

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Agrárias – ICA

Programa de Pós-graduação em Alimentos e Saúde

Pâmela Barroso De Oliveira

**O USO DE INSETOS COMESTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: UMA
REVISÃO NARRATIVA**

Montes Claros

2025

Pâmela Barroso De Oliveira

**O USO DE INSETOS COMESTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: UMA
REVISÃO NARRATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Alimentos e Saúde.

Área de concentração: Alimentos e Saúde

Orientadora: Prof.^a Bruna Mara Aparecida de Carvalho.

Montes Claros

2025

Oliveira, Pâmela Barroso de.

O48u
2025 O uso de insetos comestíveis na alimentação humana [manuscrito]: uma revisão narrativa / Pâmela Barroso de Oliveira. Montes Claros, 2025.
47 f.: il

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Alimentos e Saúde. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Bruna Mara Aparecida de Carvalho.

Banca examinadora: Claudia Regina Vieira, Hugo Calixto Fonseca, Bruna Mara Aparecida de Carvalho.

Inclui referências: 40-47

1. Entomofagia -- Teses. 2. Sustentabilidade -- Teses. 3. Alimentos alternativos -- Teses. 4. Proteínas -- Teses. 5. Nutrição -- Teses. 6-Entomoterapia.. I. Carvalho, Bruna Mara Aparecida de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 641.1

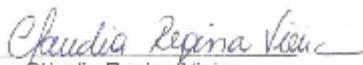
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 25 dias do mês de fevereiro de 2025 às 8:30 horas, sob a Presidência da Profª Bruna Mara Aparecida Carvalho, D. Sc. (Orientadora – UFMG/ICA) e com a participação da Professora Cláudia Regina Vieira, D. Sc. (UFMG/ICA) e do Doutor Hugo Calixto Fonseca, D. Sc. (UFMG/ICA), reuniu-se, presencialmente, a Banca de defesa de dissertação da Discente **Pâmela Barroso de Oliveira**, aluna do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde. O resultado da defesa de dissertação intitulada: "O USO DE INSETOS COMESTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: UMA REVISÃO NARRATIVA",

sendo a aluna considerada (aprovado(a)/reprovado(a)) APROVADA. E, para constar, eu, Professora Bruna Mara Aparecida Carvalho, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências onde a candidata deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretária do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, no mínimo 1 (um) exemplar impresso e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação no prazo máximo de 30 (trinta) dias.

Montes Claros, 25 de fevereiro de 2025.


Cláudia Regina Vieira
Membro


Hugo Calixto Fonseca
Membro


Bruna Mara Aparecida Carvalho
Orientadora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG

Reitora: Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitor: Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitor de Pesquisa: Fernando Marcos Reis

Pró-reitor de Pós-graduação: Isabela Almeida Pordeus

CURSO DE MESTRADO EM ALIMENTOS E SAÚDE

Coordenador: Igor Viana Brandi

Subcoordenador: Ivan Pires de Oliveira

Dedico este trabalho aos meus pais Marci e Valdemar (*in memoriam*), ao meu filho Samuel e a minha irmã Priscila, com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me permitir chegar ao final dessa etapa, por ter renovado as minhas forças em períodos extremamente desafiadores, e por me guardar todos os dias.

À minha mãe Marci por todas as orações, pelo incentivo diário, por acreditar em mim quando muitas vezes até eu duvidei, pelo amor, carinho, por tudo que faz por mim.

Ao meu pai Valdemar (*in memoriam*) que enquanto esteve aqui foi meu incentivador, se orgulhou das minhas conquistas, acreditou em mim e dedicou tanto amor.

À minha irmã, Priscila, por ser meu apoio constante, não deixando que eu desistisse, mesmo nos momentos de dificuldades, por me inspirar com sua persistência e resiliência. Pelos conselhos, carinho e amor.

Ao meu filho, Samuel, meu maior amor, que me motiva todos os dias a querer e buscar ser uma pessoa e profissional melhor.

Ao meu sobrinho Apolo que é benção nas nossas vidas, que é como um irmão para Samuel.

À Thimara, a maior responsável por despertar em mim o desejo de fazer o mestrado, pela amizade, conselhos, conversas diárias, incentivo e conhecimentos compartilhados.

À Natália pela amizade e por todo apoio e ajuda que me ofereceu.

À Luciana, pelas orações, carinho e amizade.

À dona Vanda, minha companheira de trabalho, pelas conversas, conselhos, incentivo, orações e toda a ajuda que me proporcionou para que eu pudesse frequentar as aulas.

À minha orientadora, Bruna, que, quando as amostras iniciais do trabalho se perderam, com paciência e dedicação, adaptou o projeto à minha realidade, para que eu fosse capaz de concluí-lo. Confiou em mim e esteve sempre disponível para ajudar.

A todos que cruzaram meu caminho e, de alguma forma, me incentivaram a chegar até aqui, o meu mais profundo agradecimento.

*“Bem sei eu que tudo podes, e que nenhum dos
teus propósitos pode ser frustrado. ”*

(Jó 42:2)

RESUMO

Espera-se que a população mundial atinja cerca de 10 bilhões de pessoas até 2050, o que aumentará consideravelmente a demanda por alimentos. Esse crescimento populacional pode gerar escassez agrícola e elevar o risco de insegurança alimentar, tornando fundamental a adoção de práticas sustentáveis na produção de alimentos. Este artigo revisa o potencial dos insetos como uma alternativa à proteína animal, explorando os aspectos nutricionais, ambientais e sociais dessa prática. Nesse contexto, a exploração de novas fontes nutricionais que possam garantir o fornecimento adequado de macro e micronutrientes é essencial. Os insetos comestíveis, com mais de 2.000 espécies identificadas como seguras para o consumo humano, surgem como uma excelente alternativa. Esses insetos oferecem proteínas, lipídios, minerais e vitaminas em diferentes estágios de seu ciclo de vida, incluindo ovos, larvas, pupas e adultos. O teor de gordura varia de 2% a 62%, com uma predominância de ácidos graxos insaturados, que podem representar até 75% do total de ácidos graxos presentes. As proteínas estão presentes em quantidades significativas, podendo conter entre 20 a 76g de proteína por 100g de inseto em peso seco, dependendo do estágio de desenvolvimento. Além disso, os insetos apresentam níveis de cálcio e ferro superiores aos encontrados em carnes de bovino, frango e porco. A produção de alimentos à base de insetos oferece várias vantagens ambientais, como menor consumo de água, redução das emissões de gases de efeito estufa e maior eficiência na conversão alimentar. Para superar a aversão dos consumidores à ideia de comer insetos, várias pesquisas sugerem o uso de insetos como ingredientes em produtos alimentícios, o que não só melhora o valor nutricional, mas também aumenta a aceitação entre os consumidores. Além do consumo humano, os insetos têm sido tradicionalmente usados para fins medicinais e terapêuticos. A pesquisa contínua, aliada à aceitação crescente entre os consumidores, pode transformar a indústria alimentícia, tornando os insetos uma parte fundamental da dieta mundial. Com a adoção de práticas inovadoras, os insetos podem não apenas complementar, mas desempenhar um papel crucial na construção de um sistema alimentar mais sustentável e resiliente.

Palavras-chave: Entomofagia; sustentabilidade; fontes alternativas; proteína; nutrição; entomoterapia.

ABSTRACTS

The global population is expected to reach around 10 billion people by 2050, which will significantly increase the demand for food. This population growth can generate agricultural shortages and increase the risk of food insecurity, making it essential to adopt sustainable practices in food production. This article reviews the potential of insects as an alternative to animal protein, exploring the nutritional, environmental and social aspects of this practice. In this context, the exploration of new nutritional sources that can guarantee an adequate supply of macro and micronutrients is essential. Edible insects, with more than 2,000 species identified as safe for human consumption, emerge as an excellent alternative. These insects provide proteins, lipids, minerals and vitamins at different stages of their life cycle, including eggs, larvae, pupae and adults. The fat content varies from 2% to 62%, with a predominance of unsaturated fatty acids, which can represent up to 75% of the total fatty acids present. Proteins are present in significant quantities, with between 20 and 76g of protein per 100g of dry weight of insects, depending on the stage of development. In addition, insects have higher levels of calcium and iron than those found in beef, chicken and pork. Insect-based food production offers several environmental advantages, such as reduced water consumption, reduced greenhouse gas emissions and greater efficiency in feed conversion. To overcome consumer aversion to the idea of eating insects, several studies suggest the use of insects as ingredients in food products, which not only improves nutritional value but also increases consumer acceptance. In addition to human consumption, insects have traditionally been used for medicinal and therapeutic purposes. Continued research, combined with increasing consumer acceptance, can transform the food industry, making insects a fundamental part of the global diet. With the adoption of innovative practices, insects can not only complement but also play a crucial role in building a more sustainable and resilient food system.

Keywords: Entomophagy; sustainability; alternative sources; protein; nutrition; entomotherapy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estágios de vida do <i>Tenebrio molitor</i>	19
Figura 2- a) <i>H. illucens</i> ; b) <i>A. domestica</i> ; c) <i>T. molitor</i>	22
Figura 3 Benefícios da criação de insetos em relação a criação de boi, porco e ave insetos. ..	24
Figura 4 - Concentrado proteico à base de grilos.	31
Figura 5 - Salsicha feita com 5 e 10% de farinha de larva de mosca soldado-negro e pão feito com farinha desengordurada da larva de mosca-soldado-negra, produzidos na USP	33
Figura 6 - Corte transversal de pães produzidos com a substituição de 5% da farinha de trigo por diferentes farinhas de insetos	34
Figura 7 - Imagens da estrutura interna de fatias de pão: (a) controle, (b) pó de grilo 10%, (c) pó de grilo 20%, (d) pó de grilo 10% sem óleo, (e) pó de grilo 20% sem óleo, (f) farinha de trigo sarraceno 10%, (g) farinha de trigo sarraceno 20%, (h) farinha de lentilha 10%, (i) farinha de lentilha 20%	35
Figura 8 – Seções transversais e superiores da amostra de controle (CP) e panquecas com níveis crescentes de <i>Acheta domestica</i> (AP10, AP20 e AP30)	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor de proteína e lipídeos, em peso seco, em espécies de insetos comestíveis.....	21
Tabela 2 - Aplicação de proteínas de insetos como ingrediente alimentar	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MÉTODO.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Entomofagia.....	16
3.2 Exemplos de insetos usados na alimentação	17
3.3 Benefícios ambientais.....	22
3.4 Valor nutricional.....	24
3.5 Segurança e aceitação dos insetos na alimentação humana	27
3.6 Insetos como ingredientes alimentares	29
3.7. Concentrados proteicos.....	31
3.8 Farinha de insetos	32
3.9 Aplicação na saúde	39
4 CONCLUSÃO.....	41
5 REFERENCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional é uma preocupação global, especialmente em relação ao aumento da demanda por alimentos. Projeções indicam que a população mundial poderá atingir cerca de 10 bilhões de pessoas em menos de trinta anos. Esse crescimento terá um impacto significativo sobre os recursos alimentares, especialmente na demanda por proteínas de origem animal, cuja procura poderá ser dobrada. Isso pode resultar em uma escassez de recursos agrícolas e aumentar o risco de fome, portanto, é fundamental adotar abordagens sustentáveis na produção de alimentos para garantir a segurança alimentar para todos (Shafique et al., 2021).

Devido ao menor impacto ambiental, quando comparado as proteínas de origem animal, o que inclui menores emissões de gases de efeito estufa e menor consumo de água, diversos consumidores optam por produtos vegetais. A preocupação com o bem-estar dos animais e os efeitos positivos na saúde também motivam muitos consumidores a escolher produtos à base de plantas. Segundo Huang et al. (2023) essa busca por alternativas de proteína não animal tem se concentrado principalmente em leguminosas, como ervilha e soja, por apresentarem um perfil nutricional mais completo que outras fontes vegetais. No entanto, há alguns pontos negativos que são: deficiência de aminoácidos essenciais, o que torna importante a combinação de diferentes fontes vegetais como grãos, cereais e leguminosas para garantir a ingestão adequada desses aminoácidos; menor digestibilidade, por apresentarem mais fibras e compostos antinutricionais (Gorissen et al., 2018).

Uma solução proposta para enfrentar a escassez alimentar resultante do aumento populacional é o uso de insetos como fonte de nutrientes, para garantir o fornecimento adequado de macro e micronutrientes. Esses organismos se destacam como excelentes fontes de proteínas, aminoácidos, lipídios, minerais e vitaminas, sendo a proteína o macronutriente que mais se destaca, tanto pela sua quantidade quanto pela sua qualidade. Essa alternativa busca superar as limitações das proteínas vegetais, oferecendo uma opção mais nutritiva e com menor impacto ao meio ambiente. O objetivo é substituir parcialmente as proteínas animais convencionais por essas fontes sustentáveis, visto que os insetos são altamente nutritivos e abundantes. Estima-se que existam cerca de 2.000 espécies comestíveis, das mais de um milhão de espécies conhecidas, levando em conta seus diferentes estágios de desenvolvimento (Fasolin et al., 2019).

Os insetos comestíveis possuem o potencial de se estabelecerem como um alimento fundamental no futuro em escala global. Além da parte nutritiva, causam menos impacto ao ambiente, auxiliam na preservação dos recursos naturais e na redução das mudanças climáticas e requerem menos recursos, como água e terra, quando comparados aos necessários na criação de gados e aves. Podem ser criados em espaços pequenos e reproduzem-se rapidamente, o que os torna uma opção viável para a produção em grande escala (Fernandez-Cassi et al., 2020, Adegboye et al., 2021). Das espécies de insetos conhecidas, as apontadas como as mais promissoras para a produção em escala industrial são: larvas de moscas domésticas comuns, bichos-da-seda, larvas de farinha amarelas e moscas-soldado negras, como cita a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, do inglês Food and Agriculture Organization of the United Nations) (FAO, 2018).

Segundo Binconsin-Júnior et al. (2020), o mercado de insetos comestíveis está em expansão contínua no Brasil. Os mesmos, podem ser consumidos crus ou processados de diversas formas, como torrados, fritos, cozidos ou extrusados. A inclusão de insetos na dieta ocorre, principalmente, como componentes de diversos produtos. No entanto, a falta de regulamentação específica representa uma barreira para sua adoção mais ampla na indústria alimentícia, de forma geral, os insetos ainda são considerados como matérias estranhas em alimentos, conforme estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 623, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de 9 de março de 2022 (Brasil, 2022). Azzollini (2018) ressalta que, em resposta a um e-mail enviado à ANVISA sobre os procedimentos de regularização, foi informado que as empresas interessadas em utilizar insetos na produção de alimentos podem solicitar à agência uma avaliação de segurança para esses produtos (Azzollini, 2018).

Em relação às espécies de insetos autorizadas pelo MAPA para alimentação animal, a lista foi atualizada em 1º de outubro de 2021, conforme o parágrafo único do artigo 1º da Instrução Normativa nº 110, de 24 de novembro de 2020, que inclui: barata-cinérea (*Nauphoeta cinerea*), adulto desidratado; crisálida (farinha e farinha desengordurada); mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), farinha de larva desidratada; grilo-preto (*Gryllus assimilis*), adulto desidratado; tenébrio-comum (*Tenebrio molitor*), larva desidratada; e tenébrio-gigante (*Zophobas morio*). Além disso, o MAPA proíbe a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham proteínas e gorduras de origem animal (Brasil, 2020).

O objetivo desse artigo é revisar o consumo de insetos na alimentação humana, como potencial substituição da proteína animal destacando aspectos nutricionais, ambientais e sociais.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma busca por artigos completos para dar suporte ao desenvolvimento de uma revisão narrativa. Assim, os artigos selecionados foram escritos em inglês, e a maioria deles foi publicada nos últimos anos. As pesquisas utilizaram combinações específicas de palavras-chave, incluindo entomofagia, sustentabilidade, fontes alternativas, proteína, nutrição e entomoterapia nas conhecidas bases de dados internacionais Scopus, Elsevier, Web of Science e Google Scholar. Os artigos escolhidos foram cuidadosamente analisados, e os dados relevantes foram extraídos para a análise, optando preferencialmente por artigos publicados dentro dos últimos 5 anos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ENTOMOFAGIA

A prática de ingerir insetos na alimentação humana, chamada de entomofagia, tem desempenhado um papel importante na dieta humana ao longo da história, seu consumo foi primeiramente documentado na cultura grega 600 a.C, e foi consolidada há séculos em países da Ásia, África, América Latina e Oceania, sendo empregada para obtenção de nutriente proteico e calórico, mas também influenciada por fatores culturais. Jongema (2017) estima que pelo menos 2 bilhões de pessoas em todo o mundo praticam a entomofagia regularmente e, em cerca de 110 países insetos são consumidos como um componente essencial da dieta, com mais de 2.000 espécies identificadas como seguras para o consumo humano.

Embora seja vista como uma prática alimentar exótica e pouco aceita no Ocidente, a entomofagia tem ganhado destaque nos últimos anos, especialmente na área de pesquisa. Esse crescente interesse se deve ao potencial dos insetos como matérias-primas alternativas às fontes

convencionais na produção de alimentos. A entomofagia também pode ser uma solução viável para a segurança alimentar global, pois oferece a quantidade necessária de alimentos para atender às necessidades fisiológicas, além da qualidade e o valor nutricional essenciais para a manutenção da saúde (Azzollini et al., 2018, Smetana et al., 2018).

Os insetos comestíveis desempenham um papel crucial como suplementos alimentares e podem beneficiar a saúde de populações vulneráveis em situação de desnutrição, especialmente crianças e mães que amamentam, conforme apontado por De e Chattopadhyay (2019), principalmente em países de baixa e média renda. O crescimento e o desenvolvimento infantil dependem de uma nutrição adequada na primeira infância, a qual só pode ser mantida com a ingestão correta e equilibrada de alimentos.

Diante de todo esse cenário, é fundamental adotar estratégias sustentáveis para enfrentar a escassez alimentar. Uma dessas soluções é o uso de insetos como ingredientes para a fortificação de alimentos, com a finalidade de potencializar seu valor nutricional, ou a utilização como suplementos alimentares, afim de suprir demandas de micro e macronutrientes (Séré et al., 2018).

As espécies de insetos comestíveis mais populares pertencem à ordem Coleoptera, como os besouros, seguidas pelas ordens Lepidoptera, que incluem borboletas e mariposas, e Hymenoptera, que abrange abelhas, vespas e formigas. No entanto, globalmente, o grilo doméstico (da ordem Orthoptera) e a larva do besouro tenébrio (da ordem Coleoptera) se destacam como os insetos mais cultivados exclusivamente para consumo humano (Liceaga et al., 2022). O consumo pode ser feito em diferentes estágios do ciclo de vida do inseto (ovos, larvas, pupas ou adultos), que é concluído em cerca de 60 dias, e afeta diretamente a composição nutricional, assim como a alimentação, o sexo e a origem do inseto (Castro et al., 2018).

3.2 EXEMPLOS DE INSETOS USADOS NA ALIMENTAÇÃO

No que se refere à exemplo de insetos comestíveis, temos o *Bombyx mori*, conhecido popularmente como bicho-da-seda, que é um inseto de grande importância econômica. O seu ciclo de vida consiste em quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. As larvas e pupas desse inseto têm despertado interesse ao longo de milênios, sendo fundamentais na produção de seda de alta qualidade. Além disso, essas pupas são valiosas por seu conteúdo de proteínas, ácidos graxos, vitaminas e minerais. Considerado comestível e altamente nutritivo, o bicho-da-seda é

amplamente consumido em diversos países asiáticos, como Índia, Japão, Tailândia e, especialmente, na China (Sadat et al., 2022).

Além de seu elevado valor nutricional, o bicho-da-seda está associado a diversos benefícios, as pupas apresentam uma proporção baixa de sódio em relação ao potássio, o que pode contribuir para reduzir o risco de doenças, como acidente vascular cerebral, hipertensão e problemas cardiovasculares. Além disso, as pupas são ricas em selênio, que oferecem benefícios na prevenção do câncer e na proteção contra o estresse oxidativo. Minerais como cálcio, ferro e potássio desempenham papéis essenciais em várias funções do corpo, desde a saúde óssea até a contração muscular. O cálcio fortalece os ossos, o ferro facilita o transporte de oxigênio e o potássio auxilia no controle da pressão arterial (Kohler et al., 2019, Yeruva et al., 2023). Os lipídios são um componente crucial no bicho-da-seda, apresentando cerca de 30% do peso seco (Wang et al., 2023, Beniwal e Das, 2023). Por isso, é visto como uma possível fonte alimentar do futuro, com vantagens nutricionais e terapêuticas. Este inseto é uma rica fonte de proteína, constituindo 55 a 60% de seu peso seco, e sua proteína contém muitos aminoácidos essenciais, tornando-o extremamente benéfico (Wang et al., 2023, Beniwal e Das, 2023).

Na Figura 1 pode-se observar os diferentes estágios da vida do *Tenebrio molitor*, um dos insetos comestíveis mais promissores. Os ovos de *T. molitor* eclodem entre 3 e 9 dias após a deposição. O estágio larval é o mais prolongado, podendo durar de 57 dias em condições controladas a até 2 anos em ambientes com baixas temperaturas. Em seguida, as larvas passam para a fase de pupa, que é a mais breve de todos os estágios de desenvolvimento, durando entre 7 e 48 dias, dependendo da temperatura. Durante esse período, os organismos não se alimentam e gradualmente desenvolvem um exoesqueleto rígido. Finalmente, os adultos emergem, com essa fase durando entre 2 a 3 meses (Gkinali et al., 2022).

Figura 1: Estágios de vida do *Tenebrio molitor*

Fonte: Gkinali et al. (2022).

O estágio larval do *Tenebrio molitor*, conhecida como larva de farinha amarela, é muito valorizado devido ao seu elevado teor de proteína, que varia entre 37% e 68% do peso seco, comparável a fontes convencionais como carne e soja, a gordura entre 15% e 50%, e fibra de 9% a 19% (Gkinali et al., 2022). Além disso, são abundantes em minerais essenciais como potássio, cálcio, ferro e magnésio. Seu sistema digestivo robusto permite a degradação eficaz de diversos resíduos orgânicos, incluindo materiais lignocelulósicos, diferentes tipos de plásticos, grafeno oxidado e restos de comida (Ding et al., 2023). Adicionalmente, possui baixo teor de quitina, o que aumenta tanto a biodisponibilidade quanto a digestibilidade das proteínas, ademais tem seu perfil de aminoácidos completo, incluindo todos os aminoácidos essenciais fundamentais para a saúde humana (Papastavropoulou et al., 2021).

Ácidos graxos insaturados são abundantes em insetos, incluindo principalmente os ácidos oleico e linoleico. Em contrapartida, o estágio adulto do *T. molitor* (besouro) apresenta um alto teor de proteína, mas também uma quantidade significativa de quitina (nome comum do polímero poli(β -(1-4)-N-acetil-D-glicosamina, considerada o polissacarídeo mais abundante na natureza após a celulose, encontrada na cutícula de insetos, onde desempenha a função de suporte estrutural, com uma estrutura muito resistente e rígida), o que limita sua eficácia como

fonte nutricional, pois exige a ação de enzimas específicas, chamadas quitinases, para serem decompostas, essas enzimas não estão presentes em abundância no sistema digestivo humano (Papastavropoulou et al., 2021, El Knidri et al., 2018). Atualmente, o Tenébrio é utilizado como alimento para humanos e ração animal em diversas regiões, incluindo África, Ásia, Américas e Austrália (Langston et al., 2023).

A mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), inseto detritívoro nativo de áreas tropicais, subtropicais e quentes das Américas, reconhecida globalmente devido ao crescente interesse humano. Esse inseto possui a capacidade de digerir uma ampla variedade de substratos orgânicos, promovendo a transformação e recuperação de nutrientes (Boakye-Yiadom et al., 2022). Além disso, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa por meio da redistribuição de carbono e nitrogênio, e ajuda a controlar odores desagradáveis ao alterar o perfil de compostos orgânicos voláteis (Xiang et al., 2024).

As larvas da mosca-soldado-negra apresentam, em média, 42% de proteína bruta, que são altamente digeríveis, e 29% de gordura na matéria seca. Seu perfil de aminoácidos de alta qualidade as torna uma excelente fonte de proteína, oferecendo uma alternativa sustentável para a segurança alimentar (Mlambo et al., 2023). Elas são particularmente ricas em valina, histidina e isoleucina em comparação com a farinha de peixe e a farinha de soja, além de apresentarem níveis mais altos de leucina e lisina, com perfis comparáveis de metionina e triptofano em relação à soja (Lu et al., 2022).

Entre as espécies de insetos mais conhecidas para consumo humano, o grilo doméstico (*Acheta domestica*) se destaca, sendo amplamente cultivado tanto em países orientais quanto ocidentais. Sua facilidade de cultivo, alta taxa de crescimento e excelente perfil nutricional, junto com a aceitação geral dessa espécie como fonte de alimento, contribuíram para sua popularidade entre produtores e processadores de insetos (Kamau et al., 2021). O teor de proteína do grilo varia consideravelmente, de 13% a 77% da matéria seca, enquanto os lipídios variam de 20,4 a 29,3%, e o conteúdo de carboidratos fica entre 5,50 e 8,32% na matéria seca. Os grilos comestíveis também são ricos em macrominerais essenciais, como sódio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio, o que os torna uma alternativa altamente nutritiva à carne de aves, porco e gado (Magara et al., 2021; Kamau et al., 2021).

Além de seu valor nutricional, os grilos comestíveis apresentam várias propriedades benéficas, como efeitos anti-inflamatórios, anticancerígenos, antioxidantes, antidiabéticos, antiobesidade, hipolipidêmicos e anti-hipertensivos. Eles também podem ajudar na construção

muscular e estimular o crescimento da microbiota intestinal, reduzindo os níveis de TNF- α (uma proteína que tem propriedades pró-inflamatórias e que está envolvida em várias doenças) no plasma. Além disso, substâncias como quitina e quitosana, abundantes nos grilos, demonstraram ser eficazes na supressão de microrganismos patogênicos nos intestinos (Kemsawasd et al., 2022).

Na tabela 1, estão resumidos os valores médios de proteína e lipídios dos insetos comestíveis mais comumente consumidos.

Tabela 1: Teor de proteína e lipídeos, em peso seco, em espécies de insetos comestíveis.

Inseto	Proteína	Lipídios
Bicho-da-seda (pupas)	55 a 60%	30%
Tenébrio (larva)	37% a 68%	15% e 50%,
Mosca-soldado-negra (larva)	42%	29%
Grilo doméstico	13% a 77%	20,4% a 29,3%

É possível observar que o grilo doméstico é o inseto com o maior teor de proteína, enquanto a larva do tenébrio se destaca pelo maior teor de lipídios em peso seco. Essas informações são essenciais ao escolher qual inseto utilizar, especialmente em receitas que substituem parte dos ingredientes por insetos. Conhecer o teor predominante de macronutrientes permite utilizar o inseto de forma mais estratégica, conforme a necessidade nutricional específica.

A Figura 3 ilustra as diferenças na morfologia dos insetos, as quais influenciam, por exemplo, o conteúdo de proteína bruta e a proporção de aminoácidos essenciais. No estudo conduzido por González et al. (2019), as espécies *H. illucens* e *T. molitor* foram analisadas em seu estágio larval, enquanto *A. domestica* foi considerada no estágio adulto. A farinha de *A. domestica* apresentou o maior teor de proteínas em relação as outras espécies.

Figura 2- Insetos. a) *H. illucens*; b) *A. domestica*; c) *T. molitor*.



Fonte: González et al., 2019.

3.3 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

A criação de insetos para consumo humano oferece benefícios significativos à preservação ambiental, como menor consumo de água, redução das emissões de gases de efeito estufa, uma taxa de conversão alimentar mais eficiente além de contribuir para a redução do desmatamento. Isso ocorre porque a quantidade de espaço necessário para sua produção é muito menor em comparação com as práticas de monocultura e pecuárias, que são tradicionalmente usadas na produção de alimentos. Por exemplo, para produzir 1 kg de tenébrio (*Tenebrio molitor*), são necessários apenas 18 m². Embora a quantidade exata de água para produzir diferentes espécies de insetos ainda não seja totalmente conhecida, estima-se que seja muito inferior à necessária para a produção de carnes tradicionais. Para produzir a mesma quantidade de carne de vaca, por exemplo, são necessários 254 m² e 22.000 litros de água, podendo chegar a 43.000 litros; para a carne de porco são 63 m² e 3.500 litros; e para o frango, 51 m² e 2.300 litros (Bueno et al., 2020; Raheem et al., 2019).

Um estudo realizado por Huis et al. (2013) verificou-se que os grilos precisam de menos de 2 kg de ração para ganhar 1 kg de peso corporal. Em comparação, a quantidade de ração necessária para aumentar 1 kg de peso corporal é de cerca de 2,5 kg para frango, 5 kg para carne de porco e até 10 kg para carne bovina. Até 80% da massa de muitos insetos comestíveis é utilizada, sugerindo uma redução significativa na perda de alimentos, diferente do que ocorre nos bovinos, suínos e frangos, onde apenas 40 e 55% da massa é ingerida e digerida por humanos (Heckmann et al., 2018). A figura 3 cita algumas outras vantagens da criação de insetos para consumo, em relação a criação de boi, porco e ave, segundo Zhu et al. (2022).

A produção e o consumo de alimentos de origem animal geram impactos ambientais significativos, especialmente no caso dos ruminantes. Quando se comparam os efeitos ambientais de diferentes sistemas de produção animal, como por exemplo o potencial de aquecimento global, a proteína proveniente de insetos surge como uma alternativa promissora para reduzir o impacto ambiental da alimentação humana. Ela pode atender à crescente demanda por proteína animal sem exigir grandes áreas de desmatamento. Além disso, se os insetos forem consumidos diretamente como alimento, podem desempenhar um papel importante na redução das emissões de gases de efeito estufa ao longo de toda a cadeia alimentar (Lee et al., 2023).

Zielińska et al. (2021) relatam que os insetos emitem menos gases de efeito estufa por unidade de proteína em comparação com a pecuária tradicional, além disso, a digestão de insetos resulta em menores emissões de metano, um gás de efeito estufa extremamente potente. Sua criação gera níveis mais baixos de amônia, um poluente frequentemente associado à pecuária, responsável por 14,5% das emissões de gases de efeito estufa (Hadi e Brightwell, 2021).

Figura 3: Benefícios da criação de insetos em relação a criação de boi, porco e ave.



Fonte: Zhu et al., 2022.

A criação de insetos é uma prática econômica que promove o uso de subprodutos alimentares, criando um ciclo sustentável no qual os subprodutos servem de alimento para os próprios insetos. Nesse modelo, sobras da indústria alimentícia, como cascas de frutas, restos de vegetais e outros resíduos orgânicos, são reaproveitados, aliviam o desperdício e promovem a eficiência na utilização de recursos. Os insetos, que se alimentam desses subprodutos, tornam-se uma excelente fonte de proteína e nutrientes, tanto para o consumo humano quanto para a alimentação animal (Frigerio et al., 2020).

3.4 VALOR NUTRICIONAL

Os insetos são altamente nutritivos e reconhecidos como excelentes fontes de proteínas, lipídios, minerais e vitaminas. A composição desses nutrientes varia conforme a espécie, estágio de vida (ovos, larvas, pupas ou adultos), dieta, origem e sexo do inseto, entre outros fatores (Castro et al., 2018). Em geral, as proteínas e lipídios são os principais componentes encontrados nos insetos. Além disso, são ricos em micronutrientes, incluindo B12, ferro e zinco (Ponce-Reyes et al., 2021).

O teor total de lipídios dos insetos varia de 2% a 62%, e possuem altos níveis de ácidos graxos insaturados, que podem representar até 75% do total de ácidos graxos em sua composição. São ricos em ácidos graxos ômega 6 e ômega 3, compostos que desempenham um papel crucial na saúde e nutrição humanas, são os principais ácidos graxos essenciais, que servem como precursores de outros ácidos graxos, necessários para o funcionamento adequado das células do corpo humano, ajudam a reduzir a hipertensão e doenças autoimunes, além de atuar como agentes anti-inflamatórios e apoiar vários processos neurológicos (Mili cevic et al., 2014).

Os ácidos graxos ômega-3, como o EPA (ácido eicosapentaenoico) e o DHA (ácido docosahexaenoico), contribuem para a redução da inflamação, a diminuição dos níveis de lipídios e o risco de doenças cardiovasculares. Além disso, esses ácidos graxos são essenciais para a saúde cerebral e a função cognitiva, uma vez que desempenham um papel crucial na estrutura e no funcionamento das membranas dos neurônios (Bhatt et al., 2020).

As proteínas são macronutrientes essenciais nos alimentos, servindo como fonte de energia e aminoácidos, desempenhando um papel fundamental no crescimento e manutenção do corpo. Além disso, elas influenciam diversas propriedades físico-químicas e sensoriais dos alimentos, podendo atuar como ingredientes funcionais e promotores da saúde (Pikosky et al., 2022). As proteínas estão presentes em quantidades significativas, com concentrações de 20 a 76 g/ 100g de insetos em peso seco, dependendo do estágio de desenvolvimento. A qualidade da proteína de um alimento é determinada pela quantidade de aminoácidos essenciais que ele fornece, sendo que algumas espécies de insetos são ricas em lisina, treonina e triptofano, e pela sua capacidade de suprir as necessidades do organismo para o desenvolvimento e manutenção das funções corporais, além de sua digestibilidade proteica. A qualidade da proteína dos insetos é comparável à da caseína e da soja (Komatsu et al., 2023).

Os aminoácidos são componentes fundamentais das proteínas no corpo humano, desempenhando papéis essenciais e variados em sua funcionalidade. Os aminoácidos essenciais, como a histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina, não podem ser sintetizados pelo organismo e, portanto, precisam ser obtidos por meio da dieta. Em contrapartida, o corpo é capaz de produzir os aminoácidos não essenciais, que incluem alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutâmico, glicina, prolina, serina e tirosina (Gavelle et al., 2017).

Devido ao seu perfil de aminoácidos, que satisfaz a ingestão diária recomendada de aminoácidos essenciais, os insetos se apresentam como uma alternativa viável à carne. Eles oferecem uma opção nutricional valiosa para aqueles que optam por não consumir carnes convencionais, podendo assim melhorar significativamente a qualidade nutricional das dietas humanas (Hartmann et al., 2018)

A digestibilidade da proteína dos insetos pode variar entre 75% e 98%, sendo ligeiramente inferior à da proteína animal, que é de 95% para ovos, 98% para carne bovina e 99% para caseína, mas consideravelmente superior à maioria das proteínas vegetais (Komatsu et al., 2023). No entanto, a remoção da quitina, um polissacarídeo classificado como fibra alimentar, compõe a cutícula e o exoesqueleto dos insetos, podendo representar até 50% dos carboidratos presentes neles, tende a melhorar ainda mais essa digestibilidade e a disponibilidade de aminoácidos. Em alguns casos, a quitina também pode causar inflamação tecidual ao ativar a expressão de quitinases no hospedeiro, resultando em reações alérgicas em pessoas sensíveis a esse composto (Castro et al., 2018).

Segundo Imathiu (2020), a inclusão de insetos comestíveis na dieta humana pode fornecer altos níveis de micro e macronutrientes, muitas vezes superiores aos dos alimentos de origem animal. Os insetos contêm, por exemplo, mais cálcio e ferro do que a carne bovina, a de frango ou de porco. Esse potencial tem sido alvo de debates sobre sustentabilidade e os alimentos do futuro. Várias espécies também contêm níveis relativamente altos de vitaminas do complexo B (riboflavina, ácido pantotênico e biotina).

3.5 SEGURANÇA E ACEITAÇÃO DOS INSETOS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Os insetos comestíveis são frequentemente caracterizados por uma elevada carga microbiana, o que significa que podem abrigar uma variedade de microrganismos, incluindo bactérias e fungos. Além disso, esses organismos podem ser portadores de toxinas, alérgenos, patógenos e parasitas, os quais podem representar riscos significativos à saúde. Assim como ocorre com qualquer outro alimento, a segurança dos insetos consumidos depende de especificações de princípios de manejo e processamento. Se essas informações não forem controladas e submetidas a processos que garantam sua segurança, existe o potencial para a ocorrência de surtos alimentares e reações adversas entre os consumidores. Portanto, é essencial que medidas sejam tomadas para garantir que os insetos forneçam uma alternativa alimentar segura e saudável (Stoops et al., 2016).

A diversidade da composição dos insetos comestíveis inclui substâncias ou fitoquímicos que defendem os insetos de predadores, atraem parceiros durante o acasalamento, ajudam na caça e alimentação (Ojha et al., 2021). Mas alguns desses fitoquímicos são chamados de compostos antinutricionais, que são substâncias naturais presentes nos alimentos e podem inibir a ingestão, digestão, absorção e utilização de macronutrientes e micronutrientes, além de produzir efeitos adversos à saúde dos consumidores. Foi relatado que algumas espécies de insetos comestíveis contêm tais antinutrientes, incluindo alcalóides, saponinas, taninos, oxalato, fitato e hidrocianeto (Lange, 2021).

A presença de contaminantes em insetos é determinada por fatores como o ambiente em que vivem, a presença de metais pesados e pesticidas e por sua dieta. A transferência e bioacumulação desses contaminantes dependem de diversos fatores, como o tipo específico de substância química, a espécie de inseto, o estágio de desenvolvimento e a origem do contaminante. Insetos criados em ambientes controlados para consumo humano geralmente apresentam níveis mais baixos de contaminantes químicos em comparação com os coletados na natureza. No entanto, as concentrações químicas nesses insetos ainda podem ultrapassar os limites seguros para consumo (Meyer et al., 2021). Assim, é fundamental desenvolver métodos de processamento eficazes para melhorar a aceitação do consumidor e eliminar possíveis patógenos em ingredientes alimentares à base de insetos. Implementar uma etapa de processamento adequada, como o tratamento térmico, é crucial para assegurar a segurança na produção de alimentos derivados de insetos. A presença e o nível de contaminantes em insetos

comestíveis são afetados por fatores como a espécie de inseto, o estágio de colheita, o tipo de substrato utilizado na alimentação e os métodos de produção empregados (Samuel et al., 2019).

As preferências e aversões alimentares humanas são formadas por inúmeros fatores experienciais, culturais e pessoais. O medo e a relutância dos consumidores ocidentais em experimentar insetos geralmente resultam de uma repulsa, frequentemente associada à percepção de que insetos estão ligados à sujeira, doenças, contaminação e degradação de alimentos (Schäufele et al., 2019, Wassmann et al., 2021).

Como maneira de reduzir a aversão do consumidor por insetos comestíveis, várias pesquisas de consumidores sobre entomofagia propuseram o uso de insetos processados como ingredientes invisíveis em produtos alimentícios (Fischer, 2021, Schäufele et al., 2019). Estudos apontam que os produtos alimentícios à base de insetos são apreciados pelos ocidentais devido aos benefícios específicos que os insetos trazem a esses produtos, como alto teor de proteína, benefícios à saúde e propriedades sensoriais específica (Mishyna et al., 2020).

Segundo Menozzi (2021), ter fortes convicções sobre os benefícios à saúde do consumo de insetos, juntamente com a conscientização dos efeitos ambientais positivos, exercem influência positiva na intenção e atitude de consumi-los. Embora tanto os motivos de saúde quanto os ambientais estejam positivamente associados à compra de alimentos, ao serem comparados diretamente, o motivo de saúde mostrou ser um fator mais determinante no comportamento de consumo.

Um fato pouco explorado é a curiosidade alimentar, que se refere à tendência natural de uma pessoa para explorar, conhecer e experimentar alimentos novos e desconhecidos. Um estudo recente identificou que a curiosidade é um preditor-chave da disposição de experimentar alimentos à base de insetos (Perkovic et al., 2022).

Para aumentar a acessibilidade do uso de insetos como fonte de alimento, uma das estratégias mais eficazes é descaracterizá-los, apresentando seus componentes de uma maneira que seja mais familiar ao consumidor. Isso pode ser realizado por meio da utilização de seus componentes como ingredientes em diversos produtos alimentares, que vai enriquece-los nutricionalmente, ou como suplementos alimentares (Zugravu, 2023).

3.6 INSETOS COMO INGREDIENTES ALIMENTARES

Com um perfil nutricional diversificado, os insetos se destacam como uma fonte alimentar atraente, especialmente em um cenário global de demanda crescente por alternativas sustentáveis e nutritivas. Devido ao seu alto teor proteico, eles podem ser incorporados em receitas, substituindo parcialmente ou totalmente ingredientes convencionais na formulação de diversos alimentos (Fasolin et al., 2019).

Segundo Meyer et al. (2021), é importante destacar que a composição nutricional e as propriedades tecnofuncionais dos ingredientes à base de insetos podem variar em função de diversos fatores, como a alimentação dos insetos durante a criação, o processamento para a obtenção de farinhas comercializáveis e tratamentos adicionais para extrair compostos valiosos, como gordura, proteína ou quitina. A otimização da dieta e do processamento dos insetos são estratégias valiosas que devem ser investigadas para aprimorar o perfil nutricional e a funcionalidade das refeições à base de insetos, além de facilitar sua integração em receitas já conhecidas pelos consumidores ocidentais (Meyer-Rochow et al., 2021).

O uso de insetos em alimentos, especialmente em produtos de panificação, tem sido amplamente estudado com o objetivo de enriquecer esses produtos e melhorar a aceitação pelos consumidores. Alimentos processados, como almôndegas, salsichas e hambúrgueres, também podem ser preparados utilizando proteína de inseto. Em alguns estudos, os pesquisadores moeram os insetos para obter farinhas; em outros, removeram os lipídios com solventes orgânicos para criar farinhas desengorduradas, ou extraíram proteínas dos insetos para produzir concentrados ou isolados de proteína, dependendo da concentração final de proteína desejada (Borges et al., 2022). A Tabela 2 apresenta uma visão detalhada sobre a utilização de insetos como ingredientes alimentares em uma variedade de produtos. Essa tabela destaca não apenas os diferentes tipos de insetos usados, mas também suas aplicações e melhorias nos alimentos.

Tabela 2- Aplicação de proteínas de insetos como ingrediente alimentar.

Inseto	Produto Alimentício	Melhorias	Referências
<i>Schistocerca gregaria</i> e	Concentrados proteicos	Estabilidade de espuma superior em comparação com as proteínas do soro de leite	Mishyna et al., 2019.

<i>Apis mellifera</i>			
<i>Ascra cordifera e Brachygastra melifica</i>	Concentrados proteicos	Concentração de aminoácidos essenciais dentro da recomendação estabelecida pela FAO/OMS. Estabilidade física das emulsões.	Baigts-Allende et al., (2021)
<i>Tenebrio molitor</i>	Concentrados proteicos	Espuma firme e fofa com alta estabilidade, e melhora da emulsificação.	Berthelot et al., (2024)
<i>Hermetia illucens e Apis mellifera</i>	Produtos lácteos fermentados	Alto teor de gordura e proteína.	Neves et al., (2024)
<i>Tenebrio molitor e Bombyx mori</i>	Salsicha	Aumentou o rendimento de cozimento e a firmeza das salsichas.	Kim et al., (2016)
<i>Zophobas morio</i>	Salsichas cozidas	Menores perdas por cozimento e estabilidade de emulsão adequada.	Scholliers et al., (2020)
<i>Tenebrio molitor</i>	Pão	Maior teor de proteína e fibras.	González (2019).
<i>Gryllus assimilis</i>	Pão sem glúten	Mais proteína, maior porosidade, maior teor de lipídios e melhor desempenho na melhoria da coesão e elasticidade	Machado et al. (2019)

3.7 CONCENTRADOS PROTEICOS

Os concentrados de proteína são uma alternativa viável derivada de diversas fontes, como laticínios, plantas e insetos. Eles são produzidos através da remoção de componentes não proteicos dos alimentos utilizando soluções alcoólicas (aquosas), como 1-butanol, álcool isopropílico, etanol, entre outras, além de soluções ácidas ou básicas. Entre os componentes removidos estão carboidratos, minerais, fatores antinutricionais e compostos nitrogenados de baixo peso molecular (Cruz-Silos et al. 2019). A figura 4 apresenta um concentrado proteico feito com grilos.

Figura 4: a) Concentrado proteico à base de grilos b) grilos usados para fazer o concentrado proteico.



Fonte: Júnior et al., 2020.

Mishyna et al. (2019) estudaram os concentrados proteicos de *Schistocerca gregaria* (gafanhotos comestíveis) e *Apis mellifera* (abelhas), que exibiram uma capacidade emulsificante semelhante à das proteínas do soro de leite, e grande estabilidade emulsificante após 2 horas. A capacidade de formação de espuma do concentrado proteico de *S. gregaria* também foi semelhante à da proteína do soro de leite, e as proteínas de ambos os insetos apresentaram estabilidade de espuma superior em comparação com as proteínas do soro de leite. Além disso, as proteínas de ambos os insetos de apresentarem composição bem balanceada de aminoácidos essenciais e não essenciais, o que atendeu aos valores recomendados pela FAO. O potencial das proteínas de insetos como substitutos das proteínas do leite na formulação de alimentos é grande, como visto nesse estudo.

Baigts-Allende et al. (2021), estudaram a extração de concentrados de proteína de insetos de duas espécies mexicanas de insetos comestíveis, sendo elas: *Ascra cordifera*, o jumil adulto também conhecido como percevejo e *Brachygastra melifica*, as larvas de vespa. Estudaram sua estrutura proteica e funcionalidade (capacidade emulsificante) e compararam com a de larvas de mosca soldado negra. Os três concentrados obtidos dos insetos foram considerados de boa qualidade nutricional, devido a sua concentração de aminoácidos essenciais que estava dentro da recomendação estabelecida pela FAO/OMS para crianças. As emulsões estabilizadas por concentrado de jumil e concentrado de larvas de vespa apresentaram maior estabilidade física do que aquelas de larvas de mosca de soldado negro.

O estudo feito por Berthelot et al. (2024) teve como objetivo comparar a composição aproximada, o perfil proteico, a estrutura e as propriedades de formação de espuma de dois diferentes concentrados de proteína de bicho-da-farinha (*Tenebrio molitor*): um com uma fração lipídica residual e o outro sem lipídios residuais detectáveis. Os pesquisadores concluíram que a remoção completa de lipídios residuais de um concentrado de proteína de larva da farinha levou a uma distribuição de tamanho de partícula modificada e à diminuição da hidrofobicidade da superfície. Também melhorou significativamente as propriedades de formação de espuma de proteína, levando a uma espuma firme e porosa com alta estabilidade, além de apresentar melhora na emulsificação.

3.8 FARINHA DE INSETOS

Certas espécies de insetos podem ser incorporadas na forma de pó em produtos, oferecendo nutrientes adicionais que visam melhorar o valor nutricional dos alimentos, corrigir deficiências em nutrientes ou minerais, e aumentar as propriedades benéficas à saúde. Atualmente, muitos produtos alimentares comerciais são enriquecidos com proteínas provenientes de grãos, como centeio ou aveia, e também de leguminosas. Nesse contexto, os insetos se destacam por serem mais ricos em proteínas do que feijões (23,5%), lentilhas (26,7%) ou soja (41,1%), apresentando teores que vão de 35% a 61% desse macronutriente (Kim et al., 2016). A Figura 5 apresenta exemplos de salsicha e pão que contém farinha de insetos na composição.

Figura 5: Salsicha feita com 5 e 10% de farinha de larva de mosca soldado-negro e pão feito com farinha desengordurada da larva de mosca-soldado-negra, produzidos na USP.



Fonte: Trindade et al., 2023.

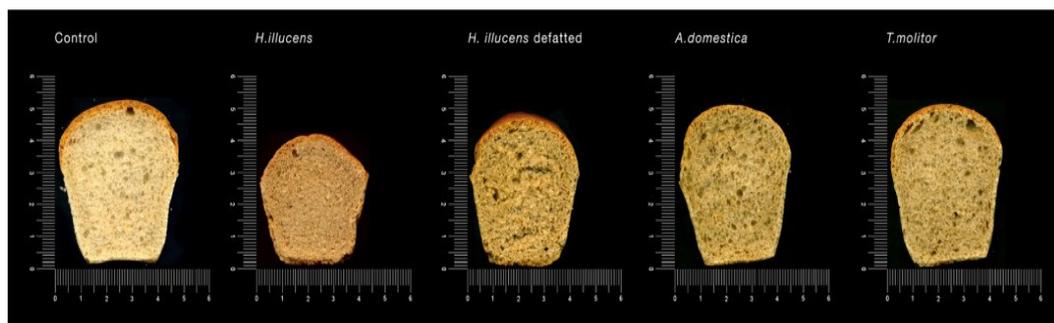
O estudo feito por Neves et.al (2024), teve como objetivo explorar o potencial da incorporação de farinha de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) e abelha zangão (*Apis mellifera*) como fontes sustentáveis de proteína em produtos lácteos fermentados, como substituto do leite em pó. A adição de farinha de insetos não impactou negativamente a composição nutricional, físico-química e microbiológica do produto lácteo fermentado. Ambas as farinhas possuem alto teor de gordura e proteína, com mosca soldado negra contendo 23% de gordura e 40% de proteína, e cria de zangão contendo 26% de gordura e 33% de proteína. O teor total de fibra alimentar é de aproximadamente 3% para a farinha de mosca soldado negra e 5% para a farinha de cria de zangão. Produtos lácteos fermentados suplementados com farinha de insetos têm maior teor de gordura, pois a farinha de insetos contém 23–26% de gordura, enquanto o leite em pó tem apenas 0,9% de gordura. Não foram encontradas diferenças significativas para os teores de proteína e carboidrato, os quais apresentaram valores médios de 4,7% e 13,4%, respectivamente.

Kim et al. (2016), avaliaram a substituição de 10% da carne de porco magra em salsichas de emulsão por farinhas de larvas de bicho-da-farinha (*Tenebrio molitor*) e pupas de bicho-da-seda (*Bombyx mori*). Essa substituição aumentou o rendimento de cozimento e a firmeza das salsichas, demonstrando o potencial uso dessas farinhas de insetos como um novo ingrediente proteico. Em estudo feito por Scholliers et al., (2020), a carne de porco foi parcialmente substituída (5–50%) por farinha de larvas do besouro (*Zophobas morio*) na produção de salsichas cozidas. O uso de 5% a 10% dessa farinha resultou em menores perdas por cozimento

e manteve uma estabilidade de emulsão adequada em comparação com as salsichas feitas exclusivamente com carne de porco.

A inclusão da farinha de larva-da-farinha (*Tenebrio molitor*) em massas de pão em níveis de substituição de 5 e 10% de farinha de trigo mole (*Triticum aestivum*) foi testada para produzir pães fortificados com proteína. O pão fortificado com 10% da farinha do inseto apresentou parâmetros de textura, cor e volume específico semelhante ao do pão feito com farinha de trigo, além de maior teor de proteína e fibras e aumento significativo no conteúdo de aminoácidos livres. Os pães contendo 5% de farinha de larva-da-farinha apresentaram o maior volume específico e a menor firmeza (González, 2019). A figura 6 apresenta os pães feitos com a substituição de 5% de farinha de trigo por diferentes farinhas de insetos.

Figura 6: Corte transversal de pães produzidos com a substituição de 5% da farinha de trigo por diferentes farinhas de insetos.



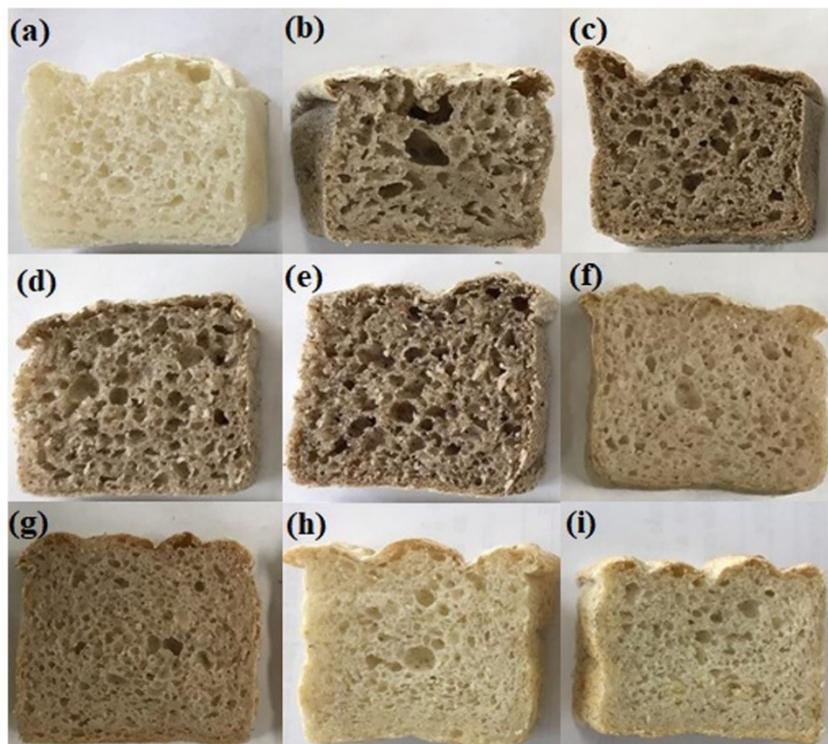
Fonte: González, 2019.

O objetivo do estudo realizado por Machado et al. (2019) foi caracterizar o pó de grilo (*Gryllus assimilis*) por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, além de avaliar seus efeitos nas propriedades tecnológicas de pães sem glúten, comparando-os com fontes proteicas comumente utilizadas em formulações sem glúten: farinhas de leguminosas (lentilha – *Lens culinaris*) e de pseudocereais (trigo sarraceno – *Fagopyrum esculentum* Moench) (Figura 7). Três fontes de proteína foram utilizadas (pó de grilo, lentilha e trigo sarraceno), adicionadas nas proporções de 10% e 20% com base na farinha (farinha de arroz e amido de milho) e comparadas com uma amostra controle que não continha nenhuma fonte proteica. O pó de grilo, em base seca, apresentou a seguinte composição: proteína, $62,76 \pm 1,12\%$ (nitrogênio não proteico, $0,75 \pm 0,01\%$); lipídios, $20,96 \pm 0,28\%$; fibras alimentares, $8,42 \pm 0,75\%$; cinzas, $3,19$

$\pm 0,04\%$ e umidade, $9,70 \pm 0,06\%$. Em comparação com as farinhas de lentilha e trigo sarraceno, o pó de grilo apresentou maiores capacidades de retenção de água e óleo.

Os autores observaram que o enriquecimento com pó de grilo aumentou a dureza e a mastigabilidade do pão, devido à formação de uma estrutura mais estável em comparação ao controle. Os pães contendo pó de grilo apresentaram quantidades significativamente maiores de proteína, maior porosidade, maior teor de lipídios e melhor desempenho na melhoria da coesão e elasticidade. O pão com alta coesão mantém sua integridade durante o fatiamento e mastigação, enquanto o pão com alta elasticidade tem a capacidade de retornar à sua forma original após compressão. A adição de 10% de pó de grilo resultou em um aumento de 40% no teor de proteína, em comparação com a amostra controle, além de conter mais de 2,5 vezes mais lipídios. A amostra com 10% de pó de grilo apresentou a menor variação na cor da crosta, sendo a mais semelhante à amostra controle. Os resultados sugerem que é possível produzir pães sem glúten de boa qualidade por meio do enriquecimento com pó de grilo (Machado et al., 2019).

Figura 7: Imagens da estrutura interna de fatias de pão: (a) controle, (b) pó de grilo 10%, (c) pó de grilo 20%, (d) pó de grilo 10% sem óleo, (e) pó de grilo 20% sem óleo, (f) farinha de trigo sarraceno 10%, (g) farinha de trigo sarraceno 20%, (h) farinha de lentilha 10%, (i) farinha de lentilha 20%.



Fonte: Machado et al., 2019.

O macarrão é composto por carboidratos (variando de 74% a 77%) e proteínas (entre 11% e 15%). No entanto, a qualidade da proteína presente é considerada baixa, devido à deficiência em aminoácidos essenciais, especialmente a lisina. Por isso, é vantajoso enriquecer o macarrão com ingredientes que sejam ricos em proteínas e aminoácidos. Duda et al. (2019) incorporaram pó de grilo à formulação de macarrão, avaliaram o impacto dessa adição no valor nutricional, na textura e nas características do produto final. As formulações da massa continham 5%, 10% ou 15% de pó de grilo, sendo denominadas CP5, CP10 e CP15, respectivamente. A massa sem a adição de pó de grilo foi utilizada como referência (R).

A adição de pó de grilo resultou em um aumento significativo no teor de proteína do macarrão, que passou de 9,96% na amostra de referência (R) para 16,92% na formulação CP15. Além disso, o conteúdo de gordura e minerais aumentou conforme a quantidade de pó de grilo foi incrementada. O teor de gordura subiu de 1,31% (R) para 4,73% (CP15), e o conteúdo de minerais passou de 0,86% (R) para 1,46% (CP15). As amostras de macarrão com pó de grilo apresentaram uma coloração mais escura, similar à da massa integral. O peso de cozimento diminuiu, assim como a perda de massa durante o cozimento; no entanto, o tempo de cozimento ideal aumentou. A firmeza das amostras enriquecidas com pó de grilo foi superior à da amostra controle (Duda et al., 2019).

A pesquisa conduzida por Akande et al. (2020) teve como objetivo avaliar as mudanças nutricionais, sensoriais e microbiológicas ao substituir o leite desnatado por 15% de pupas de alfarroba e bicho-da-seda em pó nas formulações de biscoitos de alta energia, como fontes alternativas de proteína. As pupas do bicho-da-seda apresentaram teores de proteína, gordura e energia significativamente superiores aos da alfarroba, enquanto a alfarroba se destacou ligeiramente por ser mais rica em fibras, cinzas e carboidratos. Os biscoitos enriquecidos com insetos não apresentaram defeitos técnicos evidentes em relação à largura, espessura, razão de espalhamento e peso.

Os biscoitos enriquecidos com insetos comestíveis apresentaram ligeiramente menores teores de umidade, proteína e fibra bruta em comparação aos biscoitos feitos com leite desnatado, mas exibiram maiores concentrações de cinzas, refletindo a composição mineral dos produtos. Tanto os biscoitos com leite desnatado quanto os enriquecidos com insetos demonstraram uma taxa de espalhamento relativamente alta. Não foram identificados problemas de segurança nas amostras, pois as qualidades microbiológicas estavam dentro dos limites estabelecidos, tornando-as seguras para consumo. Os resultados do estudo sugeriram

que os pós de pupas de alfarroba e bicho-da-seda são adequados como fontes de proteína na formulação de biscoitos de alta energia (Akande et al., 2020).

Foram avaliadas as propriedades reológicas, tecnológicas e composicionais da panqueca enriquecida com *Acheta domesticus* (AP) nas proporções de 10%, 20% e 30%. A panqueca foi preparada utilizando farinha de trigo, que foi misturada com os ingredientes secos (açúcar, sal e fermento em pó) e água em uma tigela. As claras foram batidas em uma batedeira planetária doméstica e, em seguida, todos os ingredientes foram combinados para obter a amostra de controle (CP). A farinha de trigo foi substituída por 10%, 20% e 30% de AP para as formulações AP10, AP20 e AP30, respectivamente (Bruttomesso et al., 2024)

As amostras de panqueca com diferentes níveis de substituição de AP apresentaram diferenças significativas em relação à amostra de controle (CP) nos parâmetros de dureza, mastigabilidade e coesividade. A adição do pó de inseto alterou a composição da panqueca, aumentando os níveis de fibra (com a fórmula AP30 exibindo um aumento de cerca de 52,9% de fibra em comparação com o CP), proteína e gordura. Os parâmetros de densidade de poros e circularidade também mostraram diferenças significativas entre a amostra de controle e as demais formulações enriquecidas, sendo que a circularidade dos poros foi reduzida, como mostrado na figura 8 (Bruttomesso et al., 2024).

Figura 8: Seções transversais e superiores da amostra de controle (CP) e panquecas com níveis crescentes de farinha de grilo domestico (*Acheta domesticus*) denominadas AP10, AP20 e AP30.



O objetivo do estudo foi avaliar o impacto da fortificação de farinhas de trigo e trigo-sorgo com pó de *Ruspolia differens* (RDP) por meio da elaboração de dez formulações de biscoitos, nas quais as farinhas de trigo e trigo-sorgo foram substituídas por 5%, 15%, 25% e 40% de RDP. Biscoitos elaborados com 100% de farinha de sorgo apresentaram uma textura áspera e seca, o que pode não ser atrativo para os consumidores. Por esse motivo, o teste foi realizado combinando farinha de sorgo com farinha de trigo, além da farinha de trigo (Ronoh et al., 2025).

Ronoh et al. (2025) observaram que a temperatura de gelatinização das farinhas de trigo e trigo-sorgo aumentou, enquanto as viscosidades máximas, a velocidade de quebra e a viscosidade de recuo diminuíram. Os biscoitos ficaram significativamente mais escuros ($p < 0,05$) à medida que a quantidade de RDP substituía as farinhas de trigo-sorgo e trigo, com níveis variando de 5% a 40%, em comparação com os biscoitos feitos com 100% de cereais. A substituição de RDP resultou em uma redução no peso e na leveza dos biscoitos. Além disso, houve uma queda significativa na elasticidade, coesividade, gomosidade, adesividade e estabilidade da massa, com um aumento no tempo de desenvolvimento da massa e uma diminuição na absorção de água. A preferência pelos biscoitos de trigo com 5% de RDP foi equivalente à preferência pelos biscoitos de trigo-sorgo com 0% de RDP. Os demais biscoitos, incluindo o de 100% trigo, foram igualmente aceitos e apreciados.

O estudo conduzido por Saetae (2025) teve como objetivo investigar as propriedades do extrato de proteína de pupa de bicho-da-seda Eri e seu impacto na qualidade do sorvete de chocolate, ao adicionar concentrações desse extrato que variaram de 1% a 5% (p/p) na formulação. Os demais ingredientes foram incorporados nas seguintes proporções por 100 g de mistura: 0,75% de mistura estabilizadora-emulsificante, 5% de sacarose, 3% de dextrose, 6% de cacau em pó, 0,8% de sabor de chocolate e leite de vaca integral para completar a formulação. A proteína foi o principal componente das pupas do bicho-da-seda Eri, representando aproximadamente 55,8% da composição total em base de peso seco, seguida pela gordura, que constituiu 25,6%.

A adição do extrato de proteína de pupa de bicho-da-seda Eri impactou de forma significativa a qualidade do sorvete com concentrações mais altas de extrato, resultando em menor overrun (o volume de incorporação de ar na massa), maiores taxas de derretimento,

maior viscosidade e uma cor mais clara nas misturas de sorvete de chocolate. A avaliação sensorial não indicou efeitos adversos na aparência, sabor ou gosto do produto (Saetae,2025).

Cinco diferentes soluções de salmoura foram preparadas e rotuladas por Kim et al. (2025) da seguinte forma: Controle (sem insetos), WB (corpo inteiro), SS (tampão salino e sobrenadante), SR (tampão salino e resíduo), DS (água destilada e sobrenadante) e DR (água destilada e resíduo). O controle continha 5% de NaCl, enquanto a solução WB consistia em uma salmoura de 5% com larvas inteiras moídas. Foram selecionadas aleatoriamente 36 fatias de lombos de porco, cortadas com espessura uniforme (aproximadamente 2,54 cm e 150 g). A salmoura foi aplicada em todas as fatias usando uma seringa única, com o objetivo de aumentar o peso das amostras em 40%, resultando em uma concentração final de 2% de sal na carne injetada. Os parâmetros analisados incluíram os níveis de pH, cor, índice de fração miofibrilar, solubilidade de proteínas, características de desnaturação térmica, rendimento de processamento, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento e oxidação lipídica.

O tratamento DR apresentou o menor pH, enquanto o DS teve o maior pH. Os valores de pH das amostras de lombo de porco mostraram diferenças significativas após o tratamento com insetos ($p < 0,05$). Os tratamentos com extratos de insetos resultaram em um amaciamento aprimorado, evidenciado pelos menores valores de força de cisalhamento. Além disso, os lombos de porco tratados com insetos apresentaram um valor de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) inferior ao do controle, maior capacidade de retenção de água e menor oxidação lipídica, sugerindo um potencial para maior vida útil e melhor qualidade nutricional (Kim et al., 2025). De acordo com Zhou et al. (2022), o relaxamento do tecido conjuntivo pode ser a explicação para o aumento da maciez do lombo de porco em salmoura, pois as enzimas digestivas presentes nos extratos de insetos comestíveis podem atuar como amaciantes naturais eficazes.

3.9 APLICAÇÃO NA SAÚDE

Entomoterapia refere-se ao uso de insetos e seus produtos derivados para fins terapêuticos. Esses insetos contêm compostos naturais com diversas propriedades biológicas, como atividades antibacterianas, antifúngicas, antivirais, anticancerígenas, antioxidantes, anti-inflamatórias e imunomoduladoras. Além do alto valor nutricional, os insetos são utilizados no tratamento de várias doenças. Podem ser administrados de diversas formas; vivos, cozidos, moídos, em infusões, emplastros, pomadas e unguentos, tanto na medicina curativa quanto

preventiva, além de serem incorporados em rituais religiosos conforme as tradições locais. Na medicina tradicional, algumas espécies são empregadas para tratar condições inflamatórias e infecções (Stull et al., 2018).

Cerca de 1.000 informações foram documentadas com propriedades medicinais em diversas regiões do mundo, incluindo África, Índia, Japão, Coreia, América do Sul, Espanha, Tibete e Turquia. Insetos das ordens Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera apresentam componentes bioativos que demonstram atividades anti-inflamatórias (Tan et al., 2019).

Alimentos com alto teor de antioxidantes, como frutas e vegetais, são fundamentais na prevenção de doenças ligadas ao estresse oxidativo, como problemas cardíacos, diabetes e câncer, assim como o processo degenerativo associado ao envelhecimento. Espécies como grilos, gafanhotos, bichos-da-seda, lagartas africanas e cigarras noturnas possuem uma capacidade antioxidante até 2 a 3 vezes maior do que a do suco de laranja e azeite de oliva - alimentos funcionais amplamente conhecidos por seu papel na regulação da atividade antioxidante no organismo humano (Faroud et al., 2014).

Estudos feitos por Dutta et al. (2016) sugeriram que o extrato aquoso de *Vespa Affinis* pode ser usado como composto terapêutico contra distúrbios de saúde associados ao estresse oxidativo. Em outra pesquisa, feita por Latunde-Dada et al. (2016) descobriu-se que o consumo de insetos como gafanhotos, grilos e larvas de farinha pode ser uma fonte excepcional de ferro biodisponível e pode aumentar a ingestão de minerais (Ca, Cu, Mg, Mn, Zn etc.).

Stull et al. (2018) estudaram o potencial dos grilos na saúde, pois além dos altos níveis de proteína, os grilos contêm quitina e outras fibras que podem influenciar a saúde intestinal. Os participantes do estudo consumiram no café da manhã 25 g de pó de grilo por 2 semanas, o que apoiou o crescimento da bactéria probiótica e reduziu os níveis circulantes da citocina pró-inflamatória TNF- α no plasma de 20 adultos saudáveis.

Um estudo conduzido por Nipate et al. (2015), mostrou que o veneno extraído de *Apis dorsata*, uma abelha gigante da família Apidae, apresenta atividade anti-inflamatória contra a inflamação induzida por carragenina (0,1 mL de 1,0%) em ratos Wistar. Os pesquisadores observaram que o veneno da abelha (*Apis dorsata venom* - ADBV) na dose de 1,5 mg/200 mg inibiu de forma significativa a inflamação causada pela carragenina, reduzindo o edema na pata

traseira dos ratos em comparação com o grupo controle tratado com indometacina. Além disso, o ADBV na dose de 1 mg/200 g também diminuiu o granuloma gerado por pelotas de algodão, reduzindo o peso do exsudato. Os testes de toxicidade mostraram que não houve mortalidade entre os ratos Wistar nas doses de ADBV utilizadas para o tratamento (Nipate et al., 2015).

Uma proteína denominada CHP, isolada de *Aspongopus chinensis*, mostrou potencial atividade anticancerígena contra o câncer gástrico. O tratamento com CHP nas concentrações de 20, 30 e 40 µg/mL durante 48 horas alterou a morfologia das células de câncer gástrico SGC-7901 e BGC-823, observando-se principalmente a condensação citoplasmática e o encolhimento celular. Além disso, o tratamento com CHP reduziu a capacidade de proliferação celular de ambas as linhagens de forma dependente da dose e do tempo (Tan et al., 2019).

O inseto da espécie *Coridius chinensis* possui uma variedade de efeitos medicinais, sendo suas principais funções a regulação do qi, alívio da dor, e a capacidade de aquecer o organismo e restaurar a energia yang. Na medicina chinesa moderna, é frequentemente combinado com outras terapias tradicionais para tratar diversas condições, como dores de estômago, dores associadas ao câncer e impotência. Além disso, *Coridius chinensis* tem sido eficaz no tratamento de dor no peito, dor epigástrica, dor de estômago frio e cólicas biliares (Chen et al., 2020, Qiu et al., 2020).

4 CONCLUSÃO

O uso de insetos como alternativa proteica tem se mostrado uma excelente opção para atender à crescente demanda por proteínas, gerada pelo aumento da população global. É uma fonte de proteína de alta qualidade, pode fornecer altos níveis de micro e de outros macronutrientes, muitas vezes superiores aos dos alimentos de origem animal, além de apresentarem vantagens sustentáveis em comparação com fontes convencionais. Contudo, a introdução de insetos na indústria alimentícia ainda enfrenta desafios, como a aversão à sua inclusão nas dietas, frequentemente considerando esses alimentos como repulsivos e arriscados. Uma das alternativas para lidar com essa questão é fornecer informações como uma maneira de aumentar a disposição dos consumidores para adotar a prática da entomofagia e também o uso dos insetos como ingredientes tecnofuncionais na formulação de diversos alimentos já conhecidos, como salsicha, pães, biscoitos, entre outros, melhorando propriedades como emulsificação, formação de espuma, gelificação, e enriquecendo o teor nutricional.

5 REFERENCIAS

- ADEGBOYE, A. R. A.; BAWA, M.; KEITH, R.; TWEFIK, S.; TEWFIK, I. Edible insects: Nutrient-rich sustainable food to combat food insecurity and malnutrition. *World Nutrition*, p. 176-189, 2021.
- AKANDE, A. O.; JOLAYEMI, O. S.; ADELUGBA, V. A.; AKANDE, S. T. Silkworm pupae (*Bombyx mori*) and locusts as alternative protein sources for high-energy biscuits. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v. 23, n. 1, p. 234-241, 2020.
- AZZOLLINI, D.; DEROSI, A.; FOGLIANO, V.; LAKEMON, C. M. M.; SEVERINI, C. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 45, p. 344-353, 2018.
- BAIGTS-ALLENDE, D.; SEDAGHAT DOOST, A.; RAMÍREZ-RODRIGUES, M.; DEWETTINCK, K.; VANDER MEEREN, P.; MEULENAER, B.; TZOMPA-SOSA, D. Insect protein concentrates from Mexican edible insects: Structural and functional characterization. *LWT - Food Science and Technology*, v. 152, 2021.
- BENIWAL, A.; DAS, M. Nutrients content of mulberry silkworm pupa powder. *International Conference on Natural Farming for Revitalizing Environment and Resilient Agriculture (NFRERA)*, Manipur, 17-19 mar. 2023, p. 261.
- BERTHELOT, U.; BARROT, J.; PINEL, G.; DOYEN, A. How the presence of residual lipids in a yellow mealworm protein concentrate affects its foaming properties? *Food Science*, v. 8, p. 100763, 2024.
- BHATT, P. Perceived Organizational Culture across Generation, Tenure, and Gender- An Exploratory Study, *Organization Development Journal*, Vol. 38, No. 1, pp. 9-20, 2020.
- BINCONCINI-JÚNIOR, A.; RODRIGUES, H.; BEHRENS, J. H.; LIMA, V. S.; DA SILVA, M. A. A. P.; DE OLIVEIRA, M. S. R.; JANUÁRIO, L. A.; DELIZA, R.; NETTO, F. M.; MARIUTTI, L. R. B. Examining the role of regional culture and geographical distances representation of unfamiliar foods in a continental-size country. *Food Quality and Preference*, v. 79, 2020.
- BOAKYE-YIADOM, K. A.; ILARI, A.; DUCA, D. Greenhouse gas emissions and life cycle assessment on the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.). *Sustainability*, v. 14, p. 10456, 2022.
- BORGES, M. M.; COSTA, D. V.; TROMBETE, F. M.; CÂMARA, A. K. F. I. Edible insects as a sustainable alternative to food products: An insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, v. 46, p. 100864, 2022.
- BUENO, E. T.; CARVALHO, B. A. P.; SOUZA, M. M. Marimbondos (Hymenoptera, Vespidae) como fonte de alimentação humana no Brasil: Uma revisão de literatura. *Ethnoscintia - Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology*, v. 5, n. 1, 2020.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 623, de 9 de março de 2022. Dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas

em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 110, de 24 de novembro de 2020. Publica a lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes, aditivos e veículos para uso na alimentação animal. Brasília, DF, 04 dez. 2020.

BRUTTOMESSO, M.; BIANCHI, F.; PASQUALONI, I.; RIZZI, C.; SIMONATO, B. Evaluation of the technological and compositional features of pancakes fortified with *Acheta domestica*. *LWT*, v. 199, 2024.

CASTRO, R. J. S.; OHARA, A.; AGUILAR, J. G. S.; DOMINGUES, M. A. F. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends in Food Science & Technology*, v. 76, p. 82-89, 2018.

CHEN, W. T.; ZHOU, W. B.; GU, Y. N. Coridius Decoction increases penile erection hardness, IIEF-5 scores and testosterone level in patients with erectile dysfunction. *National Journal of Andrology*, v. 26, n. 12, p. 1124–1128, 2020.

CRUZ-SOLIS, I.; IBARRA, H. C. C.; ROCHA, P. M. D. R.; LUNA, V. D. Alkaline extraction–isoelectric precipitation of plant proteins. In: *Green Protein Processing Technologies from Plants: Novel Extraction and Purification Methods for Product Development*, p. 1–29, 2019.

DE, P.; CHATTOPADHYAY, N. Effects of malnutrition on child development: Evidence from a backward district of India. *Clinical Epidemiology and Global Health*, v. 7, n. 3, p. 439–445, 2023.

DING, J.; ZHANG, Z. R.; ZHAO, Y. L.; DAI, W.; SUN, H. J.; ZHAO, L.; XING, D.; REN, N.; WU, W. M. Gut microbiome associating with carbon and nitrogen metabolism during biodegradation of polyethylene in *Tenebrio larvae* with crop residues as co-diets. *Environmental Science & Technology*, v. 57, n. 8, p. 3031–3041, 2023.

DUDA, A.; ADAMCZAK, J.; CHEŁMIŃSKA, P.; JUSZKIEWICZ, J.; KOWALCZEWSKI, P. Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, v. 8, n. 2, p. 46, 2019.

DUTTA, P.; DEY, T.; MANNA, P.; KALITA, J. Antioxidant potential of *Vespa affinis* L., a traditional edible insect species of North East India. *PLOS ONE*, v. 11, n. 5, e0156107, 2016.

EL KNIDRI, H.; BELAABED, R.; ADDAOU, A.; LAAJEB, A.; LAHSINI, A. Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 120, p. 1181–1188, 2018.

FAO. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050, 2018.

FOROUDI, S.; POTTER, A. S.; STAMATIKOS, A.; PATIL, B. S.; DEYHIM, F. Drinking orange juice increases total antioxidant status and decreases lipid peroxidation in adults. *Journal of Medicinal Food*, v. 17, p. 612–617, 2014. DOI: 10.1089/jmf.2013.0034.

FASOLIN, L. H.; PEREIRA, R. N.; PINHEIRO, A. C.; MARTINS, J. T.; ANDRADE, C. C. P.; RAMOS, O. L.; VICENTE, A. A. Emergent food proteins – Towards sustainability, health and innovation. *Food Research International*, v. 125, 2019.

FERNANDEZ-CASSI, X.; SÖDERQVIST, K.; BAKEEVA, A.; VAGA, M.; DICKSVED, J.; VAGSHOLM, I.; JANSSON, A.; BOQVIST, S. Microbial communities and food safety aspects of crickets (*Acheta domesticus*) reared under controlled conditions. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 429–440, 2020.

FISCHER, A. Eating insects – from acceptable to desirable consumer products. *Journal of Insects as Food and Feed*, v. 7, n. 7, p. 1061–1063, 2021.

FRIGERIO, J.; AGOSTINETTO, G.; GALIMBERTI, A.; DE MATTIA, F.; LABRA, M.; BRUNO, A. Tasting the differences: Microbiota analysis of different insect-based novel food. *Food Research International*, v. 137, 2020.

GAVELLE, E.; HUNEAU, J.; BIANCHI, C. M.; VERGER, E. O.; MARIOTTI, F. Protein adequacy is primarily a matter of protein quantity, not quality: Modeling an increase in plant: animal protein ratio in French adults. *Nutrients*, v. 9, n. 12, p. 1333–1346, 2017.

GONZÁLEZ, C. M.; GARZÓN, R.; ROSELL, C. M. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 51, p. 205–210, 2019.

GORISSEN, S. H. M.; CROMBAG, J. J. R.; SENDEN, J. M. G.; WATERSVAL, W. A. H.; BIERAU, J.; VERDIJK, L. B.; VAN LOON, L. J. C. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*, v. 50, p. 1685–1695, 2018.

GKINALI, A. A.; MATAKIDOU, A.; VASILEIOU, E.; PARASKEVOPOULOU, A. Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review. In: *Trends in Food Science and Technology*, v. 119, p. 495–507, 2022. Elsevier Ltd.

GKINALI, A.; MATAKIDOU, A.; PARASKEVOPOULOU, A. Characterization of *Tenebrio molitor* larvae protein preparations obtained by different extraction approaches. *Foods*, v. 11, n. 3852, p. 1–19, 2022.

HADI, J.; BRIGHTWELL, G. Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. *Foods*, v. 10, n. 6, p. 1226, 2021.

HARTMANN, C.; RUBY, M.; SCHMIDT, P.; SIEGRIST, M. Brave, health-conscious, and environmentally friendly: Positive impressions of insect food product consumers. *Food Quality and Preference*, v. 68, p. 64–71, 2018.

HECKMANN, L. H.; ANDERSEN, J. L.; GIANOTTEN, N.; CALIS, M.; FISCHER, C. H.; CALIS, H. Sustainable mealworm production for feed and food. In: A. HALLORAN; R. FLORE; P. VANTOMME; N. ROOS (Eds.), *Edible Insects in Sustainable Food Systems*, p. 321–328. Springer International Publishing, Cham, 2018.

HUANG, Z.; QU, Y.; HUA, X.; WANG, F.; JIA, X.; YIN, L. Recent advances in soybean protein processing technologies: A review of preparation, alterations in the conformational and functional properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 248, p. 125862, 2023.

HUIS, V. A.; et al. *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 2013.

IMATHIU, S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, v. 18, p. 1-11, 2020.

JONGEMA, Y. List of edible insects of the world. Wageningen University and Research, 2017.

JÚNIOR, A. B.; RODRIGUES, H.; BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A.; MARIUTTI, L. R. B. Food made with edible insects: Exploring the social representation of entomophagy where it is unfamiliar. *Appetite*, v. 173, p. 1–9, 1 jun. 2022.

KAMAU, E.; KIBUKU, P.; KINYURU, J. Introducing cricket farming as a food security and livelihood strategy in humanitarian settings: Experience from Kakuma refugee camp, Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 41, p. 2277–2285, 2021.

KEMSAWASD, V.; INTACHAT, W.; SUTTISANANEE, U.; TEMVIRIYANUKUL, P. Road to the red carpet of edible crickets through integration into the human food chain with biofunctions and sustainability: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, p. 1801, 2022.

KIM, H. W.; SETYABRATA, D.; LEE, Y. J.; JONES, O. G.; KIM, Y. H. B. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 38, Part A, p. 116–123, 2016.

KIM, T. K.; YUN, H. J.; KIM, Y. J.; CHA, J. Y.; CHOI, Y. S. Allomyrina dichotoma larvae extract as a novel tenderizer on brined pork loin and changes in quality based on extraction methods. *Applied Food Research*, v. 100650, 2025.

KOHLER, R.; KARIUKI, L.; LAMBERT, C.; BIESALSKI, H. K. Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia Pacific Entomology*, v. 22, p. 372–378, 2019.

KOMATSU, Y.; TSUDA, M.; WADA, Y.; SHIBASAKI, T.; NAKAMURA, H.; MIYAJI, K. Nutritional evaluation of milk-, plant-, and insect-based protein materials by protein digestibility using the INFOGEST digestion method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 71, n. 5, p. 2503–2513, 2023.

LANGE, K. W.; NAKAMURA, Y. Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*, v. 1, p. 38–46, 2021.

LANGSTON, K. L.; SELALEDI, T.; YUSUF, A. A. Evaluation of alternative substrates for rearing the yellow mealworm *Tenebrio molitor*. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 43, p. 1523–1530, 2023.

- LATUNDE-DADA, G. O.; YANG, W.; VERA AVILES, M. In vitro iron availability from insects and sirloin beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 64, n. 44, p. 8420–8424, 2016.
- LEE, J. H.; KIM, T. K.; PARK, S. Y.; KANG, M. C.; CHA, J. Y.; LIM, M. C.; et al. Effects of blanching methods on nutritional properties and physicochemical characteristics of hot-air dried edible insect larvae. *Food Science of Animal Resources*, v. 43, n. 3, p. 428–440, 2023.
- LICEAGA, A. M.; AGUILAR-TOALA, J. E.; VALLEJO-CORDOBA, B.; GONZALEZ-CORDOVA, A. F.; HERNANDEZ-MENDOZA, A. Insects as an alternative protein source. *Annual Review of Food Science and Technology*, v. 13, n. 1, p. 19–34, 2022.
- LU, S.; TAETHAISONG, N.; MEETHIP, W.; SURAKHUNTHOD, J.; SINPRU, B.; SROICHAK, T.; ARCHANA, P.; THONGPEA, S.; PAENGKOUM, S.; PURBA, R. A. P.; PAENGKOUM, P. Nutritional composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*, v. 13, n. 9, p. 831, 2022.
- MACHADO, C. R.; THYS, R. C. S. Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 56, p. 102180, 2019.
- MAGARA, H. J. et al. Edible crickets (Orthoptera) around the world: Distribution, nutritional value, and other benefits—a review. *Frontiers in Nutrition*, v. 7, artigo 537915, 2021.
- MENOZZI, D. et al. Insects as feed for farmed poultry: are Italian consumers ready to embrace this innovation? *Insects*, v. 12, p. 435, 2021.
- MEYER, A. M. et al. Chemical food safety hazards of insects reared for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, v. 7, n. 5, p. 823–831, 2021.
- MEYER-ROCHOW, V. B.; GAHUKAR, R. T.; GHOSH, S.; JUNG, C. Chemical composition, nutrient quality and acceptability of edible insects are affected by species, developmental stage, gender, diet, and processing method. *Foods*, v. 10, n. 1036, 2021.
- MILIĆEVIĆ, D. et al. The role of total fats, saturated/unsaturated fatty acids and cholesterol content in chicken meat as cardiovascular risk factors. *Lipids in Health and Disease*, v. 13, 2014.
- MISHYNA, M.; CHEN, J.; BENJAMIN, O. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology*, v. 95, p. 141–148, 2020.
- MISHYNA, M.; MARTÍNEZ, J.-J.; CHEN, J.; BENJAMIN, O. Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). *Food Research International*, v. 116, p. 697–706, 2019.
- MLAMBO, V. et al. Rethinking food waste: Exploring a black soldier fly larvae-based upcycling strategy for sustainable poultry production. *Resources, Conservation and Recycling*, p. 107284, 2023.

- NEVES, V. et al. Insect flour as milk protein substitute in fermented dairy products. *Food Bioscience*, v. 60, 2024.
- NIPATE, S. S.; HURALI, P. B.; GHASIAS, M. M. Evaluation of anti-inflammatory, anti-nociceptive, and anti-arthritic activities of Indian *Apis dorsata* bee venom in experimental animals: biochemical, histological, and radiological assessment. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, v. 37, n. 2, p. 171–184, 2015.
- OJHA, S.; BEKHIT, A. E. D.; GRUNE, T.; SCHLÜTER, O. K. Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science*, v. 41, p. 240–244, 2021.
- PAPASTAVROPOULOU, K. et al. Edible insects: Benefits and potential risk for consumers and the food industry. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, v. 12, p. 5131–5149, 2021.
- PERKOVIĆ, S. et al. The perception of food products in adolescents, lay adults, and experts: A psychometric approach. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, v. 28, n. 3, p. 555–575, 2022.
- PIKOSKY, M.A.; RAGALIE-CARR, J.; MILLER, G.D. Recognizing the importance of protein quality in an era of food systems transformation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, artigo 1012813, 2022.
- PONCE-REYES, R.; LESSARD, B. Edible insects: A roadmap for the strategic growth of an emerging Australian industry. Canberra: CSIRO, 2021.
- QIU, Q.; SUN, Z.X. Professor Sun self-study adjuvant-led with the experience of treating impotence with the nine-incense worm *Aspongopus chinensis*. *Lishizhen Medicine Materia Medica Research*, v. 31, n. 12, p. 3010–3012, 2020.
- RAHEEM, D. et al. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, v. 126, artigo 108672, 2019.
- RONOH, K.A. et al. Dough rheological properties, physical, consumer acceptability and microbial qualities of wheat and wheat-sorghum biscuits fortified with longhorn grasshopper (*Ruspolia differens*) powder. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 19, março de 2025.
- SADAT, A. et al. Silkworm pupae as a future food with nutritional and medicinal benefits. *Current Opinion in Food Science*, v. 44, artigo 100818, 2022.
- SAETAE, D. Eri silkworm pupae protein: A novel edible insect ingredient for enhancing ice cream quality and consumer acceptance. *Future Foods*, v. 11, artigo 100533, junho de 2025.
- SAMUEL, Y.G.; HUMTAP, O.T. Evaluation of the antinutrients, nutrients, phytochemicals and metals content of five leafy vegetables in Dengi Metropolis, 2019.
- SHARMA, A. et al. Silkworm as an edible insect: A review. *The Pharma Innovation Journal*, v. 11, n. 2, p. 1667–1674, 2022.
- SCHOLLIERS, J.; STEEN, L.; FRAEYE, I. Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: effect of heating temperature and insect:meat

ratio on structure and physical stability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 66, artigo 102535, 2020.

SCHAUFLELE, I.; BARRERA ALBORES, E.; HAMM, U. The role of species for the acceptance of edible insects: Evidence from a consumer survey. *British Food Journal*, v. 121, n. 9, p. 2190–2204, 2019.

SHAFIQUE, L. et al. The feasibility of using yellow mealworms (*Tenebrio molitor*): towards a sustainable aquafeed industry. *Animals*, v. 11, n. 3, p. 1–38, 2021.

SÉRÉ, A. et al. Traditional knowledge regarding edible insects in Burkina Faso. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 14, artigo 59, 2018.

SMETANA, S. et al. Structure design of insect-based meat analogs with high-moisture extrusion. *Journal of Food Engineering*, v. 229, p. 83–85, 2018.

STOOPS, J. et al. Microbial community assessment of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and grasshoppers (*Locusta migratoria migratorioides*) sold for human consumption. *Food Microbiology*, v. 53, p. 122–127, 2016.

STULL, V.J. et al. Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. *Scientific Reports*, v. 8, p. 1–13, 2018.

TAN, J. et al. Antiproliferative and proapoptotic effects of a protein component purified from *Aspongopus chinensis* Dallas on cancer cells in vitro and in vivo. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, artigo 8934794, p. 1–12, 2019.

TRINDADE, M.A. et al. Já é realidade: pesquisa com insetos desenvolve salsicha e pão feitos com larva de mosca. *Viva a Vida R7*, São Paulo, 15 ago. 2023. Disponível em: <https://vivaavida.r7.com/prisma/e-de-comer/pesquisa-com-insetos-desenvolve-salsicha-e-pao-feitos-com-larva-de-mosca-15082023>. Acesso em: 26 nov. 2024.

WANG, X. et al. Novel bioactive peptides from *Ginkgo biloba* seed protein and evaluation of their α -glucosidase inhibition activity. *Food Chemistry*, v. 404, artigo 134481, 2023.

WASSMANN, B.; SIEGRIST, M.; HARTMANN, C. Correlates of the willingness to consume insects: A meta-analysis. *Journal of Insects as Food and Feed*, v. 7, n. 5, p. 909–922, 2021.

XIANG, F. et al. Black soldier fly larvae mitigate greenhouse gas emissions from domestic biodegradable waste by recycling carbon and nitrogen and reconstructing microbial communities. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 31, n. 23, p. 33347–33359, 2024.

YERUVA, T. et al. Profiling of nutrients and bioactive compounds in the pupae of silkworm, *Bombyx mori*. *Food Chemistry Advances*, v. 3, artigo 100382, 2023.

ZHU, Y.; BEGHO, T. Towards responsible production, consumption and food security in China: a review of the role of novel alternatives to meat protein. *Future Foods*, v. 6, artigo 100186, 2022.

ZIELINSKA, E. et al. The impact of polystyrene consumption by edible insects *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* on their nutritional value, cytotoxicity, and oxidative stress parameters. *Food Chemistry*, v. 345, artigo 128846, 2021.

ZHOU, S. et al. Nutritional composition, health benefits, and application value of edible insects: A review. *Foods (Basel, Switzerland)*, v. 11, n. 24, artigo 3961, 2022.

ZUGRAVU, C. et al. Knowledge: A factor for acceptance of insects as food. *Sustainability*, 2023.