



Área: Tecnologia de Alimentos

PROCESSAMENTO E EMPREGO 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 – Previsões da FAO apontam que a população mundial chegará a 9 bilhões de pessoas até 2050. Neste cenário, é um questionamento para a área de pesquisa em alimentos como será possível alimentar esta população. Uma das alternativas que vêm sendo pesquisadas é a introdução de insetos na alimentação humana, que se mostra uma alternativa viável em termos nutricionais e ambientais. Este trabalho realizou um levantamento de artigos publicados recentemente na literatura científica que estudaram o processamento de insetos comestíveis, inteiros ou moídos, e sua aplicação como ingrediente em produtos alimentícios. As conclusões já obtidas bem como as lacunas e desafios foram apontados. Etapas de desidratação e tratamento térmico são essenciais para garantir a qualidade microbiológica, sensorial e tecno-funcional destes insetos durante armazenamento, além de permitir controle microbiológico. Branqueamento se mostra uma etapa importante para inativação de enzimas endógenas e liofilização o método de desidratação que resulta nas melhores características sensoriais e nutricionais para os insetos. Farinha de inseto pode ser aplicada em uma grande variedade de produtos alimentícios, sobretudo na indústria de produtos à base de cereais, mas incluindo também produtos tradicionalmente cárneos. A adição de insetos tende a escurecer os produtos e diminuir força da massa no caso de produtos de panificação.

Palavras-chave: Entomofagia, Insetos Comestíveis, Farinha de Inseto, Desidratação.

1 INTRODUÇÃO

Uma questão recorrente para pesquisadores da área de alimentos é como garantir a segurança alimentar para uma população crescente. Previsões da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) estimam que a população chegará a 9 bilhões de pessoas até 2050. A segurança alimentar é a garantia de acesso econômico e físico a alimentos garantindo uma vida saudável e ativa e suprimindo necessidades e preferências nutricionais (FAO, 2019). Porém, com a limitação dos recursos naturais, isto se torna um desafio.

Recentemente têm se discutido cada vez mais a entomofagia humana, ou seja, uso de insetos na alimentação. Apesar de ser um tema recente no meio acadêmico, a alimentação com insetos faz parte da história da humanidade e ainda se encontra presentes em muitas culturas. Inclusive, em algumas regiões do Brasil, é possível encontrar pratos à base de insetos, como a farofa de içá, uma espécie de formiga, consumida em algumas cidades do sudeste brasileiro.

Insetos como alimento se tornaram relevantes primeiramente devido a questões ambientais. Sua criação é menos danosa ao meio ambiente que a pecuária, visto que há menor consumo de água, menor consumo relativo de ração, demanda menor área e emite menos gases de efeito estufa. Além disso, insetos possuem características nutricionais similares a carnes de mamíferos e aves, com bom aporte de aminoácidos essenciais e digestibilidade equiparável de proteínas (VAN HUIS, 2020).

Uma das dificuldades em tornar o consumo de insetos mais comum é o pouco domínio que se tem sobre seu processamento. Ainda se sabe pouco sobre a importância de cada etapa para o produto final, bem como sobre o potencial de aplicabilidade de insetos como ingredientes.

Algumas publicações investigam o efeito de etapas como desidratação, moagem e tratamento térmico sobre características do pó de inseto. Além disso, este produto obtido pode ser usado como ingredientes na produção de outros alimentos. Este trabalho visa levantar estudos recentes que avaliam o processamento de insetos ou aplicação destes em produtos alimentícios.

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. 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

3.1 Processamento do inseto inteiro ou moído (inseto em pó)

Insetos podem ser usados tanto em sua forma inteira ou com remoção de partes indesejáveis (como asas) ou moídos. É importante notar que o uso da palavra farinha se aplicando a insetos moídos não é algo previsto pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil, mas é recorrente na literatura científica internacional. Alguns autores, todavia, preferem denominar os insetos moídos como pó de inseto. Porém independente da sua forma de apresentação, os insetos precisam passar por algumas etapas de processo para redução da carga microbiana e redução de atividade de água. Neste processamento existe potencial para formação de compostos de aroma, como por exemplo, pelos produtos da reação de Maillard. Dentre as possíveis etapas podem ser citadas as etapas de processamento térmico e desidratação, que podem ser realizadas de forma distintas (como branqueamento para tratamento térmico e liofilização para desidratação) ou feitas em uma única etapa (como forneamento). Neste levantamento, alguns artigos estudaram o efeito destas etapas de processo na produção de pó de inseto.

É importante frisar que cada espécie de inseto resulta em pós de diferentes características, algumas espécies podendo ser mais eficazes para certas aplicações que outras. Estudo de Stone, Tanaka e Nickerson (2019) comparou características físico-químicas e tecno-funcionais de duas espécies de inseto, larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor*) e grilo-doméstico (*Acheta domestica*). Dentre as conclusões observadas, percebeu-se que as proteínas de grilo-doméstico apresentam maior *score* de aminoácidos essenciais, mas ao se ajustar com dados de digestibilidade específica de aminoácidos, as proteínas de tenébrio possuem um *score* maior, chegando a 0,65 (lisina sendo o aminoácido limitante) em comparação com 0,54 para os grilos (triptofano sendo o aminoácido limitante). Pó de tenébrio possui maior capacidade de retenção de óleo se comparado ao pó de grilo. Acontece o contrário para capacidade de retenção de água. O pó de grilo também apresentou boa capacidade de formação e estabilidade de espuma, enquanto o pó de tenébrio não foi capaz de formar espuma. Dentre as similaridades, pode-se citar que as proteínas de ambos os insetos apresentaram o mesmo ponto isoelétrico (pH 3,9) e baixa solubilidade em água. Válido ressaltar que estas observações são apenas para este processo específico (forneamento a 107 °C), pois cada espécie se comporta de forma distinta com os diferentes processos.

Diferentes métodos e parâmetros de desidratação e tratamento térmico alteram fortemente as características dos insetos processados. Tinarwo *et al.* (2021) avaliaram diferentes métodos de tratamento térmico (fervura, forneamento e micro-ondas) e tempos de processo e sua relação com a composição centesimal de uma espécie de grilo (*Henicus whellani*). Uso de micro-ondas por 5 min foi a combinação de tratamento térmico e tempo ideal para resultar no maior teor de proteínas, enquanto fervura por 60 min resultou no maior teor de lipídios. Bawa *et al.* (2020) também estudaram os efeitos de forneamento e uso de micro-ondas em características nutricionais, microbiológicas e colorimétricas de grilo-doméstico. Apesar de não encontrar diferença significativa no teor de proteínas comparando-se os dois métodos, o processamento com micro-ondas conservou melhor a riboflavina e minerais, além de ser mais eficiente na redução de carga microbiana e resultar em um alimento, neste caso, grilo inteiro, com cor mais clara. Já Ssepuyaya *et al.* (2019) estudaram o efeito da fervura e forneamento sobre a composição de uma terceira espécie de grilo (*Ruspolia differens*). Foi observado, na etapa de fervura, aumento do teor de proteínas, redução do teor de lipídios, cinzas e vitamina B12. A etapa de forneamento teve menor impacto sobre a composição, mas diminuiu a diferença de cor observada instrumentalmente entre grilos de variante verde e variante marrom. Como pode-se observar, há contradições entre o efeito de cada etapa do processo ao se comparar os estudos. Alguns dos efeitos podem ser explicados, como a lixiviação de minerais durante fervura contribuindo para a redução do teor de cinzas. Porém, ainda não há um consenso de porque a fervura pode aumentar ou diminuir a concentração de proteínas e lipídios, podendo ser um fator dependente do tipo de inseto ou até mesmo erro experimental de quantificação. Afinal, há um debate sobre os métodos tradicionais de quantificação da composição centesimal quando aplicados a insetos, desde superestimação de conteúdo de proteínas devido a um erro no fator de conversão de Kjeldahl (N) quanto a subestimação de teor de lipídios pela dificuldade de extração por solvente após desnaturação de proteínas (AZZOLINI *et al.*, 2020; BOULOS, TÄNNLER, NYSTRÖM, 2020).



Quanto ao perfil de compostos voláteis, que impactam diretamente o aroma, Mishyna *et al.* (2020) estudaram o efeito de liofilização, forneamento e micro-ondas na formação destes compostos, além de análise sensorial por um painel de avaliadores. No geral, notou-se a formação de produtos da reação de Maillard, sobretudo no processamento com micro-ondas, além de oxidação de lipídios. Notou-se também que farinhas de locustas (*Locusta migratoria*) desidratadas em forno e pó de pupas de bicho-da-seda desidratadas em micro-ondas tiveram a menor aceitação dentre as metodologias testadas. Para ambos os casos, o painel de avaliadores apontou presença de odor extra forte.

Além de características nutricionais e sensoriais, a escolha do método de desidratação possui também impacto nas propriedades tecno-funcionais e físico-químicas dos insetos e na qualidade microbiológica, sendo vital a escolha do procedimento desta etapa para entender seu uso como ingrediente. Anuduang *et al.* (2020) estudaram diferentes tempos de fervura e temperaturas de desidratação em forno e seus impactos em características físico-químicas de bicho-da-seda (*Bombyx mori*). Neste estudo, apenas 5 min de fervura já foi o suficiente para reduzir a carga microbiológica a níveis aceitáveis, sem reduzir a atividade antioxidante. Tempos mais longos de desidratação e temperaturas maiores diminuem a atividade antioxidante além de escurecer as amostras de inseto.

O estudo de Lucas-González *et al.* (2019) comparou o efeito da desidratação por liofilização e por forneamento sobre características tecno-funcionais do pó de grilo-doméstico. Foi observado que ambas os pós apresentaram resultados satisfatórios e comparáveis a outras farinhas vegetais como farinha de quinoa. Dentre os métodos testados, a liofilização resultou em pó com valores superiores de capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma, além de maior capacidade de retenção de óleo e água e maior atividade antioxidante. Já o estudo de Borremans *et al.* (2020) verificou o efeito de etapas de branqueamento e fermentação em características tecno-funcionais de tenébrios. Concluiu-se que a combinação de etapas de branqueamento e fermentação afetam negativamente a capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma. Pela forma que o estudo foi feito, não é possível afirmar se estas propriedades foram afetadas pelo branqueamento, pela fermentação ou por ambos. Nota-se que há mais necessidade de estudo de condições de branqueamento, visto que este tratamento pode inibir atividades enzimáticas negativas, incluindo degradação de proteínas, e escurecimento enzimático. Porém, deve-se atentar a oxidação de lipídios, que é acelerada pelos tratamentos térmicos e é favorecida pelo maior teor de ácidos graxos insaturados na composição de insetos. Também é importante mais estudos sobre liofilização de insetos, pesando a viabilidade econômica em comparação às vantagens experimentais obtidas ao se utilizar este método de desidratação.

3.2 Processamento de pó de inseto deslipidificado

Pós deslipidificados diferem de isolados proteicos porque nestes últimos há uma etapa específica para purificação de proteínas, seja com uso de solventes ou outras técnicas. Já o pó deslipidificado possui apenas etapa de remoção total ou parcial de lipídios. Com o aumento do interesse do uso do óleo de inseto em setores alimentícios e não alimentícios, uma proposta é fracionar os insetos em dois componentes, sendo o óleo e o pó deslipidificado, com teores mais concentrados de proteína e fibras em comparação a sua contraparte sem remoção de lipídios.

Poucos estudos foram feitos para avaliar a influência da remoção de lipídios na qualidade do pó. O estudo de Lee *et al.* (2020) observou uma redução significativa na contagem de bactérias aeróbias no pó de larvas de besouro (*Protaetia brevitarsis*). O estudo de Borremans *et al.* (2020) constatou uma influência positiva da deslipidificação nas propriedades tecno-funcionais do pó de tenébrio. Foi observado um aumento na capacidade de retenção de óleo e de água, além de maior capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma. A remoção de lipídios foi feita com hexano. Esta informação é relevante pois o solvente utilizado na etapa de extração de óleo também influencia na característica do pó resultante. Ravi *et al.* (2019) observaram que farinhas de mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) submetidas à extração com 2-metiltetraidrofurano (2-MeO) apresentaram alguns parâmetros de qualidade de proteínas superiores aos pós processados com hexano, como solubilidade e índice de dispersibilidade. Já Wang *et al.* (2019), embora não tenham encontrado diferença significativa na digestibilidade *in vitro* de proteínas de pós de mosca soldado-negro deslipidificados com diferentes solventes, foi observado que o score de aminoácidos essenciais digeríveis foi maior para pós que foram submetidos a etapa de extração com acetato de etila:água (90:10).

O estudo de Bolat *et al.* (2021) verificou a influência do uso de alta pressão hidrostática (500 MPa) na qualidade das proteínas no pó de tenébrio de grilo-doméstico resultantes da extração com n-hexano. Foram encontradas algumas alterações significativas no teor e qualidade das proteínas, mas sem uma tendência definida de modelo, já que os dois insetos testados apresentaram alguns resultados contraditórios entre si. Pode ser necessário explorar melhor o efeito de alta pressão hidrostática em condições mais diversas e com um grupo maior de insetos.

Como pode-se observar, ainda são escassos os estudos que verifiquem o efeito da deslipidificação na qualidade de proteínas do pó. Porém há indícios que esta remoção pode melhorar a qualidade do pó além de viabilizar um co-produto que possui interesse crescente.



3.3 Farinha de inseto como ingrediente

Após devido processamento, insetos podem ser utilizados como ingredientes no preparo de produtos alimentícios, conforme reportado em alguns estudos. Os produtos finais mais comumente usados são derivados de cereais. García-Segovia, Igual e Martínez-Monzó (2020) fizeram um estudo de pães enriquecidos com proteínas alternativas, dentre elas, tenébrio e cascudinho (*Alphitobius diaperinus*). A presença de até 10% de insetos na composição reduziu parâmetros de qualidade da massa, resultando em massas menos coesivas e resistentes. Isto é esperado, pois insetos não possuem proteínas formadoras de glúten. Uma banca de avaliadores associou fortemente o pão de inseto a emoções negativas como nojo, mas apesar disso, uma análise sensorial com teste de aceitação resultou em respostas semelhantes ou superiores para pães com adição de inseto em comparação ao controle. Nissen *et al.* (2020) produziram um pão sem glúten a partir de farinha de milho, arroz e grilo. A adição de farinha de grilo-doméstico resultou em produção de compostos de aroma com notas de vinagre e manteiga, além de maior atividade antioxidante. Em análise sensorial, pães com até 5% (base farinha) de pó de inseto obtiveram notas similares a pães sem pó de inseto. Em estudo reportado por Roncolini *et al.* (2020), prepararam-se snacks de torradas com até 30% de pó de cascudinho na composição. As composições com inseto também apresentaram massa mais fraca, valor de equilíbrio de curva medido por alveógrafo (P/L) mais elevado e resultaram em torradas mais escuras. Em análise sensorial, os pães que tiveram 10% de adição de farinha de inseto (em relação à massa total) possuíram aceitação similar ao pão branco controle.

O pó de insetos pode ser combinado com farinhas de diversos cereais para fabricação de produtos de panificação. Zielinska e Pankiewicz (2020) formularam um biscoito com até 10% de substituição de farinha de trigo por farinha de tenébrio. O resultado foi um biscoito mais escuro e mais espalhado, com maior atividade antioxidante e digestibilidade de proteínas similar ao biscoito de controle. Também, devido à maior presença de fibras, a composição com inseto reduziu a velocidade de digestão do amido. Em outro estudo, Awobusuyi, Siwela e Pillay (2020) produziram um biscoito à base de trigo com substituição da farinha de trigo por até 45% farinha de sorgo e 15% de pó de cupim (*Macrotermes bellicosus*). Quanto maior a adição de inseto e sorgo, menor o fator de espalhamento dos biscoitos, e os produtos eram mais escuros, frágeis e menos duros. Myshina *et al.* (2020) produziram biscoitos substituindo 15% da farinha de trigo por pó de dois insetos desidratados com 3 métodos diferentes. Em análise sensorial, os biscoitos feitos com adição de farinha de tenébrio tiveram aceitação semelhante aos biscoitos de controle. Já os biscoitos produzidos com adição de pó de bicho-da-seda tiveram sua aceitação dependente do método de desidratação da farinha, tendo o biscoito formulado com farinha desidratada por micro-ondas atingido a pior média de aceitação. Houve também relatos de aroma de ervas e de peixe nos biscoitos produzidos com pó de bicho-da-seda. O aroma assinalado como peixe pode ser consequência da oxidação de ácidos graxos poliinsaturados. Ainda sobre biscoitos, Biró *et al.* (2020) produziram biscoitos com farinha de aveia e até 15% de pó de grilo-doméstico. Em análise sensorial, os biscoitos com até 5% de pó de inseto tiveram aceitação similar ao controle. Já os formulados com 10% e 15% tiveram aceitabilidade inferior e o teste de CATA relacionou esta rejeição com sabor de queimado e cor muito escura. A adição crescente de insetos não alterou significativamente a dureza destes biscoitos.

Çabuk e Yilmaz (2020) estudaram o uso de insetos na produção de uma massa típica turca, à base de ovos. Neste estudo, a farinha de trigo foi completamente substituída por matérias-primas alternativas, incluindo pó de tenébrio e de locustas. Massas feitas com inseto precisaram de maior tempo de cozimento, diminuíram índice de expansão e foram avaliadas como menos macias, elásticas e com presença de odor desagradável. Percebe-se que o uso de insetos em produtos de panificação resulta em efeitos diversos que são difíceis de generalizar, por vezes endurecendo e por vezes amaciando e por vezes não alterando a textura dos alimentos. Isto pode ser consequência tanto de diferentes espécies de inseto utilizadas, bem como estágio de desenvolvimento, ou mesmo a escolhas de parâmetros de processo, que ainda foram pouco estudados. Uma tendência geral parece ser o escurecimento das massas. Não se sabe se este escurecimento pode ser evitado ou amenizado com o uso de etapa de branqueamento durante o processo de produção do pó de inseto, visando inativar enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático. Porém, se este escurecimento for inevitável, pode-se avaliar o uso de insetos em associação com produtos já tradicionalmente escuros, como biscoitos com sabor de chocolate. Ainda cabe avaliar se a remoção de lipídios pode alterar positivamente as propriedades destes alimentos enriquecidos com pó de inseto. Em geral, nota-se que substituições de até 10% da farinha de trigo por pó inseto resultam em produtos aceitos a níveis aceitáveis ou similares aos produtos controle, resultando em uma melhora nas características nutricionais de produtos de panificação.

Pó de inseto também é estudo em processos de extrusão. García-Segovia *et al.* (2020) produziram extrusados com 5% de enriquecimentos proteicos alternativos, incluindo pó de tenébrio e de cascudinho. Com este nível de substituição, não foram encontradas diferenças significativas na maior parte dos parâmetros de textura e de funcionalidade testados, com os flocos que tinham adição de tenébrio sendo mais compactos e duros.



Uma adição maior de pó de inseto, bem como estudo de parâmetros de processo de extrusão foi feito por Kiiru *et al.* (2020). Foram produzidos extrusados com até 45% de farinha de grilo e complementada com proteína isolada de soja. Este estudo objetivou encontrar as condições que levassem à melhor mimetização de um extrusado de carne. O ensaio que resultou no produto mais próximo utilizou 30% de pó de grilo com remoção parcial de lipídios (extraídos com etanol). Esta remoção parcial de lipídios é interessante pois foi realizada com um solvente que não limita o uso posterior na alimentação humana. E, apesar de não promover uma remoção completa dos lipídios, há alteração significativa nas características da farinha de inseto.

Insetos também podem ser usados em produtos cárneos híbridos, como salsichas, substituindo parcialmente a proteína de mamíferos e aves, de forma similar a proteínas vegetais já usadas para este fim. Dois estudos do mesmo grupo de pesquisadores observaram o comportamento de produtos com carne de porco e pó de tenébrio-gigante (*Zophobas morio*) em sua composição. No primeiro (SCHOLLIERS, STEEN, FRAEYE, 2020a), foram produzidas salsichas com até 50% da proteína de porco substituída por pó de inseto. Este estudo concluiu que sistemas híbridos com até 10% de substituição por inseto atingiram propriedades viscoelásticas similares a salsichas de porco, desde que durante o preparo fossem aplicadas temperaturas maiores. Porém, os parâmetros de textura foram sempre inferiores, mesmo com apenas 5% de adição de insetos. Além disso, apesar de proteínas de inseto apresentarem boa estabilidade de retenção de água e óleo durante a estocagem a 3 °C, as salsichas híbridas se mostraram menos resistentes a aplicação de força externa. Conclusões similares foram encontradas no segundo estudo (SCHOLLIERS, STEEN, FRAEYE, 2020b), que analisou sistemas de emulsão híbridos com diferentes razões de carne de porco e pó de inseto. Estes artigos ajudam a entender os maiores desafios na incorporação de insetos em produtos cárneos. Apesar da viscoelasticidade poder ser mimetizada com alterações na temperatura de processo ainda é difícil atingir texturas similares às carnes. Cabe também o estudo de outros insetos, com ou sem remoção de lipídios.

Por fim, o estudo de Adeboye, Fasogbon e Adegbuyi (2020) utilizou até 20% de pó de cupim na composição de uma sopa em pó. As diferentes composições avaliadas receberam médias satisfatórias em análise sensorial, avaliando critérios de aceitabilidade de aroma, cor, sabor, textura, bem como aceitabilidade global. A maior nota em aceitabilidade global foi para a sopa com 10% de farinha de cupim. Isto mostra a versatilidade dos insetos como ingredientes, podendo ser usados como enriquecimento de proteínas, fibras e minerais em uma grande diversidade de alimentos, desde que sejam devidamente processados.

4 CONCLUSÃO

Insetos possuem grande potencial de aplicação em alimentos, com seu considerável teor de proteínas de alto valor biológico, além de fibras e lipídios. O estudo de seu processamento ainda é recente, mas já se sabem quais são as etapas principais necessárias. Devido a atividades de enzimas endógenas, o branqueamento desponta como uma etapa importante para manter a qualidade microbiológica, sensorial e nutricional do alimento. Etapas de desidratação também são necessárias, com liofilização apresentando os melhores resultados. Como esta etapa é menos viável economicamente, desidratação em fornos com fluxo de ar ou por micro-ondas podem ser aplicadas. Além disso, a deslipidificação de pó de inseto pode melhorar características tecno-funcionais destas farinhas, além de formar um co-produto. Insetos já vêm sendo pesquisados como ingredientes principalmente em produtos de panificação, mas também em produtos tradicionalmente cárneos. Sua adição em produtos de panificação em substituição de até 15% da farinha de trigo, dependendo do produto, não afeta sua aceitabilidade sensorial. Notou-se que a adição de insetos tende a escurecer os alimentos, além de, no caso dos produtos de panificação, enfraquecer a massa, afetando parâmetros reológicos. Podem ser necessários mais estudos do processamento para evitar estes efeitos adversos, permitindo maiores teores de adição de insetos nestes produtos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEBOYE, A.; FASOGBON, B.; ADEGBUYI, K. Formulation of vegetable soup powder from *Clerodendrum volubile* enriched with *Macrotermes bellicosus* (termite) flour. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 1, n. 1, p. 20-29, 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s42690-020-00350-1>>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- ANUDUANG, A. *et al.* Effect of thermal processing on physico-chemical and antioxidant properties in mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) powder. **Foods**, v. 9, n. 7, p. 871-880, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9070871>>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- AWOBUSUYI, T.; SIWELA, M.; PILLAY, K. Sorghum–insect composites for healthier cookies: nutritional, functional, and technological evaluation. **Foods**, v. 9, n. 10, p. 1427-1441, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9101427>>. Acesso em: 21 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: 25 fev. 2021.
- BAWA, M. *et al.* Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (*Acheta domesticus*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 5, p. 327-336, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.14407>>. Acesso em: 28 fev. 2021.
- BIRÓ, B. *et al.* Cricket-enriched oat biscuit: technological analysis and sensory evaluation. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1561-1573, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9111561>>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- BOLAT, B. *et al.* Effects of high hydrostatic pressure assisted degreasing on the technological properties of insect powders obtained from *Acheta domesticus* & *Tenebrio molitor*. **Journal of Food Engineering**, v. 292, p. 110359-110367, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110359>>. 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: 16 fev. 2021.
- BOULOS, S; TÄNNLER, A; NYSTRÖM, L. Nitrogen-to-protein conversion factors for edible insects on the swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. **Frontiers in Nutrition**, v. 7, p. 89-100, 2020. Frontiers Media SA. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2020.00089>>. Acesso em: 21 fev. 2021.
- ÇABUK, B.; YILMAZ, B. Fortification of traditional egg pasta (erişte) with edible insects: nutritional quality, cooking properties and sensory characteristics evaluation. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 7, p. 2750-2757, 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13197-020-04315-7>>. Acesso em: 25 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.
- GARCÍA-SEGOVIA, P.; IGUAL, M.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Physicochemical properties and consumer acceptance of bread enriched with alternative proteins. **Foods**, v. 9, n. 7, p. 933-941, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9070933>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- GARCÍA-SEGOVIA, P. *et al.* Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. **European Food Research and Technology**, v. 246, n. 4, p. 703-712, 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00217-020-03441-y>>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- KIIRU, S. *et al.* Extrusion texturization of cricket flour and soy protein isolate: influence of insect content, extrusion temperature, and moisture :level variation on textural properties. **Food Science and Nutrition**, v. 8, n. 8, p. 4112-4120, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.1700>>. Acesso em: 24 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: 16 fev. 2021.
- LUCAS-GONZÁLEZ, R. *et al.* Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domesticus*). **European Food Research and Technology**, v. 245, n. 7, p. 1451-1458, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>>. Acesso em: 18 fev. 2021.
- MISHYNA, M. *et al.* Drying methods differentially alter volatile profiles of edible locusts and silkworms. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 4, p. 405-415, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0046>>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- NISSEN, L. *et al.* Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: antioxidant improvement and volatilome characterization. **Food Chemistry**, v. 333, p. 127410-127417, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127410>>. Acesso em: 21 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 17 fev. 2021.
- RONCOLINI, A. *et al.* Lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) powder as a novel baking ingredient for manufacturing high-protein, mineral-dense snacks. **Food Research International**, v. 131, p. 109031-10937, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109031>>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- SCHOLLIERS, J.; STEEN, L.; FRAEYE, I. Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: effect of heating temperature and insect. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 66, p. 102535-102546, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102535>>. Acesso em: 21 fev. 2021.



- SCHOLLIERS, J.; STEEN, L.; FRAEYE, I. Structure and physical stability of hybrid model systems containing pork meat and superworm (*Zophobas morio* larvae): the influence of heating regime and insect. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 65, p. 102452-102459, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102452>>. Acesso em: 17 fev. 2021.
- SSEPUUYA, G. Effect of heat processing on the nutrient composition, colour, and volatile odour compounds of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* serville. **Food Research International**, v. 129, p. 108831-108865, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108831>>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- STONE, A. K.; TANAKA, T.; NICKERSON, M. Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 7, p. 3355-3363, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13197-019-03818-2>>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- TINARWO, J. *et al.* Effect of heat treatment on selected macronutrients in the wild harvested edible ground cricket, *Hemicus whellani* Chopard. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 1, n. 1, p. 13-20, 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s42690-020-00375-6>>. Acesso em: 24 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: 11 jan. 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: 20 fev. 2021.
- ZIELINSKA, E.; PANKIEWICZ, U. Nutritional, physiochemical, and antioxidative characteristics of shortcake biscuits enriched with *Tenebrio molitor* flour. **Molecules**, v. 25, n. 23, p. 5629-5645, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/molecules25235629>>. Acesso em: 28 fev. 2021.