que a criação de gado é responsável por 16% das emissões globais de gases de efeito estufa, mais do que todos os meios de transportes juntos (Bernard, 2021). Existe ainda uma crescente tendência a se destinar parte da produção agrícola, em especial milho e cana de açúcar para produção de biocombustível diminuindo a oferta destes produtos para uso alimentar. A água utilizada na irrigação e manutenção dos rebanhos é mais um recurso crítico: estima-se que 1 kg de grãos requer 1.000 litros de água, 1 kg de frango requer 2.300 litros, 1 kg de carne bovina requer 22.000 litros de água podendo chegar a 44.000 litros (Aravind *et al.*, 2019).

Algumas soluções para esses problemas já foram apontadas (van Huis *et al.*, 2015). Reduzir o consumo de carne, aumentar a eficiência da cadeia alimentar “do campo até o garfo” reduzindo as perdas e mudar os hábitos alimentares para produtos que exijam menos terra para serem produzidos.

Nesse cenário o uso de insetos tanto para ração animal como para alimento direto deve ser considerado uma estratégia viável que pode resolver em grande parte os problemas acima enumerados (van Huis *et al.*, 2015). A introdução de insetos na cadeia alimentar trará pelo menos 5 benefícios ambientais imediatos em relação aos atuais rebanhos: (1) menor emissão de gases de efeito estufa (van Huis e Oonincx, 2017); (2) menor área para produção de mesmo conteúdo energético (Bosch *et al.*, 2019; Cadinu *et al.*, 2020); (3) os insetos possuem alta eficiência de conversão alimentar, definida como a quantidade de alimento necessária para produzir 1 kg de peso corporal comestível (van Huis *et al.*, 2015). São duas vezes mais eficientes na conversão de alimentos que as aves, quatro vezes mais que os porcos e doze vezes mais que os bovinos (Oonincx *et al.*, 2015) e ao serem incorporados às rações permitirão redirecionar grãos e plantas para alimentos humanos (Cisse, 2019); (4) os insetos não precisam de muito mais água do que a contida nos seus alimentos (Cadinu *et al.*, 2020); (5) os insetos podem ser gerados a partir de resíduos e até estrume permitindo a recuperação destes resíduos e diminuindo seus efeitos nocivos ao meio ambiente (Dussault, 2017).

Apesar dos insetos fazerem parte da alimentação de humanos a milhares de anos, antes que sejam utilizados em larga escala como ração ou alimento direto estudos sobre o tema precisam ser aprofundados. Existem basicamente 4 categorias principais de riscos associados ao consumo de insetos como alimento (Cappelli *et al.*, 2020; Testa *et al.*, 2017): químico, relacionado a contaminantes produzidos pelo inseto ou acumulados por ele através de sua alimentação; físicos, embora raros podem ocorrer devido à natureza rígida de alguns insetos; alergênicos, já que os insetos apresentam os mesmos alérgenos que os crustáceos e os aracnídeos (aranhas, escorpiões e ácaros) e estão muito próximos dos moluscos, podem dar origem a reações ou alergias cruzadas; e por fim, riscos microbiológicos, que apesar de poucos, não podem ser desprezados. Se todos os cuidados sanitários aplicados a produção



de alimentos forem também aplicados à produção de insetos e devido à distância filogenética entre insetos e animais superiores estes riscos são minimizados (van Huis, 2021; van Huis *et al.*, 2014).

Além de mais estudos sobre os problemas citados acima outros estudos referentes à produção dos insetos devem ser feitos, como p.e. o efeito de cada etapa do processo de preparação dos insetos (colheita, abate, secagem, separação etc.) sobre seus constituintes nutricionais e o efeito de sua introdução na nutrição de animais e na dieta humana.

2 A MOSCA-SOLDADO-NEGRO (*HERMETIA ILLUCENS* - LINNAEUS, 1758)

A classe *insecta* representa mais 80% do reino animal e contém mais espécimes que todas as espécies de todas as outras classes combinadas. Mas apesar de existirem milhares de espécies de insetos nem todos se prestam como alimento e para cultivo em massa. Controle do ciclo de vida, taxa de conversão de alimento em proteína, valor nutricional, resistência ao estresse, taxa de crescimento e as necessidades nutricionais são alguns fatores a serem considerados na escolha da espécie a ser cultivada (Hénault-ethier *et al.*, 2015).

Dentre os vários espécimes de insetos já estudados as larvas da mosca Soldado Negro (BSF – Black Soldier Fly) tem se destacado como uma das mais promissoras, por atender bem os requisitos antes listados (van Huis *et al.*, 2014). Tem sido também, junto com o *Tenebrio molitor* um dos insetos mais estudados ultimamente (van Huis, 2020).

A BSF apresenta uma alta resiliência, consegue viver em condições adversas se nutrindo de uma grande variedade de alimentos, o que torna seu cultivo bastante simples. A larva da BSF é muito eficaz ao processar matéria orgânica residual. Para cada 2kg de resíduos de alimento a BSF pode produzir 1 kg de larvas (Dussault, 2017). Em um contexto em que globalmente são gerados 1,3 bilhão de toneladas de resíduo orgânicos por ano (Ananno *et al.*, 2021), o cultivo das larvas de BSF pode possibilitar a reintrodução deste alimento na cadeia alimentar diminuindo as perdas e a poluição causada por estes resíduos. A Soldado negro é altamente nutritiva. Sua composição de nutrientes é altamente dependente de sua dieta e sua biomassa seca pode conter até 50% de proteína, 35% de gordura e 20% de carboidratos, dependendo de sua alimentação (Surendra *et al.*, 2020; Shumo *et al.*, 2019) (Nyangena *et al.*, 2020). O padrão de aminoácidos pouco se altera com a dieta, porém a composição lipídica pode ser alterada por diferentes dietas larvais e dependendo da finalidade pretendida (ração animal ou uso industrial) é possível "projetar" a composição de ácidos graxos larval desejados (Müller *et al.*, 2017). As larvas também são ricas em sais minerais se destacando dentre vários outros insetos (Jansen, 2018).

A BSF além de não ser considerada uma praga, pois o indivíduo adulto não possui boca, não se alimenta e não é atraída por habitats ou alimentos humanos vivendo sua vida separada, ainda atua no controle de outros insetos. Ao colonizar o estrume de aves e suínos causa uma redução de mais de



90% na população de moscas domésticas (Jansen, 2018). Ainda, devido a capacidade das larvas da BSF de rapidamente processar matéria orgânica, o risco de crescimento microbiano nestes resíduos alimentares é diminuído (Gold *et al.*, 2018).

3 PROCESSAMENTO

O processamento dos insetos começa com a colheita e deve terminar na obtenção de um produto seguro e estável do ponto de vista microbiológico e físico-químico (Larouche *et al.*, 2019). A escolha das técnicas de processamento das BSFs para sua adequação ao consumo será um fator determinante na obtenção de um produto saudável que possa ser incorporado à cadeia alimentar (van Huis *et al.*, 2013; Purschke *et al.*, 2018).

As larvas de BSFs no seu estado fresco possuem alto teor de água (65%), um grande e variado número de micro-organismos, vários nutrientes como proteínas e lipídios, bem como um pH próximo ao neutro fazendo com que sejam altamente perecíveis (Wynants *et al.*, 2019). Sendo assim, antes de serem utilizadas como alimento ou ração elas devem ser processadas para garantir três fatores importantes: qualidade, segurança e conservação. Depois de processadas, o produto obtido, deve possuir qualidade nutricional comprovada, teor de contaminantes biológicos e químicos adequados e deve ser seco e estável ao armazenamento (Cisse, 2019). As técnicas utilizadas no processamento devem ainda apresentar sustentabilidade, serem viáveis em escala industrial e pagáveis (Vandeweyer *et al.*, 2017).

As etapas de processamento irão diferenciar de acordo com o destino do produto, podendo incluir processamento pós-colheita, branqueamento, morte, descontaminação, secagem, trituração e extração de macronutrientes (ou seja, proteínas, lipídios e quitina).

3.1 JEJUM

Na impossibilidade de se retirar o trato gastrointestinal do inseto este normalmente se torna parte do produto acabado. Para reduzir a matéria orgânica contida nos intestinos da larva e sua consequente carga microbiana recomenda-se que as larvas sejam deixadas por um período em jejum, para esvaziarem o trato gastrointestinal (van Huis *et al.*, 2013). Esse período deve ser suficiente para tal esvaziamento, porém não muito elevado de forma a comprometer a reserva energética do inseto (Barragan-Fonseca *et al.*, 2018). Um período de 24 horas, seguido de lavagem das larvas, parece ser um consenso, porém, o resultado deste processo na microbiota das larvas varia em diferentes estudos (Wynants *et al.*, 2017; Mancini *et al.*, 2019).



3.2 ABATE

O abate é uma etapa essencial no processamento de insetos, pois afeta a qualidade nutricional, a segurança microbiana, a cor e o sabor do produto (Farina, 2017). Sendo parte em qualquer produção animal, o abate deve ser rápido e eficaz, deve ajudar a reduzir a carga microbiana e manter a qualidade nutricional do produto.

Tratamento térmico, asfixia, interrupção mecânica e congelamento são os procedimentos mais comuns para o abate de larvas de BSF (Larouche *et al.*, 2019). Estudos indicam que insetos possuem resposta sensorial a dor (Gjerris *et al.*, 2016) portanto, aspectos éticos de bem-estar animal precisam ser considerados e os métodos de abate devem minimizar o sofrimento (van Huis *et al.*, 2013). Os insetos são pecilotérmicos, então matar pelo frio reduz seu metabolismo, impedindo qualquer dor ou sofrimento em potencial. Porém a atividade enzimática permanece ativa após o congelamento podendo induzir à degradação lipídica e a oxidação de polifenóis (Caligiani *et al.*, 2019; Leni *et al.*, 2019). O abate por tratamento térmico (branqueamento em água fervente por um curto período) pode resolver este problema - é rápido, reduz a umidade da larva, minimiza a oxidação lipídica, a contaminação microbiana e as alterações de cor (Larouche *et al.*, 2019). O uso de CO₂ torna a larvas inconscientes, e aplicado antes do tratamento térmico, resolve o problema ético (Zhen *et al.*, 2020).

3.3 BRANQUEAMENTO

Nas larvas de BSF, a enzima responsável pela lipólise demonstrou ser altamente ativa, e continuou a promover a deterioração lipídica mesmo sob armazenamento a -20 °C (Caligiani *et al.*, 2019). Nas larvas o branqueamento é aplicado essencialmente com o objetivo de inativar estas enzimas e reduzir a carga microbiana antes de seu armazenamento ou processamento complementar (Vandeweyer *et al.*, 2017) evitando que essas enzimas atuem causando alteração nos nutrientes e nas qualidades sensoriais por oxidação (Bazinet e Castaign, 2011) ajudando a manter a cor e a qualidade nutricional do inseto (Leni *et al.*, 2019). O branqueamento ainda possui outras vantagens já documentadas: aumento do pH em 0,5 unidades por no mínimo 48 h, conferindo uma estabilidade maior ao produto se comparado ao mesmo *in natura* (Tonnejck-Srpová *et al.*, 2019) e o branqueamento ainda reduz o tempo de secagem, provavelmente comprometendo a integridade da cutícula revestida de cera que reduz a desidratação das larvas (Saucier *et al.*, 2021). Quanto ao tempo, 40s em água fervente é eficaz na redução da maioria dos microrganismos (Vandeweyer *et al.*, 2017). Branqueamento por tempo mais prolongado pode causar lixiviação de substâncias solúveis como minerais, carboidratos, proteínas e vitaminas solúveis (Bazinet e Castaign, 2011).



3.4 SECAGEM

A secagem, aliada aos tratamentos anteriores é extremamente importante, e tem influência direta, no valor nutricional da BSF (HUANG *et al.*, 2019) e nos seus aspectos físico-químicos. O processo de secagem consiste em remover a água contida em um produto específico em uma medida específica para transformá-lo em um produto seco com uma umidade residual baixa (Badaoui *et al.*, 2019) e é um método tradicional de preservação de alimentos amplamente aplicado a frutas, vegetais e produtos cárneos (Azzollini *et al.*, 2016) que visa inibir ou retardar o crescimento microbiano, a atividade enzimática e as reações de escurecimento (Kröncke *et al.*, 2018). O crescimento microbiano é altamente dependente de água e quando a atividade de água (AW) é baixa os microrganismos apresentam crescimento lento e a grande maioria cessa seu crescimento em $AW < 0,65$ (Grabowski e Klein, 2017).

Secagem em micro-ondas e secagem por ar quente são algumas das técnicas que tem sido utilizado para secar e aumentar a vida útil das larvas de BSF. O processo de secagem com ar quente consiste em submeter um produto úmido a uma corrente de ar quente (pelo menos 10°C acima da temperatura ambiente) com temperatura, umidade e velocidade controladas (Grabowski *et al.*, 2003). Nessa situação há o estabelecimento de uma diferença de temperatura e pressão parcial da água entre o produto e o ar, ocasionando não só a transferência de calor por convecção, devido ao gradiente de temperatura, mas também a transferência de água que se deve ao gradiente de pressão de vapor entre a superfície do produto e aquela no ar. Essa transferência de massa ocorre principalmente por difusão, seguindo a Lei de Fick (Michelin *et al.*, 2015; da Silva *et al.*, 2019). A secagem por micro-ondas é baseada em interações de um campo eletromagnético com a estrutura química dos alimentos (Regier *et al.*, 2017). A molécula de água é bipolar e as micro-ondas causam um realinhamento da molécula fazendo com que ela gire. Essa rotação produz atrito e gera calor aquecendo volumetricamente o material, permitindo maior taxa de difusão e maior gradiente de pressão que afasta a umidade de dentro do material (Kumar e Karim, 2019).

A tabela 1 mostra um comparativo entre os equipamentos utilizados na secagem por ar quente e por micro-ondas. A secagem por micro-ondas é um processo rápido enquanto na secagem por ar quente a desidratação é mais lenta o que resulta em produtos diferentes em termos de forma, cor e densidade aparente. O método de secagem também tem influência sobre os valores nutricionais das larvas secas ao afetar as estruturas proteicas da BSF. Larvas secas por métodos tradicionais como secagem utilizando ar quente até 60°C apresentam melhor digestibilidade e maior índice de aminoácidos digeríveis indispensáveis se comparados a secagem por micro-ondas, porém, ambas as técnicas apresentam valores que atendem aos requisitos da FAO para aminoácidos indispensáveis (Huang *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2021). A temperatura de secagem também é um fator importante a ser considerado, pois secagem de insetos em elevadas temperaturas causam escurecimento, encolhimento



acentuados, perda de sabor e valor nutricional (Purschke *et al.*, 2018; Parniakov *et al.*, 2021) e a secagem em temperaturas mais baixas por um longo período de tempo também tem impacto negativo na qualidade do produto (Wade e Hoelle, 2020). As técnicas de secagem também apresentam diferenças sob o ponto de vista econômico. A tabela 1 mostra que para produção em escala reduzida a secagem por MO e por ar quente requerem baixo investimento, porém, sendo um processo passivo e ao trabalhar com lotes maiores a secagem por ar quente demanda menos mão de obra e tem um custo de manutenção menor (Dortmans *et al.*, 2021). Em escala industrial alguns parâmetros tendem a mudar. Equipamentos de MO são muito caros e a secagem por ar quente depende de muita mão-de-obra. A secagem solar se apresenta como uma opção, possui baixo custo de implantação e manutenção, porém depende do caráter periódico da radiação solar (Hernández-Álvarez *et al.*, 2021) e possui uma facilidade maior de contaminação (Yi *et al.*, 2020).

Tabela 1. Parâmetros relacionados ao processo de secagem por ar quente e micro-ondas (adaptado de DORTMANS *et al.*, 2021)

Parâmetro	Micro-ondas	Ar Quente
Aspecto	Crocante, inchado	Duro, rígido
Cor	Amarelado	Marrom escuro
Densidade	110-130 g/l	220-230 g/l
Fonte de energia	Eletricidade	Gás
Forma de Aquecimento	Ondas eletromagnéticas	Ar quente
Temperatura	Max. 180 °C	Max. 65 °C
Tamanho do lote	0,25 kg	30 kg
Tempo de secagem	15 minutos	24 horas
Taxa de transferência	1,0 kg/h	1,3 kg/h
Uso de espaço	0,4 m ²	2 m ²
Consumo de energia / kg de larvas secas	3.7 kWh	10,9 kWh ¹
Investimento	Muito baixo	Baixo
Mão de obra	Alta	Baixa

¹Energia usada é apresentada como kWh: 1 kg é igual 13,6 kWh

A técnica de secagem e suas condições específicas devem ser escolhidas, observando quantidade e objetivo, de forma a garantir uma alta qualidade ao produto com alta eficiência energética e baixo impacto ambiental originando alimentos secos estáveis e sustentáveis (Calín-Sánchez *et al.*, 2020).



4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (RBD) em esquema fatorial (3 x 3) + 3 testemunhas adicionais. Cada procedimento de secagem e as análises laboratoriais foram executados em triplicata. As larvas no estágio pré-pupa com 20 dias foram fornecidas por *Verdear Ambiental Ltda* e os ensaios foram conduzidos nas instalações do *Instituto Federal Norte de Minas Gerais* (IFNMG) e *Universidade Federal de Minas Gerais* (UFMG) em Montes Claros-MG. As larvas depois de lavadas em água corrente e enxaguadas com água deionizada foram mortas por congelamento a -20°C e mantidas a essa temperatura até o momento de uso. Antes do processo de desidratação amostras de 50g de larvas foram descongeladas, branqueadas por 40 segundos em água fervente na proporção larva-água de 1:12 (p / p) para evitar a queda da temperatura da água (Purschke *et al.*, 2018) e imediatamente resfriadas em água deionizada a temperatura ambiente. Em seguida as larvas foram secas em toalhas DURX[®], pesadas, distribuídas em uma camada fina e submetidas à desidratação com pesagens a cada 15 minutos.

Para desidratação em estufa foi utilizado um equipamento com circulação forçada da marca Nova Ética modelo 410/3NDRE. A desidratação em Leito Fixo (raio de 5,5 cm) e em Túnel de Vento (40 x 11 cm) foi conduzida em um módulo educacional da UP Control adaptado. As secagens anteriores foram feitas às temperaturas de 50, 55 e 60°C. Em Leito Fixo a velocidade do vento média usada foi 6,09 m/s e no Túnel de Vento 4,11 m/s. As peças utilizadas nas adaptações foram modeladas e impressas em uma impressora 3D. Para as secagens em micro-ondas utilizado um equipamento da marca Eletrolux modelo MA30S (Frequência 2480 MHz e 1,35kW de potência) ajustado em 20 e 50% da potência. O aquecedor solar foi construído em um caixa de aço inox (16 X 24,5 X 7 cm) pintada internamente de preto fosco, revestida externamente com isopor e coberta por uma placa de vidro transparente. O equipamento foi posicionado com uma inclinação de 32° em relação ao solo. As larvas foram posicionadas a uma altura intermediária da caixa sobre uma tela de aço e aberturas na parte inferior e superior permitiam que o ar circulasse atravessando a amostra. Com auxílio de uma haste colocada perpendicular à caixa e observação de sua sombra, o equipamento foi reposicionado a cada 30 minutos, acompanhando o movimento do sol, para melhor incidência dos raios solares. Em todos os processos as secagens foram conduzidas até que a diferença de peso da amostra entre duas pesagens fosse inferior a 0,5%.

A análise de proteínas seguiu o método AOAC 928.08 utilizando o fator 6,25 para conversão de N em proteína. Matéria seca seguiu o método AOAC 950.46 e para determinação de cinzas utilizou-se o método AOAC 923.03. O Extrato Etéreo seguiu o método AOAC 960.39 (AOAC, 2002).



5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram feitas no software RStudio 2021.09.1 (2021) (RStudio, PBC). Os dados foram submetidos a análise de variância e para as comparações de médias foi utilizado o teste de Tukey e o Teste de Dunnett. *P*-valores menores que 0,05 foram considerados estatisticamente significativos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das larvas *in natura* mostrou 36,32%(BS) para proteína, 30,30%(BS) para lipídeos, 19,31%(BS) para cinzas e 62,30% para umidade. Estes resultados estão coerentes com os encontrados por outros autores (Surendra *et al.*, 2020; Shumo *et al.*, 2019). Os resultados das análises físico-químicas das larvas após os tratamentos de secagem são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Em geral, após a secagem das larvas, houve redução nos teores de proteínas e cinzas e aumento no teor de lipídeos se comparados com as larvas *in natura*. Diferentes resultados para os valores nutricionais após secagem das larvas são explicados por mudanças na matriz biológica. A concentração desses valores na matriz é resultado de uma complexa combinação de fatores como proteólise e atividade enzimática e a secagem promove novos arranjos moleculares na matriz, que alteram o teor de proteínas e lipídios (Kröncke *et al.*, 2018). A solubilização de proteínas e sais minerais durante o branqueamento e a desnaturação e reações de escurecimento podem explicar as reduções desses componentes (Akonor *et al.*, 2016; Lenaerts *et al.*, 2018). A técnica de secagem que retornou o maior resultado para proteínas foi TV a 50°C (36,42%) estatisticamente igual a estufa nas 3 temperaturas testadas (35,71%; 36,10% e 35,49%). Extrato Etéreo, o qual podemos relacionar com o teor de lipídeos, apresentou o melhor resultado para LF a 55°C (35,24%) estatisticamente comparável a LF-60 (35,00%), MO-50 (34,77%) e TV-60 (34,61%). A Figura 1 mostra as curvas de cinética de secagem (X/X_0 vs tempo) para os tratamentos envolvendo ar quente. Resumidamente, a cinética de secagem foi traçada determinando o conteúdo relativo de água X/X_0 (onde X é o conteúdo de água após secagem e X_0 é o conteúdo inicial de água) ao longo do tempo de secagem. Os maiores resultados para extrato etéreo aparecem entre os processos com menores tempos de secagem e maiores temperaturas sugerindo que estas condições tendem a favorecer o aumento do teor de lipídeos no material seco.



Tabela 2. Propriedades nutricionais de larvas de mosca black soldier após os processos de secagem

Equip.	Extrato Etéreo (CV: Tuckey = 1,18%; Dunnet = 1,34%)			Proteína (CV: Tuckey = 2,38%; Dunnet = 2,86%)			Proteína + Lipídeo (CV: Tuckey = 1,39%; Dunnet = 1,73%)		
	Temperatura								
	50	55	60	50	55	60	50	55	60
Estufa	27,11Bab*+°	26,67Bb*+°	27,57Ba*+°	35,71Aa*°	36,10Aa*°	35,49Aa*°	62,82Ba+	62,77Ba+	63,06Ba+
LF	32,34Ab*+°	35,23Aa*°	35,00Aa*°	33,49Ba	32,93Ba	33,68Ba	65,83Ab*+°	68,17Aa*°	68,68Aa*°
TV	26,71Bb*+°	25,81Cc*+°	34,61Aa*°	36,42Aa*°	33,40Bb	32,46Bb	63,13Bb+°	59,21Cc*+°	67,07Aa*°
MO20%		29,06*			32,79*			61,85*	
MO50%		34,77+			34,58+			69,35+	
Solar		28,66°			31,85°			60,52°	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (equipamentos) e minúsculas na linha (temperaturas), diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias seguidas de *, + e ° se diferem dos tratamentos testemunhas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Resultados referentes a matéria seca.

Tabela 3. Propriedades nutricionais de larvas da mosca black soldier após os processos de secagem

Equip.	Cinzas (CV: Tuckey = 4,90%; Dunnet = 1,76%)			Umidade Residual (CV: Tuckey = 2,05%; Dunnet = 1,92%)			Perda 105°C (CV: Tuckey = 0,41%; Dunnet = 0,59%)		
	Temperatura								
	50	55	60	50	55	60	50	55	60
Estufa	19,40Aa	19,27Aa	19,25Aa	7,28Ba*+°	6,68Ab+°	5,91Ac*+°	63,11Aa*+	63,12Aa*+	63,28Ba*+
LF	17,61Aa	16,77Ba	17,60ABa	6,76Ca+°	6,03Bb*+°	5,80Ab*+°	62,23Bc*+	63,35Ab*+	64,05Aa+°
TV	17,83Aab	18,87Aa	16,99Bb	7,64Aa*+°	5,97Bb*+°	5,78Ab*+°	62,75ABa*+	63,05Aa*+	62,69Ca*+
MO20%		17,74			6,57*			64,35*	
MO50%		14,41			5,35+			71,12+	
Solar		15,62			4,64°			62,96°	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (equipamentos) e minúsculas na linha (temperaturas), diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Médias seguidas de *, + e ° se diferem dos tratamentos testemunhas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Resultados referentes a matéria seca.

O teor de cinzas apresentou apenas pequenas diferenças pelo Teste de Tukey e não mostrou diferenças significativas quando comparadas com as testemunhas pelo Teste de Dunnett. Como as cinzas dependem do teor de minerais que não são afetados por temperaturas como as utilizadas no ensaio essa pequena variação já era esperada e pode ser explicada pelas modificações na matriz biológica devido ao branqueamento (Mutungi *et al.*, 2019). Quanto a umidade residual, ou seja, aquela que permaneceu na amostra após o procedimento de secagem também ficou em média dentro dos índices pretendidos (7%). Fixar uma mesma umidade exata para as larvas secas não foi possível devido às limitações de controle dos diversos métodos de secagem. A secagem ao sol apresentou o menor valor para este parâmetro possivelmente devido às altas temperaturas alcançadas (72°C) no decorrer da secagem. Como já visto a secagem das larvas segue a Lei de Fick, logo temperaturas mais altas irão estabelecer diferenças de gradientes maiores facilitando a evaporação. Posterior secagem a 105°C das amostras previamente secas mostrou valores bem próximos e de acordo com a literatura (Surendra *et*



al., 2020; Shumo *et al.*, 2019). Um experimento que se destaca dos demais por seus resultados peculiares é MO-50%. Além de apresentar teor de cinzas abaixo dos demais experimentos também apresentou um valor para dessecação a 105°C muito acima dos demais apesar de sua umidade residual, embora baixa, não fugir consideravelmente da média. Como o cálculo dos demais constituintes é feito sobre a base seca, a elevada perda por dessecação, devido ao rearranjo da matriz biológica, pode ter contribuído para concentração destes elementos (Wasswa *et al.*, 2021).

Levando em consideração que os dois componentes mais importantes a serem recuperados após secagem são proteína e lipídeo e no intuito de identificar a técnica com melhor resultado para estes dois componentes juntos, foi analisado a soma destes. Percebemos que MO na potência de 50% teve melhor resultado (69,35%) junto com LF-60 (68,68%), LF-55% (68,17%) e TV-60 (67,07%). Estudos anteriores mostraram que insetos secos em micro-ondas tendem a aumentar a fração não digerível de proteínas (Kim *et al.*, 2021; Kröncke *et al.*, 2018) então é preciso encarar com cuidado este resultado.

A figura 2 mostra os valores dos coeficientes de correlação de Pearson(r) entre as variáveis envolvidas no experimento (excetuando os experimentos com micro-ondas por envolver processos diferentes) e demonstra que há correlação entre temperatura, tempo de secagem e teor residual de umidade. Temperaturas menores demandam tempos maiores e retornam um teor de umidade residual maior, o que está de acordo com a Lei de Fick. Há também uma correlação direta entre o teor de umidade residual e o teor proteínas, que nos leva a depreender que aquecimentos mais brandos tem um efeito positivo sobre o teor de proteínas. Isto também pode ser percebido diretamente no gráfico onde vemos uma correlação indireta entre proteína e temperatura. Há também uma correlação indireta entre lipídeos e proteínas da ordem de -0,542 (p-Valor = 0,002), indicando que o aumento no teor de um item implica na redução do outro.

Figura 1. Curva da cinética de secagem das larvas da mosca soldado negro sob diferentes processos de secagem, onde X é o conteúdo de água após secagem e X_0 é o conteúdo inicial de água. Os experimentos foram feitos em triplicata.

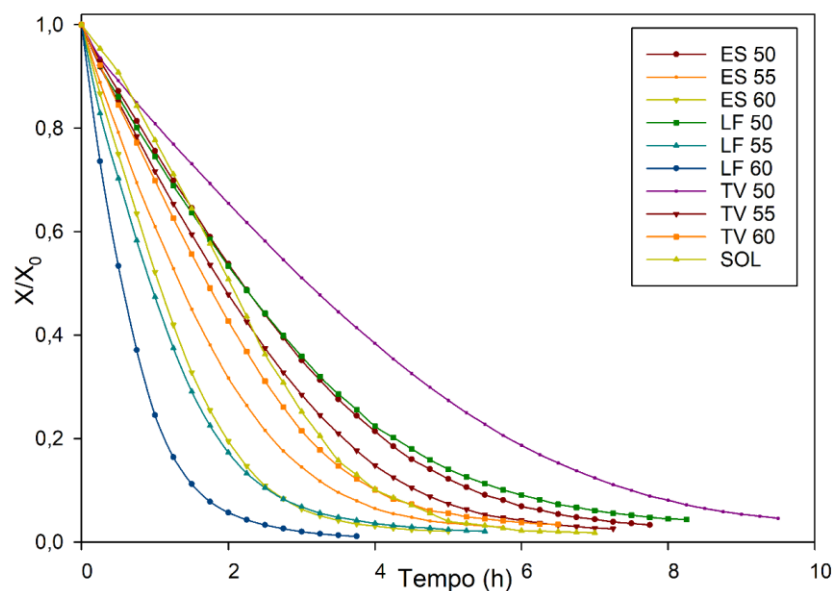
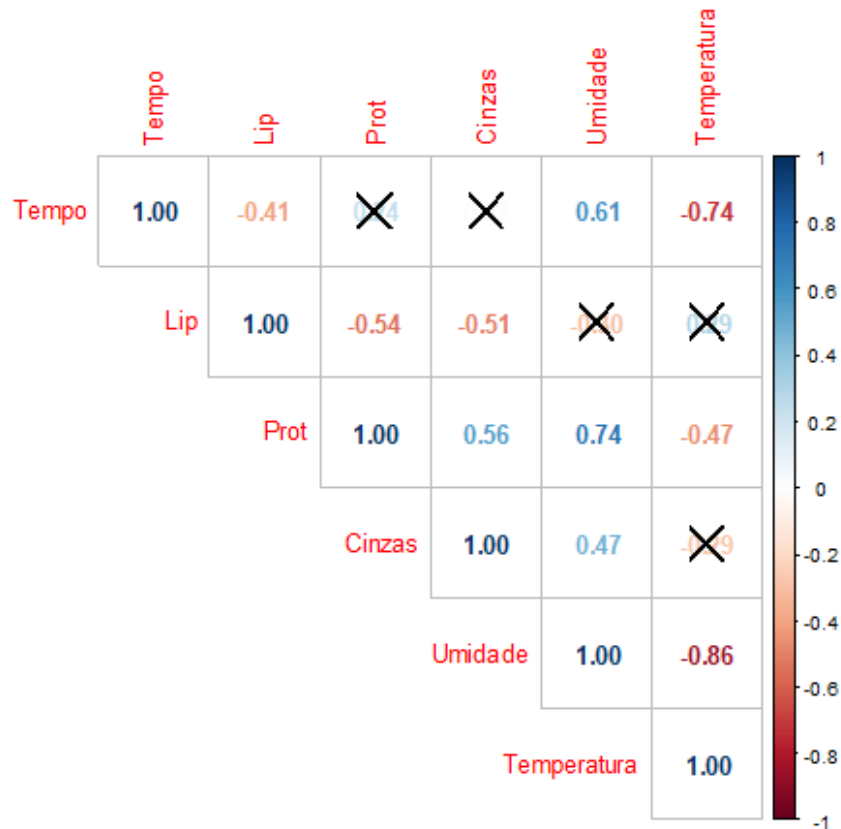




Figura 2: Valores dos Coeficientes de Correlação de Pearson(r) para p-Valor<0,05. Os ensaios com micro-ondas não estão incluídos.



7 CONCLUSÃO

Todos os processos de secagem testados causaram alterações no teor de proteínas, gorduras e cinzas nas larvas de BSF comparadas com a larva *in natura*. Diferenças menores no teor de proteínas e cinzas foram encontradas entre larvas secas e frescas, se comparadas aos lipídeos, que apresentaram as maiores variações. Os ensaios sugerem que temperaturas mais altas e consequentemente processos mais rápidos aumentam o teor de lipídeos ao contrário das proteínas. O processo que forneceu o melhor resultado para proteínas e lipídeos somados foi micro-ondas a 50% de potência. É um processo rápido, mas que adiciona alguns problemas ligados à solubilidade das proteínas. A secagem em Leito Fixo nas três temperaturas testadas também se destacou dos demais processos por sua relativa rapidez e preservando tanto lipídeos quanto proteínas.

A escolha da técnica de secagem deve observar a quantidade e objetivo do material para se garantir um produto seco de qualidade obtido com sustentabilidade. Apesar de estar condicionada à incidência solar, a secagem solar, pelos resultados obtidos para proteínas e lipídeos e por ser um processo que demanda baixo investimento e baixa manutenção se destaca das demais por ser uma técnica econômica e ecologicamente sustentável.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses.



REFERÊNCIAS

- Akonor, P.T., Ofori, H., Dziedzoave, N.T. e Kortei, N.K., 2016. Drying Characteristics and Physical and Nutritional Properties of Shrimp Meat as Affected by Different Traditional Drying Techniques. *International Journal of Food Science* 2016: 1–5.
- Alexandratos, N. e Bruinsma, J., 2012. *WORLD AGRICULTURE TOWARDS 2030/2050: the 2012 revision*. Rome Available at: <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>. Acessado 4 de outubro de 2020.
- Ananno, A.A., Masud, M.H., Chowdhury, S.A., Dabnichki, P., Ahmed, N. e Arefin, A.M.E., 2021. Sustainable food waste management model for Bangladesh. *Sustainable Production and Consumption* 27: 35–51.
- AOAC, 2002. *AOAC: Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.
- Aravind, L., Devegowda, S., Kushwaha, S. e Kumari, K., 2019. Alternative food production and consumption: Evolving and exploring alternative protein supplement potential through Entomocuticals. *International Journal of Chemical Studies* 7: 1393–1397.
- Azzollini, D., Derossi, A. e Severini, C., 2016. Understanding the drying kinetic and hygroscopic behaviour of larvae of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) and the effects on their quality. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 233–243.
- Badaoui, O., Hanini, S., Djebli, A., Haddad, B. e Benhamou, A., 2019. Experimental and modelling study of tomato pomace waste drying in a new solar greenhouse: Evaluation of new drying models. *Renewable Energy* 133: 144–155.
- Barragan-Fonseca, K.B., Dicke, M. e van Loon, J.J.A., 2018. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 166: 761–770.
- Bazinet, L. e Castaign, F., 2011. *Concepts de génie alimentaire - Procédés associés et applications à la conservation des aliments*. Technique et Documentation, Paris, 654 pp.
- Bernard, P.M., 2021. Health Management Model: A Case Study for Success. *Universal Journal of Public Health* 9: 51–56.
- Bosch, G., van Zanten, H.H.E., Zamprogna, A., Veenenbos, M., Meijer, N.P., van der Fels-Klerx, H.J. e van Loon, J.J.A., 2019. Conversion of organic resources by black soldier fly larvae: Legislation, efficiency and environmental impact. *Journal of Cleaner Production* 222: 355–363.
- Cadinu, L.A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F. e Madau, F.A., 2020. Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity. *Sustainability* 12: 4567.
- Caligiani, A., Marseglia, A., Sorci, A., Bonzanini, F., Lolli, V., Maistrello, L. e Sforza, S., 2019. Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. *Food Research International* 116: 276–282.
- Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á.A. e Figiel, A., 2020. Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. *Foods* 9: 1261.



Cappelli, A., Cini, E., Lorini, C., Oliva, N. e Bonaccorsi, G., 2020. Insects as food: A review on risks assessments of Tenebrionidae and Gryllidae in relation to a first machines and plants development. *Food Control* 108: 106877.

Cisse, M., 2019. Comparaison de différentes techniques de prétraitement et de séchage sur la charge microbienne, les caractéristiques physicochimiques et nutritionnelles des larves de mouches soldats noires (*Hermetia illucens*) comme aliment alternatif pour l'animal. Université Laval, 106 pp Available at: <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.500.11794/37548>. Acessado 22 de setembro de 2020.

da Silva, P., Ribeiro, N., Coelho Pinheiro, M.N. e Costa, R., 2019. Modelling Drying Kinetics of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*, L.) Larvae. *E3S Web of Conferences* 128: 09011.

Dortmans, B., Diener, S., Egger, J. e Zurbrügg, C., 2021. Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, 138 pp Available at: https://www.researchgate.net/publication/353923113_Black_Soldier_Fly_Biowaste_Processing_-_A_Step-by-Step_Guide_2nd_Edition.

Dussault, M., 2017. Étude de faisabilité du déploiement de l'industrie des insectes destinés à la consommation humaine au Québec. UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE, 129 pp Available at: <https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/10287>. Acessado 22 de setembro de 2020.

Farina, M.F., 2017. How method of killing crickets impact the sensory qualities and physiochemical properties when prepared in a broth. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 8: 19–23.
Gjerris, M., Gamborg, C. e Röcklinsberg, H., 2016. Ethical aspects of insect production for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 101–110.

Gold, M., Tomberlin, J.K., Diener, S., Zurbrügg, C. e Mathys, A., 2018. Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management* 82: 302–318.

Grabowski, N.T. e Klein, G., 2017. Microbiology of cooked and dried edible Mediterranean field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*) submitted to four different heating treatments. *Food Science and Technology International* 23: 17–23.

Grabowski, S., Ramaswamy, H. e Marcotte, M., 2003. Drying of Fruits, Vegetables, and Spices. *Handbook of Postharvest Technology*. CRC Press, , pp. 653–695.

Hénault-ethier, L., Cabrera, P., Lefebvre, B. e Tchouam-tchouwo, A., 2015. La faisabilité des élevages d'insectes pour la consommation humaine ou animale en milieu urbain. 50 pp <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4605.0327>.

Hernández-Álvarez, A.-J., Mondor, M., Piña-Domínguez, I.-A., Sánchez-Velázquez, O.-A. e Melgar Lallane, G., 2021. Drying technologies for edible insects and their derived ingredients. *Drying Technology* 39: 1991–2009.

Huang, C., Feng, W., Xiong, J., Wang, T., Wang, W., Wang, C. e Yang, F., 2019. Impact of drying method on the nutritional value of the edible insect protein from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: amino acid composition, nutritional value evaluation, in vitro digestibility, and thermal properties. *European Food Research and Technology* 245: 11–21.

Jansen, Z., 2018. The nutritional potential of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as a protein



source for broiler chicken diets. Stellenbosch University. Faculty of AgriScience. Stellenbosch : Stellenbosch University, 119 pp Available at: <https://scholar.sun.ac.za:443/handle/10019.1/103609>. Acessado 22 de setembro de 2020.

Kim, B., Kim, H.R., Baek, Y.-C., Ryu, C.H., Ji, S.Y., Jeong, J.Y., Kim, M., Jung, H. e Park, S.H., 2021. Evaluation of microwave-dried black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a dietary protein source in broiler chicken diets. *Journal of Insects as Food and Feed* 1–12.

Konuma, H., 2018. Status and Outlook of Global Food Security and the Role of Underutilized Food Resources: Sago Palm. In: Ehara, H., Toyoda, Y. e Johnson, D. V. (orgs.) Sago Palm. Springer Singapore, Singapore, , pp. 3–16.

Kröncke, N., Bösch, V., Woyzichovski, J., Demtröder, S. e Benning, R., 2018. Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 50: 20–25.

Kumar, C. e Karim, M.A., 2019. Microwave-convective drying of food materials: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59: 379–394.

Larouche, J., Deschamps, M.-H., Saucier, L., Lebeuf, Y., Doyen, A. e Vandenberg, G.W., 2019. Effects of Killing Methods on Lipid Oxidation, Colour and Microbial Load of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. *Animals MDPI AG*, 9: 182.

Lenaerts, S., Van Der Borght, M., Callens, A. e Van Campenhout, L., 2018. Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chemistry* 254: 129–136.

Leni, G., Caligiani, A. e Sforza, S., 2019. Killing method affects the browning and the quality of the protein fraction of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) prepupae: a metabolomics and proteomic insight. *Food Research International* 115: 116–125.

Mancini, S., Fratini, F., Tuccinardi, T., Turchi, B., Nuvoloni, R. e Paci, G., 2019. Effects of different blanching treatments on microbiological profile and quality of the mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 225–234.

Massé, J., Gerber, P.J., Halpern, C. e Baedeker, T., 2020. Review: Climate Finance readiness of the animal protein sector: overview of experience in linking the sector to Climate Finance, and options to address bottlenecks. *Animal* 14: s491–s499.

Michelin, M., Ruiz, H.A., Silva, D.P., Ruzene, D.S., Teixeira, J.A. e Polizeli, M.L.T.M., 2015. Cellulose from Lignocellulosic Waste. Polysaccharides. Springer International Publishing, Cham, , pp. 475–511.

Mozhui, L., Kakati, L.N., Kiewhuo, P. e Changkija, S., 2020. Traditional Knowledge of the Utilization of Edible Insects in Nagaland, North-East India. *Foods* 9: 852.

Müller, A., Wolf, D. e Gutzeit, H.O., 2017. The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances. *Zeitschrift für Naturforschung C* 72: 351–363.

Mutungu, C., Irungu, F.G., Nduko, J., Mutua, F., Affognon, H., Nakimbugwe, D., Ekesi, S. e Fiaboe, K.K.M., 2019. Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Critical Reviews in Food Science*



and Nutrition 59: 276–298.

Nyangena, D.N., Mutungi, C., Imathiu, S., Kinyuru, J., Affognon, H., Ekesi, S., Nakimbugwe, D. e Fiaboe, K.K.M., 2020. Effects of Traditional Processing Techniques on the Nutritional and Microbiological Quality of Four Edible Insect Species Used for Food and Feed in East Africa. *Foods* 9: 574.

Oonincx, D.G.A.B., van Broekhoven, S., van Huis, A. e van Loon, J.J.A., 2015. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *PLOS ONE* 10: e0144601.

Parniakov, O., Mikhrovska, M., Wiktor, A., Alles, M., Ristic, D., Bogusz, R., Nowacka, M., Devahastin, S., Mujumdar, A., Heinz, V. e Smetana, S., 2021. Insect processing for food and feed: A review of drying methods. *Drying Technology* 1–14.

Purschke, B., Brüggem, H., Scheibelberger, R. e Jäger, H., 2018. Effect of pre-treatment and drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *European Food Research and Technology Springer Verlag*, 244: 269–280.

Regier, M., Knoerzer, K. e Schubert, H., 2017. Introducing microwave-assisted processing of food. *The Microwave Processing of Foods. Elsevier*, , pp. 1–22.

Saucier, L., M'ballou, C., Ratti, C., Deschamps, M.-H., Lebeuf, Y. e Vandenberg, G.W., 2021. Comparison of black soldier fly larvae pre-treatments and drying techniques on the microbial load and physico-chemical characteristics. *Journal of Insects as Food and Feed* 1–20.

Shumo, M., Osuga, I.M., Khamis, F.M., Tanga, C.M., Fiaboe, K.K.M., Subramanian, S., Ekesi, S., van Huis, A. e Borgemeister, C., 2019. The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. *Scientific Reports* 9: 10110.

Surendra, K.C., Tomberlin, J.K., van Huis, A., Cammack, J.A., Heckmann, L.-H.L. e Khanal, S.K., 2020. Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management* 117: 58–80.

Testa, M., Stillo, M., Maffei, G., Andriolo, V., Gardois, P. e Zotti, C.M., 2017. Ugly but tasty: A systematic review of possible human and animal health risks related to entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57: 3747–3759.

Tonneijck-Srpová, L., Venturini, E., Humblet-Hua, K.N. e Bruins, M.E., 2019. Impact of processing on enzymatic browning and texturization of yellow mealworms. *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 267–277.

UNFPA, 2019. World Population Dashboard. United Nations Population Fundation. Available at: <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard>. Acessado 22 de setembro de 2020.

van Huis, A., 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed* 6: 27–44.

van Huis, A., 2021. Prospects of insects as food and feed. *Organic Agriculture* 11: 301–308.

van Huis, A., Dicke, M. e van Loon, J.J.A., 2015. Insects to feed the world. *Journal of Insects as Food and Feed Wageningen Academic Publishers*, 1: 3–5.



van Huis, A. e Oonincx, D.G.A.B., 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37: 43.

van Huis, A., van Gorp, H. e Dicke, M., 2014. *The Insect cookbook: food for a sustainable planet*. Columbia University Press, New York Available at: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=z1-rAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Van+Huis+et+al.,+2014&ots=o2qyu5Q6xw&sig=RNw_F-gvQNUdXCBI9GhfoWRj5gM#v=onepage&q=Van+Huis+et+al.%2C+2014&f=false

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. e Vantomme, P., 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. *Edible Insects. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 201 pp* Available at: <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e00.htm>. Acessado 4 de outubro de 2020.

Vandeweyer, D., Lenaerts, S., Callens, A. e Van Campenhout, L., 2017. Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Control* 71: 311–314.

Wade, M. e Hoelle, J., 2020. A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability. *Environmental Research Letters* 15: 123013.

Wasswa, M.S., Fungo, R., Kaaya, A., Byarugaba, R. e J.H.5, M., 2021. Influence of sun drying and a combination of boiling and sun drying on the retention of nutrients and bioactive compounds in cowpea (*Vigna unguiculata* (L). Walp) leaves. *African Journal of Biological Sciences* 3: 48.

Wynants, E., Crauwels, S., Lievens, B., Luca, S., Claes, J., Borremans, A., Bruyninckx, L. e Van Campenhout, L., 2017. Effect of post-harvest starvation and rinsing on the microbial numbers and the bacterial community composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 42: 8–15.

Wynants, E., Froominckx, L., Crauwels, S., Verreth, C., De Smet, J., Sandrock, C., Wohlfahrt, J., Van Schelt, J., Depraetere, S., Lievens, B., Van Miert, S., Claes, J. e Van Campenhout, L., 2019. Assessing the Microbiota of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Reared on Organic Waste Streams on Four Different Locations at Laboratory and Large Scale. *Microbial Ecology* 77: 913–930.

Yi, J., Li, X., He, J. e Duan, X., 2020. Drying efficiency and product quality of biomass drying: a review. *Drying Technology* 38: 2039–2054.

Zhen, Y., Chundang, P., Zhang, Y., Wang, M., Vongsangnak, W., Pruksakorn, C. e Kovitvadhi, A., 2020. Impacts of Killing Process on the Nutrient Content, Product Stability and In Vitro Digestibility of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meals. *Applied Sciences* 10: 6099.