



## Área: Tecnologia de Alimentos

# EXTRAÇÃO E EMPREGO DE ÓLEOS DE INSETOS COMESTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: ESTUDO PROSPECTIVO

**Raphael Limoeiro, Suely Pereira Freitas, Eveline Lopes Almeida\***

*Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ*

*\*E-mail: eveline@eq.ufrj.br*

**RESUMO** – A crescente demanda de alimentos pela população está levando a debates sobre como será possível alimentar a todos sem esgotamento dos recursos naturais. O uso de insetos na alimentação é uma alternativa que vêm ganhando destaque recentemente pelo seu valor nutricional, pela facilidade de criação e menor impacto ambiental. Entender o processamento destes insetos é essencial para viabilizar seu uso como alimento para humanos. Embora as primeiras pesquisas priorizem os insetos enquanto fonte de proteínas, seu perfil e teor de lipídios têm recebido crescente interesse. Este trabalho realizou um levantamento de artigos publicados recentemente na literatura científica que estudaram técnicas e parâmetros de extração de óleo de inseto, bem como sua aplicação em alimentos para humanos. As conclusões já obtidas bem como as lacunas e desafios foram apontados. Embora a técnica mais comum seja a extração com hexano ou éter de petróleo, há indícios que a extração com etanol pode apresentar resultados interessantes. Métodos físicos e enzimáticos podem ser empregados como pré-tratamentos para aumentar a eficiência de extração. A viabilidade de extração de óleo por prensagem é pouco abordada, assim como o emprego do óleo de insetos como ingrediente em alimentos. No entanto, a substituição de óleos vegetais por óleo de insetos, sobretudo em produtos de panificação já foi avaliada.

**Palavras-chave:** Entomofagia, Insetos Comestíveis, Extração de lipídios, Óleo de inseto.

## 1 INTRODUÇÃO

Segurança alimentar é um conceito amplo que envolve garantir acesso físico e econômico a alimentos de forma a suprir as necessidades nutricionais e preferências alimentares dos indivíduos, de forma que os mesmos mantenham uma vida saudável e ativa (FAO, 2019). É um tópico de extrema importância para organizações ligadas ao ramo de alimentos, como, por exemplo, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Um dos desafios da ciência de alimentos no presente é garantir a segurança alimentar de uma população exponencialmente crescente, com previsão de chegar a 9 bilhões de pessoas até 2050.

Uma proposta para esta problemática é a entomofagia humana, isto é, introduzir insetos na dieta humana. Embora cause estranheza para muitos consumidores, insetos já são normalmente consumidos em muitas culturas, inclusive em algumas regiões do Brasil. Neste caso, podemos citar a farofa de içá, consumida em cidades do interior de São Paulo.

Alguns argumentos usados para defender o consumo de insetos são: nutricionais, pois possuem alto teor de proteínas, aminoácidos e ácidos graxos essenciais; sociais, já que a cultura é facilitada e com menos necessidade de investimento inicial; e principalmente ambientais, com um menor gasto de solo e água, e menor produção de gases do efeito estufa, caminhando assim em direção à sustentabilidade (VAN HUIS, 2020).

Porém muitos obstáculos existem para tornar a alimentação com insetos uma alternativa viável. Um deles é o pequeno número de estudos dos efeitos do processamento nas propriedades tecnológicas dos principais componentes dos insetos. Ainda resta compreender como cada etapa do processamento pode afetar características dos insetos enquanto produto alimentício.

Alguns estudos relacionados a pó de insetos notaram que o pó deslipidificado pode apresentar propriedades mais interessantes em relação a pó de insetos sem remoção de lipídios (BORREMANS *et al.*, 2020; KIM *et al.*, 2021). Sendo assim, o óleo de inseto desponta como um possível co-produto deste processamento e pesquisas visando sua extração e aplicação têm surgido. Este trabalho visa compilar publicações recentes sobre extração de óleo de insetos ou sua aplicação como ingrediente em um produto alimentício.

## 2 METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico na base de publicações acadêmicas *Web of Science*, no período de 2019 a 21 de janeiro de 2021. Nesta análise, cada artigo foi lido para ser separado em categorias e fomentar a discussão. Artigos que fugissem totalmente do escopo de alimentação humana foram desconsiderados. A exceção para esta regra foram artigos relacionados a métodos de extração de lipídios, mesmo que para uso como combustíveis. Foi escolhido um recorte de tempo menor para poder ser feita uma discussão mais robusta com uma quantidade menor de artigos, além de focar em artigos mais recentes. Os descritores utilizados nesta etapa, foram os seguintes: “edible insects”; “entomophagy”; “insect fat”; “insect oil”; “insect lipid\*”.



A coleta de dados foi baseada em uma leitura exploratória de todos os artigos, seguida de uma leitura seletiva, isto é, aprofundando nos temas mais relevantes. Após a leitura, foi realizado um registro das informações extraídas dos artigos. Na análise e interpretação dos resultados foi realizada uma ordenação das informações obtidas nas fontes de pesquisa, de forma a obter respostas para o problema da pesquisa. Por fim, as categorias que emergiam na etapa anterior foram analisadas e discutidas a partir do referencial teórico relativo à temática do estudo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os insetos começaram a ser estudados como fonte de alimento principalmente pelas suas proteínas. Porém, recentemente, os lipídios de insetos começaram a ganhar destaque. Por um lado, sua composição de ácidos graxos e características físico-químicas se assemelham a certos óleos vegetais, sendo comparações comuns o óleo de tenébrio (*Tenebrio molitor*) com óleo de soja e óleo de mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) com óleo de palmiste ou coco. Óleos de inseto possuem em sua maioria, cor amarelo-avermelhada (devido a presença de carotenoides) e podem apresentar odor agradável, porém extratos de espécies como *Blaptica dubia* apresentam odor forte e desagradável (TSOMPA-SOZA *et al.*, 2019). Para além do uso na alimentação humana ou animal, os óleos de inseto também vêm sendo usados em outros setores, apresentando possível aplicação na indústria de cosméticos (VERHEYEN *et al.*, 2020), como lubrificante (XIONG *et al.*, 2020) e na fabricação de biodiesel (KAMARULZAMAN *et al.*, 2019). É importante observar que a quantidade de óleo possível de ser extraída de insetos pode não ser suficiente para competição nestes setores contra outras fontes de óleo mais estabelecidas.

Como outros seres vivos, os insetos possuem lipídios em seu corpo que atendem a diversas funções como composição de membrana plasmática, geração de energia e secreção de substâncias. No caso dos insetos, os lipídios se aglomeram principalmente numa estrutura chamada de corpo gorduroso (CG). O CG é um tecido presente por todo o corpo do inseto, se acumulando principalmente em torno de seus órgãos internos, e com forte interação com as proteínas estruturais destes invertebrados. Composto majoritariamente por adipócitos, acumula diferentes compostos lipídicos, sendo mais de 90% na forma de triglicerídeos, e componentes minoritários como colesterol e fosfolipídios (TOPRAK *et al.*, 2020).

#### 3.1 Extração de óleo de inseto

A forma mais utilizada para extração do óleo de inseto é através de solvente orgânico, como hexano e éter de petróleo. Porém resíduos destes solventes em alimentos podem causar efeitos adversos ao ser humano, e por isso há uma busca por solventes mais adequados ao uso em alimentos que sejam eficientes na extração. Este levantamento encontrou artigos que estudaram algum método de extração de lipídios de insetos que não fosse extração por solvente orgânico, a menos que alguma técnica alternativa (como sonicação ou fluido de alta pressão) tenha sido utilizado para auxiliar o processo.

Alguns estudos foram feitos testando a eficiência de uma gama de solventes para extração do óleo de inseto. Wang *et al.* (2019) estudaram a eficiência de extração de óleo de larvas de mosca soldado-preto com oito sistemas de solventes: éter de petróleo; hexano; éter de petróleo:isopropanol (50:50); acetato de etila; acetato de etila:água (97,5:2,5); acetato de etila:água (95:5); acetato de etila:água (92,5:7,5); acetato de etila:água (90:10). Destes, éter de petróleo:isopropanol (50:50), acetato de etila e acetato de etila:água (90:10) obtiveram as melhores eficiências, extraíndo respectivamente 38, 29 e 29 gramas de óleo/100 g do total de lipídios presente na amostra. As eficiências de extração encontradas neste artigo são relativamente baixas mesmo com solventes orgânicos. Isto pode ser devido ao fato de que as larvas não foram moídas antes da extração, o que dificulta o acesso do solvente aos lipídios presentes na matriz.

Outro levantamento por Ravi *et al.* (2019) analisou parâmetros de solubilidade, toxicidade e gasto energético de uma gama de solventes para definir qual seria o melhor, teoricamente, na extração de óleo de larvas de mosca soldado-negro. Os solventes estudados foram: etanol, isopropanol, dimetil carbonato, acetato de metila, acetato de etila, lactato de etila, 2-metiltetraidrofurano (2-MeO), ciclopentilmetileter,  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -limoneno e *p*-cimeno. Com os parâmetros analisados, o solvente 2-MeO foi escolhido. Ele foi capaz de extrair 35,8 g de óleo/100 g de pó de larva. Esta eficiência foi superior à extração com solvente orgânico hexano, que extraiu 32,5 g/100 g. Vale notar que muitos destes solventes não são práticos para aplicação em escala devido ao seu custo. Apesar das conclusões dos autores, dos solventes testados, apenas etanol ou isopropanol teriam aplicabilidade prática. Mais um estudo com múltiplos solventes foi o de Laroche *et al.* (2019), que comparou extração de lipídios de grilo-doméstico (*Acheta domesticus*) e larvas de tenébrio em Soxhlet com 4 solventes: hexano, éter de petróleo, acetato de etila e etanol. Além da extração em Soxhlet, também foi testada a extração com CO<sub>2</sub> supercrítico. A extração mais eficiente foi com etanol e a menos eficiente com fluido supercrítico para ambos os insetos. Com etanol, foi extraído 28,8 g de óleo/100 g de *T. molitor* e 22,7 g/100 g de *A. domesticus*.



Estes estudos mostram que solventes como 2-MeO e acetato de etila apresentam resultados interessantes para a extração de óleo de inseto. Porém, o solvente mais pesquisado é o etanol que além de apresentar boa eficiência de extração é um solvente de baixa toxicidade e causa melhora nas propriedades tecno-funcionais nos pós dos quais é extraído. A eficiência de extração com etanol varia de acordo com os parâmetros de processo utilizados. Lee *et al.* (2020) utilizou etanol para remover lipídios de pó de larvas de besouro (*Protaetia brevitarsis*), porém conseguiu apenas reduzir o teor de lipídios em base seca de 27,2 g/100 g para 25,3 g/100 g. Os autores atribuem esta baixa eficiência ao baixo tempo de extração, de apenas 1 min. Já o estudo de Amarender *et al.* (2020) extraiu o óleo de pó de grilo com etanol durante 15 min e foi capaz de reduzir o teor de lipídios em base seca de 21,6 g/100 g para 9,73 g/100 g.

Estudo de Mintah *et al.* (2020b) extraiu os lipídios de mosca soldado-negro com etanol durante 1 h, após sua forma em pó ter sido seca em micro-ondas por 3 min. O resultado foi a redução do teor de lipídios em base seca do pó de 34,3 g/100 g para 1,1 g/100 g. O estudo de Kim *et al.* (2021) também utilizou o tempo de extração dos lipídios de 1 h, além de liofilizar o pó de larva de besouro previamente. Assim, conseguiu reduzir o teor de lipídios, em base seca, de 22,1 g/100 g no liofilizado para 0,2 g/100 g após extração com etanol. Nota-se a importância do tempo na eficiência de extração com etanol, bem como de outros parâmetros como temperatura, agitação, razão de soluto e solvente, além da influência de pré-tratamentos de secagem. Afinal, se houve tratamento térmico antes da extração dos lipídios, a desnaturação de proteínas intensifica sua interação com os lipídios, dificultando sua extração. Todos estes parâmetros ainda precisam ser estudados para aperfeiçoar o processo de extração de óleo de insetos com etanol. Apesar dos estudos incluírem espécies de insetos diferentes, deve ser analisado se a extração com etanol é viável para uma variedade maior de espécies.

A extração de lipídios empregando a água como meio de coleta do óleo da matriz é possível, como pode-se ver em artigo de Cheseto *et al.* (2020). Nestes casos, um método físico é utilizado para rompimento das interações entre lipídios e matriz, sendo a água deionizada, neste caso, não um solvente, mas apenas um meio de coleta dos lipídios extraídos. A extração de óleo de inseto em meio aquoso sob agitação magnética resultou numa extração de 8 g de óleo/100 g de *Ruspolia differens* e 4 g/100 g de *Schistocerca gregaria*, duas espécies de gafanhotos. Como os autores não informaram a quantidade total de lipídios nos insetos, antes ou após a extração, é difícil confirmar a eficiência do método. Já em estudo de Tsompa-Soza *et al.* (2019), a extração de lipídios em meio aquoso foi auxiliada por sonicação. Dentre os 4 insetos estudados neste artigo, conseguiu-se extrair 60 g de óleo/100 g de lipídios de tenébrio, 58 g/100 g dos lipídios de cascudinho, 41 g/100 g dos lipídios de barata dúbia e 18 g/100 g dos lipídios de grilo-doméstico. A eficiência da extração é fortemente dependente do tipo de inseto e estágio de vida, dado que a eficiência de extração foi superior nas larvas em comparação com os insetos adultos.

Diversos procedimentos podem ser utilizados para aumentar a eficiência da extração com solvente. Dois estudos, pelo mesmo grupo de pesquisadores, verificaram o efeito de aplicação de ultrassom ou tratamento de alta pressão hidrostática (APH) sobre a extração de lipídios de tenébrio e grilo-doméstico com etanol ou etanol:água (50:50). O primeiro, Navarro del Hierro *et al.* (2019), observou que dentre os óleos obtidos, aqueles extraídos com etanol:água (50:50) apresentaram maior atividade antioxidante e os extraídos por fluido de alta pressão hidrostática resultaram em maior inibição de lipase pancreática. O segundo estudo, Otero *et al.* (2020), observou que, para ambos os solventes e métodos, a eficiência de extração do óleo de *T.molitor* foi superior ao de *A. domesticus*, com o primeiro alcançando até 33,9 g de óleo extraído/100 g de pó de inseto. As eficiências de extração foram superiores quando etanol foi o solvente utilizado e a extração foi realizada sob alta pressão hidrostática. Não é possível afirmar que a extração auxiliada por APH é um método melhor que a extração auxiliada por ultrassom, visto que apenas uma combinação de parâmetros foi testada para cada método. É necessário realizar uma otimização para cada um dos métodos alternativos apresentados, como feito por Feng *et al.* (2019), que estudaram os parâmetros de extração de lipídios auxiliada por micro-ondas. Este estudo concluiu que a eficiência de extração é superior em temperaturas maiores, maior razão de solvente:soluto e maior potência de micro-ondas. Porém, deve-se levar em conta o gasto energético, que é fortemente dependente da potência do micro-ondas e da quantidade de solvente, sofrendo pouca influência do aumento de temperatura. Válido ressaltar que este estudo realizou a extração com hexano, sendo importante o estudo de parâmetros de extração utilizando solventes mais ambientalmente adequados e com menor toxicidade para humanos.

Parte da dificuldade de extrair os lipídios de insetos é devido à forte interação entre estes e as proteínas que o compõem. Por isso, há a proposta do uso de enzimas para aumentar a eficiência de extração. Su *et al.* (2019) estudou o efeito de pré-tratamento com enzimas Flavourzyme®, Protamex®, Chamzyme FP®, bromelina e papaína sobre a extração do óleo de mosca soldado-preto com hexano. Destas, a Protamex® apresentou o melhor desempenho e, após otimização de temperatura e tempo de extração, teor de enzima e razão solvente:soluto, a extração com hidrólise enzimática apresentou eficiência 4,4 vezes maior, alcançando 36,1 g de óleo extraído/100g de pó de inseto.



Além de procedimentos que auxiliam a extração, é preciso atentar que certas etapas podem prejudicar a eficiência de extração ou alterar a pureza do óleo extraído. Estudo de Azzolini *et al.* (2020) investigou o efeito de branqueamento, prensagem, sonicação e hidrólise enzimática com Alcalase® sobre a extração de óleo de mosca soldado-preto, com separação de fases por centrifugação. Concluiu-se que larvas que passaram por etapa de branqueamento sofrem desnaturação proteica, o que dificulta a extração de óleo. A sonicação não causou grandes efeitos sobre a extração. O processo que resultou na maior extração de lipídios no sobrenadante, acima de 80 g/100 g de pó, foram as extrações após prensagem sem etapa de branqueamento prévia. Porém o sobrenadante obtido foi classificado como uma emulsão, isto é, o óleo extraído tinha considerável presença de proteínas estabilizando uma emulsão de água em óleo, necessitando de uma etapa de purificação para obtenção do óleo livre de proteínas. O processo que combinou branqueamento, prensagem e hidrólise enzimática conseguiu formar uma fase lipídica límpida que concentrava 40% dos lipídios disponíveis do inseto.

Por fim, o refino dos óleos extraídos de insetos está sendo estudado. Estudo de Matthäus *et al.* (2019) obteve óleo de mosca soldado-negro por prensagem, reduzindo o teor de lipídios em base seca de 38 g/100 g para 10 g/100 g. O óleo prensado foi refinado em 4 etapas: degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização. O refino foi estudado para adequar o óleo aos padrões de qualidade para consumo humano, como por exemplo, reduzir o teor de ácidos graxos livres. Ao fim, o óleo refinado obteve atendido aos parâmetros estabelecidos pelo *Codex Alimentarius*, mostrando que o óleo extraído de inseto é adequado para alimentação após o devido refino. Podemos ver também que a prensagem é um método de extração válido ainda pouco usado para insetos, podendo ser mais explorado futuramente.

### 3.2 Óleo de inseto como ingrediente

Como o interesse pelo óleo de inseto é mais recente do que pelo de pó de inseto, há menos estudos publicados neste tópico visando a alimentação humana. Além de usos não alimentícios para o óleo de inseto já apontados, pesquisas recentes encorajam seu uso substituindo óleo de soja e de palma na formulação de rações. Já foram estudadas as substituições parcial e total de óleos vegetais por óleo de inseto na ração de perus (SYPNIEWSKI *et al.*, 2020), coelhos (GASCO *et al.*, 2019a, 2019b) e galinhas (BENZERTIHA *et al.*, 2019; CULLERE *et al.*, 2019; KIEROŃCZYK *et al.*, 2020). Em nenhum destes estudos foram observados efeitos adversos no crescimento dos animais nem em parâmetros de saúde, como por exemplo, qualidade da bioquímica sanguínea. Ainda pode haver efeitos positivos sobre a qualidade das carnes destes animais se usados para alimentação humana. Dentre estes efeitos foram observados melhoria na resistência à oxidação durante armazenamento das carnes (GASCO *et al.*, 2019a) e redução do teor de colesterol das carnes com aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados (BENZERTIHA *et al.*, 2019).

Pensando na alimentação humana, Cheseto *et al.* (2020) produziram biscoitos utilizando óleo de duas espécies de grilo, na proporção de 300 mL do óleo em 1300 g de farinha de trigo. Os biscoitos resultantes foram levados para análise sensorial, onde foram avaliados aceitação de sabor, cor, aroma, além de aceitação global. O biscoito com óleo de *R. differens* resultou na maior aceitação, porém os biscoitos produzidos com óleos de ambos os grilos apresentaram odor desagradável, de acordo com os avaliadores. Outro estudo com biscoitos, e incluindo bolos e *waffles* foi feito por Delicato *et al.* (2019). Na análise sensorial, a aceitação de bolos e biscoitos com 25% da manteiga substituída por óleo de *H. illucens* não apresentou diferença significativa para a aceitação dos produtos controle. Para *waffles*, até 50% da manteiga pôde ser substituída por óleo de inseto sem apresentar diferença entre a aceitação com o controle. Em teste do tipo *Rate All That Apply* (RATA), emoções negativas como “enojado” ou “desconfiado” apresentaram médias abaixo de 0,5 (em escala de 0 a 5) para todos os produtos. De acordo com os autores, estas médias baixas podem ser consequência dos avaliadores não conseguirem identificar sensorialmente quais amostras possuíam óleo de inseto.

Um exemplo de produto fora da área de cereais já produzido com óleo de inseto é margarina. Ela foi produzida com óleo de tenébrio substituindo parcialmente o óleo de soja e óleo de mosca soldado-preto substituindo parcialmente óleo de palma, conforme estudado por Smetana *et al.* (2020). A substituição de até 75% destes óleos vegetais pelos óleos de inseto não causou alteração significativa na aceitação e espalhabilidade da margarina. Ainda, houve uma influência positiva à avaliação sensorial de cor, com a crescente substituição por óleo de inseto aumentando a média dada para aceitação de cor. Além disso, foi avaliado o impacto ambiental da produção desta margarina. Estima-se que substituição de mais que 50% de óleo vegetal por óleo de inseto resulte em maior impacto ambiental em relação a uma margarina produzida somente com óleos de origem vegetal. Esta estimativa leva em conta fatores desde a criação de insetos até seu processamento e comparou a contribuição destas etapas no impacto ambiental sobre emissão de gases poluentes, poluição hídrica e de solo. Todas as margarinas com adição de inseto apresentaram menor impacto ambiental em sua fabricação do que a produção de manteiga com leite de vaca. Logo, conclui-se que margarinas com óleo de inseto podem ser alternativas sustentáveis a manteigas produzidas a partir de leite de mamíferos, mas não pode substituir totalmente o óleo vegetal na produção de margarinas sem afetar negativamente parâmetros ambientais.



## 4 CONCLUSÃO

O óleo de insetos, apesar de menos pesquisado que pó de insetos, possui características interessantes e com aplicabilidade para a indústria alimentícia e setores não relacionados a alimentos. Sua extração com etanol apresenta resultados de eficiência favoráveis. Isto significa que é possível extrair óleo de insetos utilizando um solvente renovável e não tóxico para humanos. A prensagem, técnica sem solvente, ainda precisa ser melhor explorada quanto à sua viabilidade para extração de óleo desta matriz. A extração também pode ser auxiliada por processos físicos como sonicação e enzimático, como por ação de proteases. Resta realizar cálculos de custo para entender a viabilidade. Por fim, o óleo extraído pode substituir parcial ou totalmente o óleo vegetal no preparo de alguns alimentos, sobretudo de panificação. Vale ressaltar que o óleo de insetos necessita de etapas de refino para ser adequado ao consumo humano. Além disto, deve-se procurar formas de evitar o aparecimento de maus odores, pois estes foram o principal fator para a rejeição de produtos avaliados com substituição de óleo vegetal por óleo de inseto.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARENDO, R. *et al.* Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*). **LWT – Food Science and Technology**, v. 125, p. 109222-109231, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- AZZOLLINI, D. *et al.* Mechanical and enzyme assisted fractionation process for a sustainable production of black soldier fly (*Hermetia illucens*) ingredients. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 21-29, 2020. Frontiers Media SA. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2020.00080>>. Acesso em 21 fev. 2021
- BENZERTIHA, A. *et al.* Insect oil as an alternative to palm oil and poultry fat in broiler chicken nutrition. **Animals**, v. 9, n. 3, p. 116-134, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ani9030116>>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- BORREMANS, A. *et al.* Effect of blanching plus fermentation on selected functional properties of mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders. **Foods**, v. 9, n. 7, p. 917-931, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9070917>>. Acesso em: 11 fev. 2021
- CHESETO, X. *et al.* Chemistry and sensory characterization of a bakery product prepared with oils from african edible insects. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 800-826, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9060800>>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- CULLERE, M. *et al.* Meat quality and sensory traits of finisher broiler chickens fed with black soldier fly (*Hermetia Illucens* L.) larvae fat as alternative fat source. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 140-154, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ani9040140>>. Acesso em: 21 fev. 2021.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The future of food safety: there is no food security without food safety. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca4289en/CA4289EN.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- FENG, W. *et al.* Energy consumption analysis of lipid extraction from black soldier fly biomass. **Energy**, v. 185, p. 1076-1085, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.113>>. Acesso em: 25 fev. 2021.
- GASCO, L. *et al.* Quality and consumer acceptance of meat from rabbits fed diets in which soybean oil is replaced with black soldier fly and yellow mealworm fats. **Animals**, v. 9, n. 9, p. 629-642, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ani9090629>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- GASCO, L. *et al.* Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 25-33, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s40104-018-0309-2>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- KAMARULZAMAN, M. *et al.* Combustion, performances and emissions characteristics of black soldier fly larvae oil and diesel blends in compression ignition engine. **Renewable Energy**, v. 142, p. 569-580, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.126>>. Acesso em: 25 fev. 2021.
- KIERONCZYK, B. From waste to sustainable feed material: the effect of *Hermetia illucens* oil on the growth performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphometry of broiler chickens. **Annals of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 157-177, 2020. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2019-0066>>. Acesso em: 25 fev. 2021.
- KIM, T. *et al.* Effects of organic solvent on functional properties of defatted proteins extracted from *Protaetia brevitarsis* larvae. **Food Chemistry**, v. 336, p. 127679-127691, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127679>>. Acesso em: 17 fev. 2021.
- LAROCHE M. *et al.* Comparison of conventional and sustainable lipid extraction methods for the production of oil and protein isolate from edible insect meal. **Foods**, v. 8, n. 11, p. 572-582, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods8110572>>. Acesso em: 17 fev. 2021.
- LEE, S. *et al.* Quality characteristics and protein digestibility of *Protaetia brevitarsis* larvae. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 62, n. 5, p. 741-752, 2020. Korean Society of Animal Science and Technology. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5187/jast.2020.62.5.741>>. Acesso em: 21 fev. 2021.



- MATTHÄUS, B. *et al.* Renewable resources from insects: exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold pressing from *Hermetia illucens* (black soldier fly) larvae. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, n. 7, p. 1800376-1800386, 11 jun. 2019. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201800376>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- MINTAH, B. *et al.* Edible insect protein for food applications: extraction, composition, and functional properties. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 4, p. 13362-13373, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/jfpe.13362>>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- NAVARRO DEL HIERRO, J. *et al.* Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. **Food Chemistry**, v. 309, p. 125742-125777, mar. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125742>>. Acesso em: 25 fev. 2021.
- OTERO, P. *et al.* Extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor* with improved fatty acid profile due to ultrasound assisted or pressurized liquid extraction. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126200-126208, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126200>>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- RAVI, H. *et al.* Alternative solvents for lipid extraction and their effect on protein quality in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, p. 117861-117873, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117861>>. Acesso em: 21 fev. 2021.
- SU, C. *et al.* Enzyme-assisted extraction of insect fat for biodiesel production. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 436-444, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.150>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- SYPNIEWSKI, J. *et al.* Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. **British Poultry Science**, v. 61, n. 3, p. 294-302, 2020. Informa UK Limited. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2020.1716302>>. Acesso em: 25 fev. 2021.
- TOPRAK, U. *et al.* A journey into the world of insect lipid metabolism. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 104, n. 2, p. 1-67, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/arch.21682>>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- TZOMPA-SOSA, D. *et al.* Four insect oils as food ingredient: physical and chemical characterisation of insect oils obtained by an aqueous oil extraction. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 5, n. 4, p. 279-292, 2019. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2018.0020>>. Acesso em: 25 fev. 2021.
- VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 1, p. 27-44, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0017>>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- VERHEYEN, G. *et al.* Glycine-acyl surfactants prepared from black soldier fly fat, coconut oil and palm kernel oil. **Current Green Chemistry**, v. 7, n. 2, p. 239-248, 2020. Bentham Science Publishers Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2174/2213346107999200424084626>>. Acesso em 27 fev. 2021.
- WANG, T. *et al.* Aqueous ethyl acetate as a novel solvent for the degreasing of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: degreasing rate, nutritional value evaluation of the degreased meal, and thermal properties. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 3, p. 1204-1212, 2019. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.10131>>. Acesso em: 18 fev. 2021.
- XIONG, J. *et al.* Refining and sulfurization of oil from black soldier fly and its application as biodegradable lubricant additive. **Journal of The American Oil Chemists' Society**, v. 97, n. 11, p. 1243-1251, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/aocs.12403>>. Acesso em: 25 fev. 2021.