

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

ANDREA BITTENCOURT DE SANTANA TEIXEIRA

DESENVOLVIMENTO DE BROWNIE COM FARINHA DE INSETO

BROWNIE DEVELOPMENT WITH INSECT FLOUR

Rio de Janeiro

2025

ANDREA BITTENCOURT DE SANTANA TEIXEIRA

DESENVOLVIMENTO DE BROWNIE COM FARINHA DE INSETO

BROWNIE DEVELOPMENT WITH INSECT FLOUR

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Doutora em Alimentos e Nutrição.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Silva Cadena

Rio de Janeiro

2025

Catálogo informatizado da produção do autor(a)

A553 Teixeira, Andrea Bittencourt de Santana
Desenvolvimento de Brownie com farinha de
Inseto/Andrea Bittencourt de Santana Teixeira.
--Rio de Janeiro, 2025.
106f.

Orientador: Rafael Silva Cadena. Tese (Doutorado) -
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro,
Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição,
2025.

1. edible insect. 2. Nutritional value. 3. Sensory
analysis. I. Cadena, Rafael Silva.
III. Título.

ANDREA BITTENCOURT DE SANTANA TEIXEIRA

DESENVOLVIMENTO DE BROWNIE COM FARINHA DE NSETO

BROWNIE DEVELOPMENT WITH INSECT FLOUR

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Doutora em Alimentos e Nutrição.

Aprovada em: 12/06/2025 BANCA

EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Silva Cadena.
UNIRIO/PPGAN, Rio de Janeiro, Brasil.

Prof^a. Dr^a. Vanessa Sales de Oliveira
UFRRJ/PPGCTA, Rio de Janeiro, Brasil.

Prof^a. Dr^a. Ellen M. Menezes Ayres
UNIRIO/PPGAN, Rio de Janeiro, Brasil.

Prof. Dr. Paulo Sérgio Marcellini
UNIRIO/PPGENFBIO, Rio de Janeiro, Brasil.

Dedico este trabalho aos meus pais, meu esposo e minhas filhas. Que nada seja em vão, e que todo exemplo seja lembrado, e que a energia siga seu caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar aqui e poder realizar o que para muitos é apenas um sonho, e que para outros apenas uma palavra, mas que para mim foi bem complicado, mas para Deus nada é impossível. Obrigada Deus por tudo.

Agradeço de todo o coração aos meus pais que sempre guiaram e apoiaram minhas decisões, minha rede de apoio completa e irrestrita, meu porto seguro e meus exemplos, sem vocês esse sonho não seria sequer sonhado nem jamais realizado. Então, como eu havia prometido, o mestrado foi pra o senhor pai, e agora o doutorado é pra senhora mãe. Ta tudo pago.

Ao meu esposo que nunca faltou, sempre esteve comigo, que muito me incentivou a persistir e não desistir, e compreendeu meus momentos de silêncio ou ausência para o desenvolvimento deste trabalho, são anos juntos mas a cumplicidade construída ao longo destes, solidifica cada vez mais nossa união. Obrigada.

Às minhas filhas que participaram ativamente da construção deste trabalho, a quem também peço desculpas pela ausência em momentos tensos de análise e escrita, mas que sempre se referiram com orgulho e carinho pelo meu esforço e que também se divertiram experimentando os testes. Amo vocês de qualquer jeito em quantidade equivalente a distância da terra à lua mil vezes, se é que dá pra mensurar. Como aprendi com meu pai, vocês precisam ser mais que eu, chegar mais longe que eu cheguei, ...

Agradeço a minha filha Elaine Cristina Lima, por me mostrar o processo seletivo e sempre estar comigo, nem que seja no coração, pelo sorriso e pelo abraço, pelas risadas e por sofrer junto. Obrigada amiga.

Ao meu orientador professor Rafael Silva Cadena, pela paciência, pela atenção, por ser empático e principalmente por seu humor ácido e suas figurinhas que tornaram o caminhar de anos de doutorado mais leve. Sem dúvidas o melhor orientador do planeta. Obrigada de coração, que Deus te abençoe com muita saúde e paz e que você continue a perpetuar seus conhecimentos com tamanha leveza. Levo no coração. Obrigada!

Agradeço à minha dupla de revisores, prof André Manoel e prof^a Teresa Miglioli, todo o carinho e paciência, os finais de semana, feriados e todas as vezes que vocês me ajudaram. Sem o entermilagroso de Teresa e as correções de última revisão do André, ... sem vocês, jamais teria saído esse título. Obrigada.

Agradeço a prof^a Dr^a Tatiana Saldanha, e a Santa Ivanildinha e todos do laboratório da UFRRJ (Bárbara, Laura, Vanessa, Fernando, ...), que me acolheram e não mediram esforços em ajudar nas análises, com todo carinho. Jamais vou esquecer de vocês. Da mesma forma agradeço ao prof Carlos Piller da Embrapa pela cooperação científica nas análises e suas valiosas considerações e apontamentos que ajudaram e muito na escrita do trabalho.

Ao professor Andre Luis, Prof Jacenir prof Andre Costa, a Marli (a técnica mais gente fina da Unig), e todos do NUPex, ao aluno Jonathas Albertino e o prof Robson Xavier da FIOCRUZ, pela parceria científica e suas valiosas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus alunos e corpo docente da UNIG, que gentilmente participaram da análise sensorial, e que sempre me incentivaram nesta caminhada, em especial às minhas alunas de Iniciação científica, Edna Costa, Thayane Patrocínio e Danielly Rangel (essa caminhou juntinho comigo), a técnica do laboratório Juliany Ribeiro, ao prof Vitor Hugo, e as meninas da Clínica Escola (Simara, Beatriz, Thais e Daniele), e todos os que de alguma forma participaram no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço às amigas que o PPGAN me proporcionou, Priscila Gottgroy e Fabiana Montovalente, ninguém solta a mão de ninguém ... E também não poderia deixar de agradecer aos meus adolescentes do coração, minhas visitas garantidas de fim de semana que me ajudaram na matemática e estatística (Pato e Enzo).

Agradeço aos professores que compuseram a banca por gentilmente se dispor a contribuir com seus apontamentos na correção e melhoria do trabalho.

À UNIRIO, minha casa acadêmica, minha origem, e ao PPGAN, coordenação, professores e corpo técnico, em especial à querida Do Carmo, que sempre me incentivou com palavras e café; e aos professores do Departamento de Nutrição Fundamental. Sempre estarão no meu coração.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a construção deste trabalho e me incentivaram a continuar. Obrigada!

— Tudo tem seu tempo determinado, e
há tempo para todo o propósito de
baixo do céu.

Eclesiastes 3:1

RESUMO

Com o aumento da população mundial e a crescente demanda por fontes alimentares sustentáveis, os insetos comestíveis vêm sendo considerados alternativas promissoras por oferecerem alto valor nutricional e reduzido impacto ambiental. Espécies como *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens* destacam-se por seu teor elevado de proteínas, lipídios e minerais essenciais como ferro, zinco, cálcio e magnésio. No entanto, sua composição nutricional pode variar significativamente em função da espécie, estágio de desenvolvimento, dieta de criação e tipo de processamento utilizado. Apesar do reconhecido potencial nutricional, os insetos ainda enfrentam desafios de aceitação cultural, especialmente em países ocidentais. Neste estudo, os dados obtidos através de pesquisa com abordagem quantitativa e qualitativa, focado na neofobia alimentar e na fobia entomofágica entre brasileiros, revelou que, embora a maioria dos participantes apresente um perfil neutro em relação à neofobia alimentar, há resistência específica à entomofagia, mais evidente entre vegetarianos. A presença de partes visíveis dos insetos nos produtos foi um dos fatores mais associados à rejeição, sugerindo que a forma de apresentação influencia diretamente a disposição ao consumo. Com o objetivo de analisar e comparar as características da composição química e o perfil de aminoácidos das farinhas de *Tenebrio molitor* (TNB) e Mosca Soldado Negra (BSF) com a farinha de trigo (WHEATF), foi possível verificar que, em termos nutricionais, análises laboratoriais indicam que a farinha de *T. molitor* apresenta maior teor de proteínas (68,98%), lipídios (14,74%) e aminoácidos essenciais, como leucina, valina e lisina, quando comparada à farinha de *H. illucens* e à farinha de trigo, sendo considerada uma fonte proteica de alta qualidade. A farinha de *H. illucens*, por sua vez, apresenta destaque no conteúdo de cálcio, podendo ser utilizada em formulações voltadas ao fortalecimento ósseo. Quando aplicadas em brownies, a farinha de inseto promoveu aumento significativo no teor de proteínas e lipídios. No entanto, substituições superiores a 50% (75% e 100%) da farinha de trigo por farinha de *T. molitor* alteraram negativamente características como aroma e sabor, relacionados a notas de crustáceo, o que pode limitar sua aplicação em maiores proporções. A substituição em 50% foi associada a atributos mais agradáveis como sabor de chocolate, brilho e maciez, apontando a importância de se ajustar a proporção do ingrediente alternativo para preservar características sensoriais desejáveis. Assim, o uso de farinhas de insetos mostra-se viável do ponto de vista nutricional e tecnológico, desde que a formulação dos produtos considere tanto a densidade nutricional quanto as preferências sensoriais dos consumidores, favorecendo a aceitação e o aproveitamento de seu potencial funcional e sustentável na alimentação humana.

Palavras-chave: *Tenebrio molitor*; valor nutricional; análise sensorial; brownies.

ABSTRACT

With the growing global population and the growing demand for sustainable food sources, edible insects have been considered promising alternatives because they offer high nutritional value and reduced environmental impact. Species such as *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* stand out for their high content of proteins, lipids, and essential minerals such as iron, zinc, calcium, and magnesium. However, their nutritional composition can vary significantly depending on the species, stage of development, rearing diet, and type of processing used. Despite their recognized nutritional potential, insects still face challenges in cultural acceptance, especially in Western countries. In this study, data obtained through quantitative and qualitative research focused on food neophobia and entomophagy among Brazilians revealed that, although most participants presented a neutral profile regarding food neophobia, there is a specific resistance to entomophagy, more evident among vegetarians. The presence of visible insect parts in products was one of the factors most associated with rejection, suggesting that presentation directly influences willingness to consume. By analyzing and comparing the chemical composition and amino acid profile of *Tenebriomolitor* (TNB) and Black Soldier Fly (BSF) flours with wheat flour (WHEATF), laboratory analyses revealed that, nutritionally, *T. molitor* flour has a higher protein content (68.98%), lipids (14.74%), and essential amino acids such as leucine, valine, and lysine, compared to *H. illucens* flour and wheat flour, and is considered a high-quality protein source. *H. illucens* flour, in turn, has a notable calcium content and can be used in bone-strengthening formulations. When used in brownies, insect flour significantly increased protein and lipid content. However, substitutions of more than 50% (75% and 100%) of wheat flour with *T. molitor* flour negatively altered characteristics such as aroma and flavor, associated with crustacean notes, which may limit its application in larger proportions. A 50% substitution was associated with more pleasant attributes such as chocolate flavor, shine, and tenderness, highlighting the importance of adjusting the proportion of the alternative ingredient to preserve desirable sensory characteristics. Thus, the use of insect flours proves to be viable from a nutritional and technological point of view, as long as the formulation of the products considers both nutritional density and the sensory preferences of consumers, favoring the acceptance and use of their functional and sustainable potential in human nutrition.

Keywords: *Tenebrio molitor*; nutritional value; Sensory analysis; brownies.

Sumário

1.INTRODUÇÃO	13
2.CAPÍTULO I – Insetos comestíveis: Características e propriedades nutricionais e tecnológicas	17
Resumo	17
Abstract	18
Introdução	19
Metodologia	21
Resultados e Discussão	22
Insetos comumente ingeridos e suas características nutricionais	22
Proteínas	23
Lipídeos	25
Minerais	27
Propriedades tecnológicas e suas aplicações na indústria de alimentos	31
Conclusões	32
Referências	33
3. CAPÍTULO II – Neofobia alimentar e Fobia Entomofágica: Um estudo sobre a inserção de insetos na alimentação do brasileiro	40
Resumo	40
Abstract	41
Resumen	41
Introdução	42
Metodologia	43
Resultados e Discussão	44
Conclusões	53
Referências	54
4.CAPÍTULO III – Farinha de insetos como ingrediente alimentar: Características nutricionais.	56
Resumo	57
Abstract	57
Introdução	58
Metodologia	59
Resultados e Discussão	61

Conclusões	96
Referências	97
5.CAPÍTULO IV – Aplicação de farinha de <i>Tenebrio molitor</i> no desenvolvimento de Brownies de chocolate: Efeitos nas características físico-químicas e sensoriais	78
Resumo	78
Abstract	78
Introdução	79
Metodologia	80
Resultados e Discussão	84
Análises físico-químicas	84
Análises físicas	88
Análise sensorial	92
Conclusões	96
Referências	97
6. CONCLUSÕES GERAIS	105
7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1 INTRODUÇÃO

A compreensão das escolhas alimentares é fundamental não apenas para promover a saúde dos consumidores, mas também para garantir a sustentabilidade do sistema alimentar global, que enfrenta desafios significativos devido ao crescimento populacional e à crescente demanda por proteínas (CHEN & ANTONELLI, 2020). Esses desafios, somados às questões ambientais e econômicas associadas à produção convencional de alimentos, tornam urgente a busca por fontes alternativas de proteína de alta qualidade, com menor impacto ambiental (WANG & JIAN, 2022; GRASSO et al., 2019).

Nesse contexto, os insetos comestíveis surgem como uma alternativa promissora, dada sua alta densidade nutricional e eficiência produtiva, além de apresentarem um impacto ambiental consideravelmente inferior ao das fontes tradicionais de proteína animal (KRONGDANG, et al., 2023; LIANG et al., 2024). A produção de insetos é consideravelmente mais eficiente em termos de recursos do que a pecuária convencional visto que, para produzir 1 kg de biomassa de insetos são necessários apenas 2 kg de ração, enquanto a produção de 1 kg de carne bovina demanda cerca de 8 kg de ração (CHANG; MA; CHEN, 2019). Essa alta eficiência produtiva, associada ao baixo impacto ambiental, torna os insetos uma solução sustentável para suprir a crescente demanda global por proteínas, alinhando-se aos objetivos de uma produção de alimentos mais sustentável e ecológica (ORKUSZ, 2020).

Entretanto, a aceitação dos insetos como alimento, especialmente no Ocidente, ainda enfrenta barreiras culturais e uma percepção negativa, o que dificulta a disseminação de sua utilização como fonte alimentar (CONWAY et al., 2024; SIDALI et al., 2019). A superação dessas barreiras exige não apenas o esclarecimento sobre os benefícios nutricionais dos insetos, mas também a implementação de estratégias que melhorem a apresentação sensorial e a percepção pública da entomofagia (LIE-PIANG et al., 2021). Assim, compreender a neofobia alimentar e a fobia entomofágica torna-se essencial para fomentar a aceitação dos insetos como uma solução para a crise alimentar global e para a transição para sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes.

A prática da entomofagia, embora tradicional em várias culturas ao redor do mundo, foi em grande parte substituída pelo consumo de produtos de origem animal,

especialmente nas regiões mais industrializadas, como a Europa e a América do Norte (GRABOWSKI, 2020; KEWUYEMI et al., 2020). Em contrapartida, ela continua sendo uma parte importante da dieta em muitas regiões da África, Ásia e América Latina, onde os insetos são consumidos regularmente devido ao seu alto valor nutricional e à sua ampla disponibilidade (KIM et al., 2019; OLIVADESE et al., 2023).

Insetos comestíveis se destacam como uma fonte rica de proteínas, lipídeos, minerais e fibras, sendo uma excelente alternativa para promover uma alimentação equilibrada e nutritiva (KEWUYEMI, 2020). As proteínas de insetos são de alto valor biológico, com uma composição completa de aminoácidos essenciais, sendo uma alternativa competitiva às proteínas animais convencionais. No entanto, a composição nutricional dos insetos pode variar amplamente dependendo da espécie, estágio de desenvolvimento e dieta, o que torna desafiadora a padronização de suas propriedades nutricionais (MELGAR-LALANNE; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ; SALINAS-CASTRO, 2019).

A caracterização nutricional de insetos comestíveis constitui um campo de pesquisa fundamental para a consolidação de sua aplicabilidade na alimentação humana. Tal relevância torna-se ainda mais evidente quando esses organismos são incorporados em produtos alimentícios convencionais, como os da panificação, nos quais sua adição pode ocasionar modificações nas propriedades tecnológicas da massa. A literatura indica que o incremento na proporção de farinha de *Tenebrio molitor* pode reduzir significativamente o volume de fermentação, atribuído à ausência de glúten na composição dessa matéria-prima (MANCINI et al., 2020).

Apesar das limitações tecnológicas, a inclusão de farinhas de insetos apresenta vantagens nutricionais substanciais, especialmente em virtude dos elevados teores de aminoácidos essenciais e de outros nutrientes relevantes para a saúde humana. Segundo Kewuyemi et al. (2020), o teor proteico das farinhas de insetos varia entre 31,06% e 71,04%, enquanto os teores lipídicos situam-se entre 7,00% e 50,50%, conferindo ao produto uma expressiva densidade calórica, que pode oscilar de 313,44 a 625,82 kcal.

Diante desse cenário, o principal objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de um produto alimentar utilizando farinha de inseto, com ênfase na análise das propriedades nutricionais e tecnológicas dos ingredientes. Para isso, os objetivos específicos foram definidos como segue: i) realizar uma revisão da literatura sobre os insetos comestíveis, suas características nutricionais, metodologias de análise e características tecnológicas; ii) investigar a neofobia alimentar e a fobia entomofágica no Brasil, por meio de um questionário autoaplicativo, a fim de compreender a melhor forma de inserir produtos

alimentícios com insetos na alimentação brasileira; iii) analisar as características nutricionais das farinhas de dois insetos (*tenebrio molitor* e *Hermetia illucens*) e da farinha de trigo, identificando a relevância nutricional de cada uma e iv) desenvolver brownies com diferentes percentuais de farinha de inseto, analisando suas características nutricionais e sensoriais.

I. Revisão bibliográfica sobre insetos comestíveis, suas características nutricionais e tecnológicas: Este artigo consistiu em uma análise qualitativa da literatura disponível sobre insetos comestíveis, com foco em suas propriedades nutricionais e tecnológicas. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scopus, Web of Science e PubMed, com o objetivo de compilar as informações mais recentes sobre as características nutricionais e tecnológicas dos insetos utilizados na alimentação humana. O estudo foi intitulado “*Insetos comestíveis: características e propriedades nutricionais e tecnológicas*” e encontra-se publicado no periódico **Observatório de la Economía Latinoamericana** (ISSN 1696-8352) <https://doi.org/10.55905/oelv23n4-041>.

II. Artigo original sobre neofobia alimentar e fobia entomofágica: Foi elaborado um artigo original, resultante de pesquisa com abordagem quantitativa e qualitativa, focado na neofobia alimentar e na fobia entomofágica. A metodologia utilizada consistiu na aplicação de um questionário eletrônico para coleta de dados. A análise foi realizada comparando diferentes regiões do Brasil. O estudo foi intitulado “*Neofobia alimentar e fobia entomofágica: um estudo sobre a inserção de insetos na alimentação do brasileiro*” e encontra-se aceito para publicação no periódico **Desafios** (ISSN - 2359-3652).

III. Artigo original sobre características físico-químicas e perfil nutricional das farinhas de insetos: Foi elaborado um artigo original, resultante de uma análise e comparação das características físico-químicas e do perfil aminoacídico das farinhas de *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens*, em comparação à farinha de trigo. O objetivo foi investigar o potencial das farinhas de insetos para melhorar as características nutricionais da farinha de trigo na produção de alimentos. O estudo foi intitulado “*Farinha de insetos como ingrediente alimentar: características nutricionais*” e encontra-se em submissão ao periódico **Journal of Food Science and Technology** (ISSN - 0975-8402).

IV. Artigo original sobre produção de brownies com farinha de

Tenebriomolitor: Foi elaborado um artigo original a partir da produção de brownies com diferentes percentuais de farinha de *Tenebrio molitor*. O objetivo foi avaliar os efeitos nutricionais e sensoriais da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de *Tenebrio molitor*. O estudo foi intitulado “*Farinha de Tenebrio molitor em brownies: efeitos nas características nutricionais e sensoriais*” e encontra-se em fase de submissão a periódico especializado.

CAPÍTULO I – Insetos Comestíveis: Características e Propriedades Nutricionais e Tecnológicas

Insetos Comestíveis: Características e Propriedades Nutricionais e Tecnológicas

Edible Insects: Characteristics and Nutritional and Technological Properties

Insectos Comestibles: Características y Propiedades Nutricionales y Tecnológicas

OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINO AMERICANA

Publicado em 25/03/2025

DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n4-041>

TEIXEIRA, Andrea Bittencourt de Santana. Mestre em Ciência dos Alimentos
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO. Avenida Paster, 296,
Botafogo – Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brasil. CEP:22290-250 / Telefone: (21)
2542.4308/ E-mail: andreabittst@gmail.com

ANTUNES, Thayane Patrocínio da Fonseca. Graduanda em Nutrição Universidade
Iguaçu – UNIG. Avenida Augusto Távora, 2134 – Nova Iguaçu – Rio de Janeiro –
Brasil. CEP:26.275-580 / Telefone: (21) 2765.4119 / E-mail:
thayanepatrocinio@hotmail.com

COSTA, Edna Luiz Alves da. Graduanda em Nutrição Universidade Iguaçu – UNIG.
Avenida Augusto Távora, 2134 – Nova Iguaçu – Rio de Janeiro – Brasil. CEP:26.275-
580 / Telefone: (21) 2765.4119 / E-mail:
ednaluz6@gmail.com

CADENA, Rafael Silva. Doutor em Alimentos e Nutrição Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO. Avenida Paster, 296, Botafogo – Rio de Janeiro –
Rio de Janeiro – Brasil. CEP:22290-250 / Telefone:(21)
2542.4308/ E-mail: rafael.cadena@unirio.br

RESUMO

Com o crescimento da população mundial, aumenta a necessidade da produção de alimentos. A entomofagia surge como solução sustentável e segura, apesar do consumo de insetos por humanos não ser novo em muitos países. Este estudo teve como objetivo identificar insetos utilizados na alimentação como fonte de nutrientes e sua composição nutricional através de revisão bibliográfica com base em trabalhos publicados entre 1998 e 2023. Insetos são considerados fontes de proteínas de alta qualidade, com teor de aminoácidos e ácidos graxos essenciais equilibrados, e significativo valor de micronutrientes como potássio, ferro, cálcio, magnésio e selênio, porém sua composição nutricional pode ser alterada por fatores, como espécie, diferentes habitats e dieta de criação, estágio de desenvolvimento, e tipo de processamento. Quanto ao teor nutricional, o percentual de proteínas nos insetos variou entre as espécies de 19.0% a 68.82%, lipídeos de 42.2% a 65.35%. Gafanhotos, larvas de farinha, cupins e grilo são excelentes fontes de ferro, zinco, cobre, fósforo, magnésio e manganês. Ressalta-se que os níveis de ferro em insetos comestíveis são maiores que em alimentos convencionais de origem animal. Ademais apresentam compostos biologicamente ativos com diversos benefícios à saúde como ação antibacteriana, antiinflamatória, anticolagenase, inibidor da elastase, inibidor da α -glicosidase, inibidor da lipase pancreática, além das características tecnológicas de formação de espuma, emulsificação ou gelificação e elasticidade que atendem às necessidades da indústria de alimentos, se mostrando uma opção de mais eficiente, vantajosa e versátil.

Palavras-chave: Alimentos de Origem Animal, Insetos Comestíveis, Produção de Alimentos.

ABSTRACT

As the world population grows, the need for food production increases. Entomophagy appears as a sustainable and safe solution, although the consumption of insects by humans is not new in many countries. This study aimed to identify insects used in food as a source of nutrients and their nutritional composition through a bibliographical review based on works published between 1998 and 2023. Insects are considered sources of high quality proteins, with a content of amino acids and acids

balanced essential fatty acids, and significant value of micronutrients such as potassium, iron, calcium, magnesium and selenium, however their nutritional composition can be altered by factors such as species, different habitats and breeding diet, stage of development, and type of processing. Regarding nutritional content, the percentage of proteins in insects varied between species from 19.0% to 68.82%, lipids from 42.2% to 65.35%. Grasshoppers, mealworms, termites and crickets are excellent sources of iron, zinc, copper, phosphorus, magnesium and manganese. It is noteworthy that iron levels in edible insects are higher than in conventional foods of animal origin. Furthermore, they present biologically active compounds with diverse health benefits such as antibacterial, anti-inflammatory, anti-collagenase, elastase inhibitor, α -glucosidase inhibitor, pancreatic lipase inhibitor, in addition to the technological characteristics of foam formation, emulsification or gelation and elasticity that meet the needs of the food industry, proving to be a more efficient, advantageous and versatile option.

keywords: Foods of Animal Origin, Edible Insects, Food Production.

Introdução

A população mundial tem crescido exponencialmente e deve desencadear um aumento na produção global de alimentos, o que requer adaptações nas práticas agrícolas como, a ampliação da exploração de recursos naturais (MINA; PEIRA; BONADONNA, 2023). De acordo com relatório publicado pela FAO em 2017, se a exploração por recursos naturais continuar a aumentar, a humanidade estará suscetível ao risco de escassez de alimentos (ABRIL et al., 2022). Assim, a FAO defende a importância de buscar fontes alimentares alternativas (ILLA; YUGUERO, 2022).

Existindo a possibilidade de uma falta mundial de alimentos (MINA; PEIRA; BONADONNA, 2023), surge a preocupação em suprir macro e micronutrientes da dieta de forma possível e sustentável, como o consumo adequado de proteína, fundamental para a manutenção da massa muscular e prevenção da desnutrição energético-proteica (GRASSO et al., 2019). As fontes de proteínas convencionais, de origem animal, têm efeito econômico problemático, e sua produção tem impactos negativos para o efeito estufa (TANGA et al., 2023). Uma alternativa para a redução desse efeito seria o uso de insetos, que, comparados ao gado, possuem menos impacto

ambiental por exigirem consumo de água menor, espaço de terra insignificante e emissão de gases de efeito estufa significativamente reduzida (MATANDIROTYA et al., 2022; ORDOÑEZ- ARAQUE; QUISHPILLO-MIRANDA; RAMOS-GUERRERO, 2022).

Do ponto de vista nutricional, insetos contêm nutrientes essenciais para atender às necessidades nutricionais da dieta humana (Abby *et al.*, 2021), incluindo proteínas, aminoácidos, fibras e minerais. As proteínas são o componente predominante destes insetos, onde besouros e larvas têm um teor de proteína variável entre 20 e 71% (ABRIL et al., 2022).

A principal fonte de energia encontrada nos alimentos convencionais é o lipídio, este representa a segunda maior importância na composição nutricional dos insetos comestíveis, podendo chegar a até 43% do seu peso seco (ORKUSZ, 2021; RUMPOLD; MOURA et al, 2023; ZHOU et al., 2022). Segundo Orkusz (2021) o teor de gordura variou de 4,4 a 24,9 g/100g nas espécies estudadas, com proporção de ácidos graxos poli- insaturados e monoinsaturados maior que de saturados, mostrando indicador significativo para a qualidade do teor de gordura dos insetos. A variação da composição nutricional dos insetos depende de fatores como espécie, diferentes habitats, dieta de criação, estágio de desenvolvimento e tipo de processamento no abate e produção de alimentos (KEWUYEMI et al., 2020).

Com relação aos carboidratos dos insetos, existem duas formas principais, a quitina e o glicogênio. A quitina é um polímero de N-acetil-D glucosamida, principal componente do exoesqueleto dos insetos (SATITSRI et al, 2020) e o glicogênio é a fonte de energia armazenada nas células e músculos (OKABE S et al, 2021). A quitina e seus derivados são carboidratos insolúveis (SON et al., 2021), e esse polissacarídeo é um fator anti-nutricional que reduz a digestibilidade de outros nutrientes (MARONO et al., 2015). Contrário da proteína e lipídio, os insetos não são boas fontes de carboidratos (ILLA; YUGUERO, 2022).

Em alguns países em desenvolvimento da Ásia, África, América Latina e Oceania, o consumo de insetos faz parte da cultura e da tradição (Toti *et al.*, 2020). Já em outros países desses continentes, como o Brasil, a ingestão de insetos ainda é vista como uma prática primitiva (OMUSE et al, 2024). Estudos sobre aceitação vêm sendo realizados mundialmente, e a maioria mostra que o Ocidente ainda não está pronto para consumir insetos (PENEDO et al., 2022).

Mesmo que, comparado a outros grupos de alimentos convencionais, os insetos possuam alto teor proteico e menor impacto ambiental em sua produção, ainda existem algumas barreiras para o desenvolvimento de produtos à base de insetos (KIM et al., 2019). O comportamento do consumidor em rejeitar a ideia de ingeri-los é atribuído ao sentimento de repulsa associado à percepção de perigo, pois insetos são considerados sujos, não higiênicos e/ou portadores de doenças. Logo, seu consumo aumentaria o risco de infecção ou contaminação (WILKINSON et al., 2018). Essas noções, preconcebidas, associadas à falta de conhecimento sobre os benefícios nutricionais dos insetos, resultam na baixa aceitabilidade do consumidor (PENEDO et al., 2022).

Estudos tentaram reduzir percepções negativas dos insetos por meio do desenvolvimento de métodos de processamento palatáveis, fornecendo descrições de benefícios à saúde e explicando a necessidade de reduzir a dependência de outras fontes alimentares. Dessa forma, a entomofagia está passando por um momento de inovação em todo o mundo, apesar de muitos consumidores não a conhecerem por influência da cultura ocidental (KIM et al., 2019).

Entretanto, mais de 800 milhões de pessoas no mundo ainda estão desnutridas, o que salienta problemas de segurança alimentar (TANGA et al., 2023), razão relevante para impulsionar o desenvolvimento do setor dos insetos comestíveis (MINA; PEIRA; BONADONNA, 2023), já que são boas fontes de proteínas, lipídios e micronutrientes, como ferro, cobre, magnésio, manganês, selênio e zinco (RUMPOLD; NOWAKOWSKI et al, 2022; ZHOU et al., 2022).

Em comparação com a criação animal tradicional, a criação de insetos apresenta fatores positivos como alta produção de ovos, estágio larval curto, altos pesos de larvas ou pupas, alta produtividade, baixo custo de alimentação, baixa vulnerabilidade a doenças, capacidade de viver em altas densidades, e teor de proteínas de alta qualidade. Em contrapartida, existem obstáculos que impedem o desenvolvimento da criação de insetos como microgado, ou pequeno rebanho, como por exemplo, as condições ideais de temperatura, luz, umidade, ventilação, composição e qualidade da alimentação, além da espécie ideal (ABRIL et al., 2022).

Estima-se que em 2030 o setor de insetos será avaliado em US\$7.96 bilhões, os principais objetivos desta indústria são aceitação e regulamentação (AYDOĞAN, 2021). O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, no regulamento 2015/2283, incluiu insetos inteiros e suas partes na categoria de novos alimentos. Em 2015 a *European Food Safety Authority* (EFSA) emitiu parecer científico sobre o

consumo de insetos e propôs uma lista de espécies com potencial de uso como alimento para ração animal e alimento humano (ROS-BARÓ et al., 2022). Em dezembro 2018 a EFSA solicitou a aprovação de 5 espécies para uso em alimentos, incluindo grilo doméstico (*A. Domesticus*), larva de farinha amarela (*Tenebriomolitor*), gafanhoto migratório (*Locusta migratoria*) epanzer (*Alphitobius diaperinus*) (RAHEE Metal., 2019). E em 2021, a EFSA emitiu relatório sobre a segurança do verme amarelo da farinha (*Tenebriomollitor*), *Locusta migratoria*, e *Achetadomesticus* como um novo alimento (ROS-BARÓ et al., 2022).

Ademais, substitutos alternativos da carne de origem animal no mercado já existem, por exemplo o tofu e o seitan, porém suas produções requerem muitos processamentos, o que levanta o questionamento sobre o quão saudável eles realmente são (ORKUSZ, 2021).

A Organização das Nações Unidas (ONU) considera a entomofagia como possível solução para a segurança alimentar mundial (IMATHIU, 2020) e a Autoridade Europeia para Segurança Alimentar (EFSA) avaliou e considerou como próprios para consumo a larva-de-farinha amarela (*Tenebriomolitor*) e os gafanhotos migratórios congelados e secos (*Locusta migratoria*). Insetos têm potencial de se tornar uma fonte alimentar convencional no futuro, por ser uma fonte acessível, altamente nutritiva e saudável.

Desse modo, o futuro do setor de produção fica sujeito ao desenvolvimento de produtos à base de insetos comestíveis (AIELLO et al., 2023; VERNEAU; AMATO; LA BARBERA, 2021). Assim, este trabalho teve como objetivo identificar os insetos utilizados na alimentação como fonte de nutrientes e sua composição nutricional.

Materialemétodos

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica com a finalidade de encontrar trabalhos relacionados à antroentomofagia e a composição nutricional de insetos que podem ser consumidos como alimentos com base em artigos científicos, na língua inglesa e portuguesa, publicados de 1998 a 2023, especialmente na base de dados BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), *Web of Science*, *Science Direct* e *SciELO (Scientific Eletronic Library Online)*.

Os descritores empregados para as pesquisas foram: insetos, alimentos, antroentomofagia e recorreu-se aos operadores lógicos —AND‖ e —OR‖ para combinação dos termos utilizados para rastreamento das publicações, onde a

sistematização da busca dos artigos foi realizada em quatro etapas, ou seja, inicialmente realizou-se a busca dos artigos empregando-se os descritores mencionados, leitura dos títulos dos estudos e excluindo aqueles que não se referiam a antropofagia, a seguir, realizou-se a leitura dos resumos dos artigos sendo empregados somente aqueles que se apresentavam compatíveis com o estudo em questão, e posteriormente, foi realizada leitura minuciosa e crítica dos mesmos, onde foram selecionados os artigos que se inseriam no assunto da qualidade nutricional de insetos comestíveis.

Resultados e Discussão

Insetos comumente ingeridos e suas características nutricionais.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cerca de 2 bilhões de pessoas fazem uso de insetos como alimento (TUNES, 2023). Estima-se que 2.100 espécies de insetos comestíveis são consumidos em países em que a entomofagia faz parte da cultura, dessas espécies, os mais consumidos são o besouro, seguido em ordem decrescente, lagarta, abelhas, vespas, formigas, grilos, gafanhotos, cupins, libélula e vespa (ABRIL et al., 2022).

A proteína de origem animal é especialmente valiosa por conter aminoácidos essenciais que não são encontradas, com a mesma biodisponibilidade das proteínas vegetais (ELHASSAN et al., 2019). No entanto, a produção de proteína de origem animal estará cada vez menos proporcional ao aumento da população consumidora (KAMALAPURAM et al., 2021).

Embora a composição nutricional de insetos altere de acordo com fatores como espécie, habitat, dieta de criação, estágio de desenvolvimento e tipo de processamento; os insetos são considerados fontes de proteínas de alta qualidade, com teor de aminoácidos e ácidos graxos essenciais equilibrados, e significativo valor de micronutrientes como potássio, ferro, cálcio, magnésio e selênio (NOWAKOWSKI et al., 2022; PAN et al., 2022). Considerando fatores já citados, essas alterações também ocorrem porque o teor de proteína é maior no estágio de desenvolvimento mais maduro, e o teor de gordura maior nos estágios larvais. Isto porque as larvas e adultos se alimentam de diferentes alimentos, e a pupa não consome nenhum alimento (MEYER-ROCHOW et al., 2021).

Proteínas

Sabe-se que a composição aminoacídica e a digestibilidade da fração proteica determinam o valor nutricional do alimento (ASHKAR F, WU J, 2023). Como pode ser observado nos estudos analisados, a concentração de proteínas em espécies de insetos comestíveis são significativas (JANTZEN DA SILVA LUCAS et al., 2020). Atendendo requisitos da OMS (Organização Mundial da Saúde) para aminoácidos, com níveis consideráveis de fenilalanina, tirosina, triptofano, lisina e tirosina, aminoácidos

essenciais, que precisam ser fornecidos por meio da alimentação (BELLUCO et al., 2013; ILLA; YUGUERO, 2022).

O teor de proteínas contidas nos insetos é apresentado na Tabela 1, incluindo o método de extração. As espécies *Prataetiabrevitarsis* (68.82%), *Brachytrupes* spp (65.35%) *Tenebrio molitor* (60.21%), *Gryllus bimaculatus* (58.32%), *Ganimbrasia belina* (56.95%), *Gynanisa maja* (55.92%), *Tellegrylus emma* (55.65%), e *Allomyrina dichotoma* (54.28%) apresentam teor proteico acima de 50% (g/100 g) enquanto o menor valor encontrado foi em *Apis mellifera* larva (19.0%).

O autor Gkinali et al. (2022) utilizou métodos diferentes, e encontram valores desiguais para uma mesma espécie, através do método de extração alcalina proteica, encontrou para *Tenebrio molitor* (Larva) 67,2%, através do método precipitação isoelétrica descrito por Santhosh (2019) com algumas modificações, chegou a 75,1% e, proteínas solúveis em sal foram extraídas de larvas desengorduradas de acordo com Pissia et al (2022), encontrou 62% (g/100 g) (GKINALI et al, 2022). O estágio de desenvolvimento pode interferir no resultado tanto quanto o método de extração. O autor Meyer-Rochow encontrou em abelhas 42.0% (g/100 g) no estado larval, e 49.0% em pupa, enquanto Heber chegou 19.0% em larva e 24.6% em pupa.

É recomendado que a indústria estabeleça e siga protocolos de criação, para manter o conteúdo nutricional constante em diferentes tipos de produção (GHOSH et al., 2017; MEYER-ROCHOW et al., 2021).

A soma de aminoácidos essenciais em larva de *B. mori* é (320mg/g proteína), e em *T. molitor* (480 mg/g proteína) (FINKE, 2002). Sendo estes valores próximos aos registrados para alguns alimentos convencionais, como a soja (438mg/g proteína), a carne de boi (475 mg/g proteína), a carne de porco (453 mg/g proteína), ou a de frango (508 mg/g proteína) (TESSARI; LANTE; MOSCA, 2016).

Espécies de insetos, fornecem mais proteínas do que produtos de origem animal, como carnes e ovos de galinha (ILLA J, YUGUERO O, 2022). Comparado em base de peso seco, os insetos possuem teor proteico (g/100g) de 7 a 48,4%, enquanto a carne bovina possui 19 a 26% (CUTRONEO S et al, 2023). Algumas espécies se aproximam também dos valores proteicos de peixes (JANTZEN DA SILVA LUCAS et al., 2020).

TABELA1 – Teor de proteína e métodos de extração.

Método	Tipode Inseto	Nomecientífico	Teor Proteína g/100g(%)	de	Autor
Método Kjeldahl.	Larvas	<i>AnapheRecticulata</i>	20.0		Banjo;Lawal; Songonuga, 2006
		<i>AnapheVenata</i>	25.7		
		<i>AnapheInfracta</i>	20.0		
	Besouro	<i>OryctesBoas</i>	26.0		
	Cupim	<i>MacrotermesNotalensis</i>	22.1		
	Grilo	<i>Gryllusbimaculatus</i>	52.08 ± 0.13		Kurdietal., 2021
		<i>Gryllusbimaculatus (Adulto)</i>	58.32 ± 0.33		
		<i>TeleogryllusEmma (Adulto)</i>	55.65 ± 0.28		Ghoshetal., 2017
		<i>AllomyrinaDichotoma</i>	54.18 ± 1.50		
	Larvas	<i>ProtaetiaBrevitarsis (larva)</i>	44.23 ± 0.25		
		<i>TenebrioMolitor (Larva)</i>	53.22 ± 0.32		
		<i>Gonimbrasia Belina</i>	56.95 ± 0.04		Siulapwaetal., 2014
		<i>GynanisaMaja</i>	55.92 ± 0.04		
	Cupins	<i>MacrotermesFalciger</i>	43.26 ± 0.03		
		<i>MacrotermesBellicosus</i>	40.72 ± 0.26		Akulloetal., 2018
	Grilo	<i>BrachytrypesSpp</i>	65.35 ± 0.36		
Gafanhoto	Abelha	<i>ApisMellifera(larva)</i>	19.0 ± 0.3		Haberetal., 2019
		<i>ApisMellifera(pupa)</i>	24,6 ± 1.2		
	Larvas	<i>RhynchophorusPhoenicis</i>	31.05 ± 0.55		Anankwareet al.,2021
		<i>RuspoliaDifferens</i>	34,2-45,8		
					Ssepuuyaetal., 2019
Método Micro-Kjeldahl.		<i>ZonocerusVariegatus</i>	30.73 ± 1,151		Anaduakaetal., 2021
	Besouro	<i>Heteroligus Meles</i>	38.10		Jonathan,2012
Métodode Dumas.	Larvas	<i>Protaetiabrevitarsis</i>	68.82 ± 0.41		Hametal., 2021
Método Randall.		<i>TenebrioMolitor (Larva)</i>	60.21 ± 1.08		Heidari-Parsa et al.,2018

Fonte: os autores.

Lipídios

Em segundo lugar na composição nutricional de insetos, estão os lipídios, encontrados em quantidades variáveis, conforme demonstrado na tabela 2. Besouro, cupins e gafanhotos respectivamente apresentaram maior percentual de lipídeos, as espécies com maior teor de lipídios foram *Rynchophorus phoenicis* (65.35%), *Macrotermes bellicosus* (44.84%), *Macrotermes falciger* (43.0%) e *Ruspolia differens* (42.2%). As larvas em sua maioria, possuem melhor conteúdo de gorduras (MLČEK et al., 2014), como pode ser observado nas larvas e abelhas, a espécie *PrataetiaBrevitarsis* apresentou em estágio larval (15.36%), e em fase adulta (9.91%) observado como menor valor, em *Apis mellifera* os percentuais variaram de (28.1%) em fase de larva e (21.1%) em pupa. Os resultados intermediários diferiram entre (34.54%) em *Tenebrio molitor* (10.0%) em *Gynasia maja*.

De acordo com a literatura, o teor médio de gordura da espécie Orthoptera é de 13.41%, Lepidopteras (largatas) 27,66%, baratas (blattodea) 29,90%; Isoptera (cupins) 32,74%, Hemiptera 30,26% e Coleoptera (besouro, larvas) 33,40%, com altos níveis de ácidos graxos insaturados (ABRIL et al., 2022; CUTRONEO S et al, 2023). Considerados importantes para dieta humana por fazer parte da síntese de órgãos e tecidos, e ser fonte energética significativa, principalmente para o coração, e para tecidos musculares (TANGA et al., 2023). Os cupins têm em sua concentração de gorduras, 74,19% de ácidos graxos insaturados (ABRIL et al., 2022).

Os ácidos graxos são classificados como saturados (SFA), e insaturados (UFA), e os insaturados, subclassificados como mono-insaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA). Altos níveis de ácidos graxos insaturados são recomendados por seus multifatores benéficos ao corpo, enquanto os saturados precisam ser controlados e ingeridos em menor quantidade por aumentar lipoproteínas de baixa densidade (+, et al., 2023). Geralmente os insetos têm mais ácidos graxos insaturados (UFA) do que ácidos graxos saturados (SFA) (DE CASTRO et al., 2018). A quantidade de ácidos graxos insaturados nos insetos ultrapassa a quantidade verificada nos bovinos e suínos (CUTRONEO S et al, 2023)

TABELA2 -Teor de lipídios em método de extração.

Método	Tipode Inseto	Nome científico	Teor de Lipídios g/100g(%)	Autor
Método Soxhelt.	Larvas	<i>AllomyrinaDichotoma</i>	20.25 ± 0.25	Ghoshetal., 2017
		<i>ProtaetiaBrevitarsis (larva)</i>	15.36 ± 0.40	
		<i>TenebrioMolitor (larva)</i>	34.54 ± 0.87	
	Grilo	<i>TeleogryllusEmma (Adulto)</i>	25.14 ± 0.21	Haberetal., 2019
		<i>GryllusBimaculatus</i>	11.88 ± 0.21	
	Abelha	<i>ApisMellifera(larva)</i>	28.1 ± 0.3	
		<i>ApisMellifera(Pupa)</i>	21.1 ± 1.1	
	Larvas	<i>PrateatiaBrevitarsis</i>	9.91 ± 0.41	Hametal., 2021
	Grilo	<i>BrachytrypesSpp</i>	11.76 ± 0.63	Akulloet al., 2018
	Cupim	<i>MacrotermesBellicosus</i>	44.84 ± 0.34	
Método Extrator solvente Velp com extrator de éter etílico.	Gafanhoto	<i>RuspoliaDifferens</i>	42,2 – 54,3	Ssepuuya et al., 2019
		<i>ZonocerusVariegatus</i>	20.00 ± 0.382	Anaduakaet al., 2021
	Besouro	<i>RhynchophorusPhoenicis</i>	65.35 ± 0.14	Anankwareet al., 2021
Método procedimento de AOAC e n-hexano como solvente.	Cupim	<i>MacrotermesFalciger</i>	43.0 ± 0.2	Siulapwaet al., 2014
	Larva	<i>Gonimbrasia Belina</i>	12.1 ± 0.2	
		<i>GynasiaMaja</i>	10.0 ± 0.2	

Fonte: Os autores.

Minerais

Outra característica nutricional presente nos insetos comestíveis, é que alguns são ricos em minerais. Gafanhotos, larvas de farinha, cupins e grilo são excelente fontes de ferro, zinco, cobre, fosforo, magnésio e manganês (DE CASTRO et al., 2018; FOMBONG FT et al, 2021).

A espécie *A. domesticus* apresentou, segundo o autor Finke (2002), maiores quantidades de fósforo (958 mg), magnésio (109 mg), zinco (21,8 mg), cobre (2,01 mg) e manganês (3,73 mg), os autores Barker et al (1998) encontraram menores quantidades dos minerais citados, e maior de cálcio (201 mg) e ferro (11,2 mg). Em *B. mori* estágio larval todos os minerais estavam em maiores quantidades quem em pupa. *G. assimilis* apresentou maior quantidade de cálcio (225 mg) e fósforo (3456 mg) comparado aos demais, e *G. sigillatus* (1190 mg) o segundo maior teor de potássio (Tabela 2).

Os autores Finke (2002) e Barker et al (1998), encontraram para *G. mellonella* valores de fósforo desiguais consideráveis, Finke chegou a 470 mg, e Barker et al a 1200 mg. Para Kim et al, Finke, e Zielińska et al, larvas da espécie *Tenebrio Molitor* expressaram os menores valores de cálcio, já para Barker et al o valor encontrado foi de 120 mg. O fósforo variou entre os 4 autores, de 568 mg a 1420 mg, e o magnésio de 138 mg a 280 mg. Potássio foi avaliado apenas por Finke (895 mg) e Zielińska et al (835 mg), e apresentou valores aproximados. O Ferro oscilou entre 3.3 mg e 6.3 mg, o zinco de 9.9 mg a 13.6 mg, e o cobre de 1.14 mg a 1.78 mg. Apenas Finke avaliou selênio e o valor encontrado foi 0,666 mg (Tabela 2).

A variação entre os métodos utilizados pelos autores, dificulta a comparação entre os valores encontrados para uma mesma espécie, assim como o protocolo de criação e abate.

Estudos feitos por Ghosh et al. (2017) mostram que os níveis de ferro em insetos comestíveis são maiores que em alimentos convencionais de origem animal. O *Tenebrio Molitor* apresentou 10,02 mg (g/100g) de ferro, enquanto o frango 2,6 mg (g/100mg).

Propriedades nutricionais

Uma abordagem possível no intuito de mudar a percepção dos consumidores é investir no estudo e divulgação dos benefícios à saúde associados ao consumo de insetos, explorando os compostos biologicamente ativos que oferecem diversos benefícios à saúde que incluem ação antibacteriana, antiinflamatória, anticolagenase, inibidor da elastase, inibidor da α -glicosidase, inibidor da lipase pancreática, antidiabético, antienvelhecimento além de melhorar propriedades imunológicas (KRONGDANG et al., 2023).

A ação antibacteriana de insetos comestíveis é um campo de pesquisa emergente que tem despertado interesse devido às propriedades antimicrobianas potenciais de certas espécies. Peptídeos antimicrobianos (AMP), presente naturalmente como parte do sistema imunológico de insetos, quando consumidos podem agir no trato gastrointestinal humano inibindo o crescimento de bactérias, fungos e vírus (FERRAZZANO et al., 2023). Desta forma, a inclusão de insetos em pós alimentícios ou extratos, pode ser explorada como uma abordagem para melhorar a segurança microbiológica dos alimentos.

A inflamação muitas vezes está associada ao estresse oxidativo, e substâncias antioxidantes podem ajudar a mitigar esse efeito, reduzindo a inflamação. À semelhança da ação antibacteriana, alguns peptídeos antimicrobianos produzidos por insetos podem ter propriedades anti-inflamatórias, por modular a resposta imunológica, reduzindo a inflamação em determinadas condições. Além de conter ácidos graxos ômega-3, que são conhecidos por suas propriedades anti-inflamatórias (EARNEST; CHINWUBA, 2019). Outros componentes bioativos presentes em insetos, como polifenóis e terpenoides, também podem desempenhar papel na redução da inflamação. Essas substâncias têm sido associadas a efeitos anti-inflamatórios em diversos contextos, mas esta ação anti-inflamatória pode variar entre diferentes espécies e estágios de desenvolvimento (YAHFOUFI et al., 2018).

Embora a relação exata entre insetos comestíveis e a colagenase, assim como a elastase, não esteja bem estabelecida, alguns aspectos gerais podem ser considerados. Insetos, como outros organismos, podem produzir inibidores de proteases como parte de seus mecanismos de defesa. Esses inibidores são projetados para neutralizar enzimas digestivas de predadores, mas sua influência direta na colagenase e

elastase não é clara.

A α -glicosidase é uma enzima envolvida na digestão de carboidratos complexos em moléculas de glicose mais simples. Inibidores de α -glicosidase são substâncias que podem retardar a absorção de glicose no trato gastrointestinal, sendo de interesse no controle da glicose sanguínea, especialmente em casos de diabetes (KASHTOH; BAEK, 2022). Evidências sugerem que insetos comestíveis podem conter compostos que possuem atividade inibidora da α -glicosidase.

Além disso, podem conter proteínas e peptídeos com diversas atividades biológicas. Alguns desses compostos têm sido estudados por suas potenciais propriedades antidiabéticas, incluindo a inibição da α -glicosidase e esses peptídeos podem influenciar a atividade enzimática, retardando a liberação de glicose (MA et al., 2023). Ademais, alguns insetos possuem antioxidantes e outros compostos bioativos que foram associados a efeitos benéficos na saúde, incluindo o controle glicêmico.

Esses compostos podem ter atividade inibidora da α -glicosidase, proporcionando potenciais benefícios antidiabéticos (FERRAZZANO et al., 2023). A lipase pancreática é uma enzima secretada pelo pâncreas que desempenha um papel crucial na digestão de gorduras. A inibição da lipase pancreática pode ser uma estratégia interessante no controle da absorção de gorduras, sendo potencialmente benéfica em casos de obesidade e distúrbios relacionados à ingestão excessiva de gorduras (LIU et al., 2020).

Embora a pesquisa sobre a ação de insetos como inibidores de lipase pancreática seja limitada, estudos sugerem que certos compostos bioativos e antioxidantes, presentes nesses insetos podem ter efeitos inibitórios e influenciar indiretamente a atividade da lipase pancreática, contribuindo para menor absorção de gorduras (AIELLO et al., 2023).

Insetos contêm polifenóis e carotenoides com potencial de combater o estresse oxidativo e a inflamação, dois fatores associados ao envelhecimento, além de serem ricos em ácidos graxos essenciais, como ômega-3 e ômega-6, com propriedades anti-inflamatórias e podem contribuir para a saúde da pele, ajudando a manter sua elasticidade e prevenindo o envelhecimento prematuro (FERRAZZANO et al., 2023). São ainda, uma fonte rica de vitaminas e minerais essenciais, como vitamina E, vitamina C, selênio e zinco, que desempenham papéis importantes na proteção contra danos oxidativos e podem apoiar a saúde da pele (MICHALAK et al., 2021).

A quitina é um polissacarídeo encontrado no exoesqueleto de insetos capaz de inibir o crescimento de bactérias, incluindo aquelas resistentes a antibióticos, também

tem demonstrado atividade anti-inflamatória, uma vez que pode modular a resposta imunológica e inibir processos inflamatórios; e seus derivados, como quitosana, também apresentam potenciais propriedades anti-inflamatórias (PATYRA; KWIATEK, 2023). Embora não seja um inibidor direto da colagenase e elastase, alguns estudos sugerem que pode desempenhar um papel na modulação de processos de cicatrização e regeneração de tecidos, associada a propriedades antidiabéticas, pois a quitina e seus derivados podem agir como inibidores da α -glicosidase, retardando a quebra de carboidratos complexos em glicose (TZENG; LIU; CHIANG, 2022).

TABELA3– Teordeminerais em insetos comestíveis

Espécie	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)	Na (mg)	K (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Cu (mg)	Mn (mg)	Se (mcg)
<i>A. Domesticus</i> ¹	132	958	109	435	1127	6,3	21,8	2,08	3,73	0,06
<i>A. Domesticus</i> ²	210	780	80	-	-	11,2	18,6	0,85	2,97	-
<i>B.Mori (Larva)</i> ¹	102	1370	288	275	1827	9,5	17,7	2,08	2,49	0,08
<i>B.Mori (Pupa)</i> ³	99	871	252	-	-	5,0	14,7	1,00	1,70	-
<i>G.Assimilis</i> ⁴	225	3456	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. Mellonella</i> ¹	59	470	76	40	533	5,0	6,1	0,92	0,31	0,02
<i>G. Mellonella</i> ²	60	1200	90	-	-	7,7	7,9	0,31	0,33	-
<i>G. Sigillatus</i> ⁵	130	-	101	330	1190	4,2	13,9	4,79	-	-
<i>L. Migratoria</i> ⁴	89	2852	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T.Molitor</i> ²	120	1420	280	-	-	4,0	13,1	1,78	0,68	-
<i>T.Molitor</i> ³	35	568	138	-	-	6,3	9,9	1,14	0,70	-
<i>T.Molitor</i> ¹	44	748	210	141	895	5,4	13,6	1,60	1,36	0,06
<i>T.Molitor</i> ⁵	41	-	304	57	835	3,3	11,2	1,86	-	-
<i>Z.Morio</i> ¹	120	830	180	-	-	5,0	8,8	1,39	0,15	-

Fontes: Os autores. (1)FINKE, 2002 (2); BARKER; FITZPATRICK; DIERENFELD, 1998; (3) KIM; WEAVER; CHOI, 2017; (4) KOURIMSKÁ; ADÁMKOVÁ, 2016; (5) IELIŃSKA et al., 2015.

A quitina é um polissacarídeo encontrado no exoesqueleto de insetos capaz de inibir o crescimento de bactérias, incluindo aquelas resistentes a antibióticos, também tem demonstrado atividade anti-inflamatória, uma vez que pode modular a resposta imunológica e inibir processos inflamatórios; e seus derivados, como quitosana, também apresentam potenciais propriedades anti-inflamatórias (PATYRA; KWIATEK, 2023). Embora não seja um inibidor direto da collagenase e elastase, alguns estudos sugerem que pode desempenhar um papel na modulação de processos de cicatrização e regeneração de tecidos, associada a propriedades antidiabéticas, pois a quitina e seus derivados podem agir como inibidores da α -glicosidase, retardando a quebra de carboidratos complexos em glicose (TZENG; LIU; CHIANG, 2022).

É importante destacar que a resposta biológica a compostos encontrados em insetos pode variar entre espécies e depender de fatores como preparação culinária e processamento.

Propriedadestecnofuncionaisesusasaplicaçõesnaindústriade alimentos

As proteínas nos alimentos possuem diversas funcionalidades, como formação de espuma, emulsificação ou gelificação, elasticidade, e para obtenção destas propriedades, inúmeras fontes de proteínas, podem ser utilizadas a exemplo das proteínas lácteas (JAYAKUMAR et al., 2023; KIM et al., 2019). Considerando as características de sustentabilidade e versatilidade, as proteínas obtidas de insetos já provaram ser mais eficientes e vantajosas, porém as características tecnológicas destas, também devem atender às necessidades da indústria de alimentos (KIM et al., 2019; YANG et al., 2023). Farinhas de insetos, além de boa fonte de nutrientes, têm se mostrado uma opção como substituto de proteína animal (CORTAZAR-MOYA et al., 2023).

A presença de proteínas estruturais confere elasticidade, propriedade importante na produção de alimentos, influenciando diretamente a textura e aceitação sensorial. Ao incorporar farinha de insetos em formulações alimentícias, é possível melhorar a elasticidade de produtos como massas, pães e barras de cereais, proporcionando uma textura mais agradável e atraente ao consumidor (CASTRO DELGADO et al., 2020).

A formação de gel é uma propriedade importante em diversas aplicações alimentícias, como sobremesas, molhos e produtos à base de carne, e os insetos

possuem proteínas que têm a capacidade de formar géis, contribuindo para a consistência e estabilidade de muitos produtos. Desta forma, a gelificação de proteínas de insetos pode ser explorada para criar texturas únicas e melhorar a retenção de água, resultando em alimentos mais suculentos e nutritivos (NWACHUKWU; ALUKO, 2021). Também apresentam potencial como emulsificantes naturais, lipídios e proteínas em sua composição, facilitam a formação e estabilização de emulsões em sistemas alimentícios (FASOLIN et al., 2019). Isso é particularmente relevante na produção de molhos, maioneses e produtos de panificação, onde a emulsificação desempenha um papel fundamental na textura e na qualidade sensorial dos alimentos.

Importante ressaltar, que o processo de extração da proteína pode mudar estas características, por alterações na solubilidade e concentração das proteínas ou pelas características da matriz proteica envolvida (KIM et al., 2019). Considerando que a hidrofobicidade superficial e a solubilidade da proteína sejam modificadas, em condições ácidas ou alcalinas ou adição de NaCl, essas características podem ser afetadas pela presença de quitina (KIM et al., 2022). Ocorre a melhora na funcionalidade nos hidrolisados proteicos com a remoção da porção quitina pela centrifugação, além de alterações conformacionais proteicas associadas a hidrólise enzimática, o que sugere a hidrólise enzimática controlada destas proteínas, como uma opção para melhorar a funcionalidade de proteínas de insetos (LICEAGA, 2019).

A redução da solubilidade da quitina pode resultar no aprimoramento de propriedades técnicas, como a capacidade de formação de espuma e estabilidade. Além disso, condições alcalinas e uma concentração elevada de NaCl parecem mais propícias para a estabilidade térmica de proteínas extraídas. Em um estudo realizado por Kim e colaboradores (2022), foi investigado o impacto das condições de extração nas propriedades tecnológicas da proteína de larvas de *Protaetia brevitarsis*, foi observado que o pH da proteína extraída aumentou proporcionalmente ao aumento do pH e redução da concentração de NaCl.

Assim, a busca por alternativas sustentáveis e nutritivas na indústria alimentícia tem impulsionado a pesquisa sobre insetos comestíveis, e as propriedades técnico-funcionais mencionadas acima destacam o potencial desses organismos como ingredientes inovadores. No entanto, é crucial abordar desafios regulatórios, considerações culturais e questões de aceitação do consumidor para impulsionar efetivamente a adoção desses ingredientes na produção alimentícia em larga escala.

Conclusões

Futuramente a demanda por alimentos convencionais poderá não ser suficiente para atender as necessidades nutricionais da população mundial. Visto isso, esta revisão coloca em evidência os insetos como uma opção alimentar segura e sustentável.

É cientificamente provado que os insetos são fonte de proteínas, ácidos graxos insaturados, aminoácidos essenciais, e minerais, ou seja, macro e micronutrientes, e em muitos casos com teores melhores do que nos produtos de origem animal e vegetal.

Certamente é necessário que métodos e técnicas, sejam usados para garantir que a ingestão dos insetos como alimento não traga danos a saúde humana, bem como para promover aceitação, principalmente da população ocidental que culturalmente, a entomofagia, ainda não é totalmente aceita. Portanto, para que não haja risco de contaminação de microrganismos patogênicos ser regulada a reprodução deve ser controlada com cuidados especiais.

Referências

ABRIL, S. et al. *Edible insects in Latin America: a sustainable alternative for our food security*. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 2022.

AIELLO, D. et al. *Edible insects: an alternative nutritional source of bioactive compounds: a review*. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 28, n. 2, p. 699, 10 jan. 2023.

AKULLO, J. et al. *Nutrient composition of commonly consumed edible insects in the Lango sub-region of northern Uganda*. **International Food Research Journal**, v. 25, p. 159–166, 1 jan. 2018.

ANA DUAKA, E. G. et al. *Nutritional compositions of two edible insects: *Oryctes rhinoceros* larva and *Zonocerus variegatus**. **Heliyon**, v. 7, n. 3, p. e06531, 1 mar. 2021.

ANANKWARE, J. P. et al. *The nutritional profiles of five important edible insect species from West Africa—An analytical and literature synthesis*. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, 2021.

ASHKAR, F.; WU, J. *Effects of food factors and processing on protein digestibility and gut microbiota*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 23, p. 8685–8698, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00442>.

AYDOĞAN, Z. *Anthropo-entomophagy: quantitatively chemical assessment of some edible arthropods bought from an e-shop*. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 28, n. 12, p. 15462–15470, mar. 2021.

BANJO, A. D.; LAWAL, O. A.; SONGONUGA, E. A. *The nutritional value of fourteen species of edible insects in south western Nigeria.* **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 3, p. 298–301, 2006.

BARKER, D.; FITZPATRICK, M. P.; DIERENFELD, E. S. *Nutrient composition of selected whole invertebrates.* **Zoo Biology**, v. 17, n. 2, p. 123–134, 1998.

BELLUCO, S. et al. *Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review.* **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 3, p. 296–313, 2013.

CASTRO DELGADO, M. et al. *Consumer acceptability in the USA, Mexico, and Spain of chocolate chip cookies made with partial insect powder replacement.* **Journal of Food Science**, v. 85, n. 6, p. 1621–1628, jun. 2020.

CHURCHWARD-VENNE, T. A. et al. *Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption.* **Nutrition Reviews**, v. 75, n. 12, p. 1035–1045, 1 dez. 2017.

CORTAZAR-MOYA, S. et al. *Nutritional composition and techno-functionality of non-defatted and defatted flour of edible insect *Arsenura armida*.* **Food Research International (Ottawa, Ont.)**, v. 173, pt. 2, p. 113445, nov. 2023.

CUTRONEO, S. et al. *Comparison of protein quality and digestibility between plant-based and meat-based burgers.* **Food Research International**, v. 172, p. 113183, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113183>.

DE CASTRO, R. J. S. et al. *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, 1 jun. 2018.

EARNEST, E.; CHINWUBA, P. *Edible insects bio-actives as antioxidants: current status and perspectives.* **Journal of Complementary Medicine Research**, v. 10, p. 1, 1 jan. 2019.

ELHASSAN, M. et al. *Quality aspects of insects as food—nutritional, sensory, and related concepts.* **Foods**, v. 8, n. 3, p. 95, mar. 2019.

FASOLIN, L. H. et al. *Emergent food proteins – towards sustainability, health and innovation.* **Food Research International (Ottawa, Ont.)**, v. 125, p. 108586, nov. 2019.

FERRAZZANO, G. F. et al. *Bioactive peptides derived from edible insects: effects on human health and possible applications in dentistry.* **Nutrients**, v. 15, n. 21, p. 4611, jan. 2023.

FINKE, M. D. *Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores.* **Zoo Biology**, v. 21, n. 3, p. 269–285, 2002.

FOMBONG, F. T. et al. *Affordable processing of edible orthopterans provides a highly nutritive source of food ingredients.* **Foods**, v. 10, n. 1, p. 144, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10010144>.

GHOSH, S. et al. *Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea.* **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 2, p. 686–694, 1 jun. 2017.

GKINALI, A. A.; MATSAKIDOU, A.; PARASKEVOPOULOU, A. *Characterization of Tenebrio molitor larvae protein preparations obtained by different extraction approaches.* **Foods**, v. 11, n. 23, p. 3852, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11233852>.

GRASSO, A. C. et al. *Older consumers' readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union.* **Nutrients**, v. 11, n. 8, p. 1904, ago. 2019.

HABER, M. et al. *Edible larvae and pupae of honeybee (Apis mellifera): odor and nutritional characterization as a function of diet.* **Food Chemistry**, v. 292, p. 197–203, 15 set. 2019.

HAM, Y.-K. et al. *Nutritional composition of white-spotted flower chafer (Protaetia brevitarsis) larvae produced from commercial insect farms in Korea.* **Food Science of Animal Resources**, v. 41, n. 3, p. 416–427, maio 2021.

HEIDARI-PARSA, S. et al. *Determination of yellow mealworm (Tenebrio molitor) nutritional value as an animal and human food supplementation.* p. 9, 2018.

ILLA, J.; YUGUERO, O. *Analysis of the ethical, economic, and environmental aspects of entomophagy.* **Cureus**, v. 14, n. 7, p. e26863, jul. 2022.

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

JANTZEN DA SILVA LUCAS, A. et al. *Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds.* **Food Chemistry**, v. 311, p. 126022, 1 maio 2020.

JAYAKUMAR, J. et al. *Lesser mealworm (Alphitobius diaperinus) protein as a replacement for dairy proteins in the production of O/W emulsions: droplet coalescence studies using microfluidics under controlled conditions.* **Food Research International**, v. 172, p. 113100, 1 out. 2023.

JONATHAN, A. A. *Proximate and anti-nutritional composition of two common edible insects: yam beetle (Heteroligus meles) and palm weevil (Rhynchophorus phoenicis).* p. 5, 2012.

KAMALAPURAM, S. K.; HANDRAL, H.; CHOUDHURY, D. *Cultured meat prospects for a billion!* **Foods**, v. 10, n. 12, p. 2922, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10122922>.

KASHTOH, H.; BAEK, K.-H. *Recent updates on phytoconstituent alpha-glucosidase inhibitors: an approach towards the treatment of type two diabetes.* **Plants**, v. 11, n. 20, p. 2722, jan. 2022.

KEWUYEMI, Y. O. et al. *Fermented edible insects for promoting food security in Africa.* **Insects**, v. 11, n. 5, p. 283, maio 2020.

KIM, S.-K.; WEAVER, C. M.; CHOI, M.-K. *Proximate composition and mineral content of five edible insects consumed in Korea.* **CyTA – Journal of Food**, v. 15, n. 1, p. 143–146, 2 jan. 2017.

KIM, T.-K. et al. *Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends.* **Food Science of Animal Resources**, v. 39, n. 4, p. 521–540, ago. 2019.

KIM, T.-K. et al. *Effect of extraction condition on technological properties of protein from *Protaetia brevitarsis* larvae.* **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 8, n. 2, p. 147–155, 1 fev. 2022.

KOUŘIMSKÁ, L.; ADÁMKOVÁ, A. *Nutritional and sensory quality of edible insects.* **NFS Journal**, v. 4, p. 22–26, 1 out. 2016.

KRONGDANG, S. et al. *Edible insects in Thailand: an overview of status, properties, processing, and utilization in the food industry.* **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2162, jan. 2023.

KURDI, P. et al. *Studies on microbial quality, protein yield, and antioxidant properties of some frozen edible insects.* **International Journal of Food Science**, v. 2021, p. e5580976, 24 mar. 2021.

LICEAGA, A. M. *Approaches for utilizing insect protein for human consumption: effect of enzymatic hydrolysis on protein quality and functionality.* **Annals of the Entomological Society of America**, v. 112, n. 6, p. 529–532, 11 nov. 2019.

LIU, T.-T. et al. *Lipase inhibitors for obesity: a review.* **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 128, p. 110314, ago. 2020.

MA, Z. et al. *Current state of insect proteins: extraction technologies, bioactive peptides and allergenicity of edible insect proteins.* **Food & Function**, v. 14, n. 18, p. 8129–8156, 19 set. 2023.

MARONO, S. et al. *In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits.* **Italian Journal of Animal Science**, v. 14, n. 3, p. 3889, 1 jan. 2015.

MATANDIROTYA, N. R. et al. *Edible insects consumption in Africa towards environmental health and sustainable food systems: a bibliometric study.* **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 22, p. 14823, 2022.

MEYER-ROCHOW, V. B. et al. Chemical composition, nutrient quality and acceptability of edible insects are affected by species, developmental stage, gender, diet, and processing method. *Foods*, v. 10, n. 5, p. 1036, 2021.

MICHALAK, M. et al. Bioactive compounds for skin health: a review. *Nutrients*, v. 13, n. 1, p. 203, 2021.

MINA, G.; PEIRA, G.; BONADONNA, A. The potential future of insects in the European food system: a systematic review based on the consumer point of view. *Foods*, v. 12, n. 3, p. 646, 2023.

MLČEK, J. et al. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A review. 2014.

MOURA, M. A. F. E. et al. Alternative protein sources of plant, algal, fungal and insect origins for dietary diversification in search of nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 63, n. 31, p. 10691–10708, 2023. DOI: 10.1080/10408398.2022.2085657.

NOWAKOWSKI, A. C. et al. Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 62, n. 13, p. 3499–3508, 2022.

NWACHUKWU, I. D.; ALUKO, R. E. CHAPTER 1: Food protein structures, functionality and product development. In: UDENIGWE, C. C. (ed.). *Nutritional Signaling Pathway Activities in Obesity and Diabetes*. London: Royal Society of Chemistry, 2021. p. 1–33. (Food Chemistry, Function and Analysis).

OKABE, S. et al. Glycogen metabolism of the anammox bacterium "Candidatus Brocadia sinica". *ISME Journal*, v. 15, n. 5, p. 1287–1301, 2021. DOI: 10.1038/s41396-020-00850-5.

OMUSE, E. R. et al. The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 5045, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-55603-7.

ORDOÑEZ-ARAQUE, R.; QUISHPILLO-MIRANDA, N.; RAMOS-GUERRERO, L. Edible insects for humans and animals: nutritional composition and an option for mitigating environmental damage. *Insects*, v. 13, n. 10, p. 944, 2022.

ORKUSZ, A. Edible insects versus meat—nutritional comparison: knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, v. 13, n. 4, p. 1207, 2021.

PAN, J. et al. Recent insight on edible insect protein: extraction, functional properties, allergenicity, bioactivity, and applications. *Foods*, v. 11, n. 19, p. 2931, 2022.

PATYRA, E.; KWIATEK, K. Insect meals and insect antimicrobial peptides as an alternative for antibiotics and growth promoters in livestock production. *Pathogens*, v. 12, n. 6, p. 854, 2023.

PENEDO, A. O. et al. The consumption of insects in Switzerland: university-based perspectives of entomophagy. *Foods*, v. 11, n. 18, p. 2771, 2022.

RAHEEM, D. et al. Traditional consumption and rearing of edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 59, n. 14, p. 2169–2188, 2019.

RIBEIRO, J. C. R. Estudo do potencial dos insetos comestíveis para aplicação na indústria alimentar. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ipv.pt/handle/20.500.11960/2299>. Acesso em: 12 jul. 2025.

ROS-BARÓ, M. et al. Edible insect consumption for human and planetary health: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 18, p. 11653, 2022.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 57, n. 5, p. 802–823, 2013.

SANTHOSH, R.; YADAV, B. K.; RAWSON, A. Otimização da extração de proteínas de larvas de bicho-da-farinha amarelo. *International Journal of Chemical Studies*, v. 7, p. 4577–4582, 2019.

SATITSRI, S.; MUANPRASAT, C. Chitin and chitosan derivatives as biomaterial resources for biological and biomedical applications. *Molecules*, v. 25, n. 24, p. 5961, 2020. DOI: 10.3390/molecules25245961.

SCHLÜTER, O. et al. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 61, n. 6, 2017.

SIULAPWA, N. et al. Nutritional value of four common edible insects in Zambia. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, v. 3, p. 876–884, 2014.

SON, Y.-J. et al. Determination of carbohydrate composition in mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae and characterization of mealworm chitin and chitosan. *Foods*, v. 10, n. 3, p. 640, 2021.

SSEPUUYA, G. et al. Nutrient composition of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* Serville: effect of swarming season and sourcing geographical area. *Food Chemistry*, v. 301, p. 125305, 2019.

TANGA, C. M. et al. Potential of insect life stages as functional ingredients for improved nutrition and health. *Insects*, v. 14, n. 2, p. 136, 2023.

TESSARI, P.; LANTE, A.; MOSCA, G. Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental food print? *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 26074, 2016.

TUNES, S. Insetos comestíveis. 2023.

TZENG, H.-P.; LIU, S.-H.; CHIANG, M.-T. Antidiabetic properties of chitosan and its derivatives. *Marine Drugs*, v. 20, n. 12, p. 784, 2022.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, v. 58, n. 1, p. 563–583, 2013.

VERNEAU, F.; AMATO, M.; LA BARBERA, F. L. Edible insects and global food security. *Insects*, v. 12, n. 5, p. 472, 2021.

WILKINSON, K. et al. Australian consumers' awareness and acceptance of insects as food. *Insects*, v. 9, n. 2, p. 44, 2018.

YAHFOUFI, N. et al. The immunomodulatory and anti-inflammatory role of polyphenols. *Nutrients*, v. 10, n. 11, p. 1618, 2018.

YANG, J. et al. Edible insects as ingredients in food products: nutrition, functional properties, allergenicity of insect proteins, and processing modifications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 1–23, 2023.

ZHOU, Y. et al. Nutritional composition, health benefits, and application value of edible insects: a review. *Foods*, v. 11, n. 24, p. 3961, 2022.

ZIELIŃSKA, E. et al. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, v. 77, p. 460–466, 2015.

CAPÍTULO II – Neofobia Alimentar e fobia entomofágica: um estudo sobre a inserção de insetos na alimentação do brasileiro

NEOFobia ALIMENTAR E Fobia ENTOMOFÁGICA: UM ESTUDO SOBRE A INSERÇÃO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DO BRASILEIRO

FOOD NEOPHOBIA AND ENTOMOPHAGIC PHOBIA: A STUDY ON THE INCORPORATION OF INSECTS IN BRAZILIAN DIETS

NEOFobia ALIMENTARIA Y Fobia ENTOMOFÁGICA: UN ESTUDIO SOBRE LA INCORPORACIÓN DE INSECTOS EN LA ALIMENTACIÓN BRASILEÑA

REVISTA DESAFIOS – ISSN 2359-3652

Aceito em 29/04/2025

Andrea Bittencourt de Santana Teixeira

Doutorando em Alimentos e Nutrição pelo Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). E-mail: andreabittst@gmail.com | [Orcid.org/0009-0004-3417-8816](https://orcid.org/0009-0004-3417-8816)

Danielly de Andrade Rangel

Acadêmica de Nutrição. Universidade Iguaçu (UNIG). E-mail: rangeldanielly@gmail.com | [Orcid.org/0009-0000-3866-1814](https://orcid.org/0009-0000-3866-1814)

Rafael Silva Cadena

Professor do Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). E-mail: rafael.cadena@unirio.com | [Orcid.org/0000-0001-9403-8859](https://orcid.org/0000-0001-9403-8859)

RESUMO:

Com o aumento populacional, torna-se essencial explorar fontes sustentáveis de proteína, como insetos, considerados uma alternativa viável. No entanto, sua aceitação varia entre culturas, enfrentando barreiras, principalmente a percepção negativa como alimento. Este estudo investigou a disposição dos brasileiros, onívoros e vegetarianos, em aceitar novos alimentos, sua relação com a antropofagia e fatores que influenciam o consumo de insetos. Foi utilizada Escala de Neofobia Alimentar (ENA) em questionário online, para avaliar a aceitação dos participantes. Os resultados mostraram que a maioria dos brasileiros é neutra quanto à neofobia alimentar, mas apresenta neofobia em relação à entomofagia. Onívoros demonstraram leve aceitação dos benefícios ecológicos do consumo de insetos, enquanto os vegetarianos foram mais céticos, possivelmente devido a questões éticas. A formiga foi o inseto mais consumido, mas ambos os grupos mostraram forte aversão ao consumo de insetos, especialmente os vegetarianos. Produtos com insetos devem evitar partes visíveis para melhorar a aceitação.

PALAVRAS-CHAVE: Antropofagia, escalade neofobia alimentar, Vegetarianos.

ABSTRACT:

With the growing population, it is essential to explore sustainable sources of protein, such as insects, which are considered a viable alternative. However, their acceptance varies across cultures, facing barriers, mainly negative perceptions as food. This study investigated the willingness of Brazilians, both omnivores and vegetarians, to accept new foods, their relationship with entomophagy, and the factors influencing insect consumption. The Food Neophobia Scale (FNS) was used in an online questionnaire to assess participants' acceptance. The results showed that most Brazilians are neutral regarding food neophobia but exhibit neophobia concerning entomophagy. Omnivores displayed slight acceptance of the ecological benefits of insect consumption, while vegetarians were more skeptical, possibly due to ethical concerns. The ant was the most commonly consumed insect, but both groups demonstrated a strong aversion to insect consumption, especially among vegetarians. Insect-containing products should avoid visible parts to enhance acceptance.

KEYWORDS: *Anthropoentomophagy, food neophobia scale, vegetarians.*

RESUMEN:

Con el aumento de la población, se vuelve esencial explorar fuentes sostenibles de proteína, como los insectos, que se consideran una alternativa viable. Sin embargo, su aceptación varía entre culturas, enfrentando barreras, principalmente la percepción negativa como alimento. Este estudio investigó la disposición de los brasileños, tanto omnívoros como vegetarianos, para aceptar nuevos alimentos, su relación con la antropoentomofagia y los factores que influyen en el consumo de insectos. Se utilizó la Escala de Neofobia Alimentaria (ENA) en un cuestionario en línea para evaluar la aceptación de los participantes. Los resultados mostraron que la mayoría de los brasileños es neutral respecto a la neofobia alimentaria, pero presenta neofobia en relación con la entomofagia. Los omnívoros demostraron una leve aceptación de los beneficios ecológicos del consumo de insectos, mientras que los vegetarianos fueron más escépticos, posiblemente debido a cuestiones éticas. La hormiga fue el insecto más consumido, pero ambos grupos mostraron una fuerte aversión al consumo de insectos, especialmente los vegetarianos. Los productos que contienen insectos deben evitar partes visibles para mejorar la aceptación.

Palabras clave: *Antropoentomofagia, escaladeneofobiaalimentar, vegetarianos.*

Introdução

Compreender as preferências alimentares de cada pessoa é essencial para impactar positivamente a cadeia alimentar atual, assegurando o bem-estar dos consumidores e a preservação do meio ambiente. Isso requer uma abordagem interdisciplinar para analisar as influências que afetam as escolhas de consumo (Chen & Antonelli, 2020), sendo a neofobia alimentar (NA) um desses fatores.

Descrita como a relutância/receio em experimentar alimentos desconhecidos, associada a aversões sensoriais e consequências negativas, a NA é um comportamento alimentar complexo com influencia de fatores genéticos e ambientais. Assim, quanto mais elevado o nível de neofobia alimentar, menos familiarizado com muitos alimentos estará, podendo ser modificado tanto através da familiarização do alimento quanto o apelo visual que pode tornar o alimento atrativo, levando ao aumento de experiências positivas e com isso a redução gradativa da neofobia alimentar (Karaağaç & Bellikci-Koyu, 2023).

A população mundial tem aumentado de forma exponencial, indicando que pode haver a necessidade de alimentos para suprir essa demanda. Como resultado deste crescimento, pode-se ter um efeito ambiental e econômico desastroso, assim como reflexo nas condições de saúde da população mundial (Ribeiro, 2017). Por isso, apreocupação em suprir nutrientes da dieta de forma sustentável, com o consumo adequado de proteína, fundamental para a manutenção da massa muscular e prevenção da desnutrição energético-proteica (Van Huis *et al.*, 2021).

Insetos comestíveis foram recentemente propostos como fonte alternativa de proteína na dieta, que pode ser produzida de maneira mais viável em escala comercial sustentável, contribuindo para garantir a segurança alimentar global e resolver problemas relacionados à cadeia de suprimento de alimentos convencionais, incluindo água, terra e déficits de energia elétrica (Choe *et al.*, 2019).

A Organização das Nações Unidas (ONU) considera o consumo de insetos (entomofagia) como possível solução para a segurança alimentar mundial e a Autoridade Europeia para Segurança Alimentar (EFSA) avaliou e considerou como próprios para consumo a farinha de minhoca amarela (*Tenebrio molitor*) dentre outros insetos e derivados (Orkusz, 2021). Em nações onde existe tradição no consumo de várias espécies de insetos, estes não aparecem nas diretrizes alimentares (Grabowski *et*

al., 2020).

Embora insetos sejam reconhecidos como fonte alternativa sustentável e nutritiva de proteína em muitas culturas ao redor do mundo, a aceitação como alimento varia de acordo com as diferentes culturas, na Índia, a taxa de aceitação é baixa devido à percepção de que o consumo de insetos é proibido por motivos religiosos (Alhujailiet *al.*, 2023). Vegetarianos podem estar abertos a consumi-los (dependendo de quão flexível no consumo de proteína animal seja a sua dieta), enquanto os veganos podem considerá-los uma fonte de proteína animal e, portanto, não os consomem (Elorinne *et al.*, 2019).

É importante compreender o comportamento de aceitação alimentar do consumidor, para propor estratégias sustentáveis e por isso perceber o quão neofílica é uma população e seu conhecimento sobre antroponomofagia.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi compreender o quão dispostos a conhecer novos alimentos está o brasileiro e sua relação com a antroponomofagia, além de identificar qual o percentual de pessoas são neofílicas, neutras e neofóbicas e quais os fatores individuais e coletivos motivadores para o uso de insetos na alimentação, e a probabilidade de consumo de acordo com o inseto envolvido.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de delineamento transversal, utilizando um método quantitativo descritivo, objetivando caracterizar a neofobia alimentar por meio de um questionário autoaplicável, avaliando a conscientização e aceitação dos consumidores quanto à possibilidade do consumo de insetos na fabricação de alimentos. Para isso, utilizou-se a Escala de Neofobia Alimentar (ENA), desenvolvida por Pliner e Hobden (1992).

Delineamento do Estudo

A expectativa e a avaliação do grau de informação dos consumidores foram mensuradas a partir de um questionário virtual, distribuído via WhatsApp por meio de um link gerado pela ferramenta Google Forms. Este método foi escolhido por possibilitar a participação de indivíduos do Brasil e permitir a padronização da linguagem durante a leitura do questionário, eliminando o viés dos erros que poderiam

ocorrer durante uma entrevista. O questionário esteve disponível no período de três meses. A amostra se constituiu de maiores de 18 anos de ambos os sexos.

Diante da aceitação em participar do estudo foi solicitado selecionar no questionário on line a opção de ter sido informado sobre o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) conforme preconiza a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNIRIO (CEP-UNIRIO) e foi aprovado sob o número CAAE:38976320.4.0000.5285.

Foram incluídas perguntas abertas sobre dados demográficos do consumidor abordando sexo, idade, renda familiar, região de residência e consumo de proteínas. Em seguida, aplicou-se a ENA composta por 10 perguntas respondidas em escala hedônica de 7 pontos. Após, foram apresentadas questões diretas, como: já ouviram falar de entomofagia ou insetos comestíveis? Se já comeram, qual o inseto ingerido? Na última fase foi avaliada a percepção para experimentar diferentes insetos comestíveis ou alimentos à base de insetos; seu entendimento em relação aos benefícios da adição/suplementação de insetos para o consumo humano; e até que ponto fatores ambientais podem influenciar sua disposição para comer insetos.

Análise Estatística

Foram utilizadas duas escalas de fobia alimentar: uma para alimentos em geral e uma específica para insetos (Moruzzo, 2021). Em ambos os casos, cada resposta recebeu uma pontuação de 1 a 7, onde 1 indicava um perfil mais neofílico e 7 indicava um perfil mais neofóbico. Dessa forma, o somatório de pontos de cada participante poderia variar de 10 a 70 para cada uma das escalas. Os que pontuaram de 10 a 29 pontos receberam a classificação de neofílicos; de 30 a 49 pontos, neutros; e de 50 a 70 pontos, neofóbicos.

Para construção do intervalo de confiança de 95%, foi utilizado o *t-test* para dados que seguissem a distribuição normal e o teste Z para os demais casos. Nas análises de comparação de frequência foi realizado o teste do qui-quadrado e, quando pelo menos um dos valores era menor que 5, foi utilizado o teste G com a correção de Williams para que o valor se tornasse mais fidedigno. Em ambos os testes, foram consideradas estatisticamente significativas as diferenças nas quais $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas 523 respostas válidas, sendo 74% do sexo feminino e 25% masculino e 0,4% não responderam. A faixa etária com maior respostas foi de 25 a 34 anos, com renda familiar de 10 salários mínimos ou mais, sendo a maioria residente da região Sudeste. A neofobia alimentar e entomofágica foram descritas na tabela 1.

Quanto à neofobia alimentar, a maioria foi caracterizada como neutro (62%, $n=323$), indicando disposição para experimentar novos alimentos, sem uma tendência clara em direção à aversão ou ao interesse. É importante reconhecer que a relação de cada indivíduo com a comida é única e pode variar. Não houve diferença entre os sexos ($p>0,05$), apesar do maior percentual ser de mulheres (68%), mas houve diferença significativa na pontuação de fobia entomofágica ($p<0,05$), indicando que entre os participantes, as mulheres apresentaram o comportamento fóbico entomofágico maior.

Estes resultados vão de encontro aos de Illa e colaboradores (2022), em seu estudo sobre análise dos aspectos éticos, econômicos e ambientais da entomofagia. Da mesma forma no trabalho Çınar e colaboradores (2021), ao estudarem a natureza multidimensional da neofobia alimentar, em que mulheres apresentaram comportamento neofóbico entomofágico maior que os homens.

Não foram identificadas diferenças estatísticas ($p>0,05$) de neofobia alimentar e fobia entomofágica entre as diferentes faixas etárias, apesar do maior percentual ser entre os mais jovens. Esses resultados estão em consonância com estudos recentes de Orkusz e colaboradores (2020) e Kamenidou e colaboradores (2023), que destacam maior predisposição dos jovens a experimentar alimentos à base de insetos.

Em relação à região de residência, os residentes do Centro-Oeste apresentaram menores níveis de fobia entomofágica em comparação com os de outras regiões ($p<0,05$). Este achado pode ser atribuído ao histórico-cultural da região, onde o consumo de insetos era uma prática comum entre os ancestrais, um hábito que, de acordo com Molina e colaboradores (2023), não foi completamente extinto.

Tabela 1 – Relação entre fobias alimentares e entomofágicas e fatores socio-demográficos

Variável	Pontuação neofobia alimentar (mediana)	Neofobia alimentar						p	Pontuação fobia entomofágica (mediana)	Fobia entomofágica						p
		Neofilico (N=144)		Neutro (N=323)		Neofóbico (N=54)				Neofilico (N=87)		Neutro (N=105)		Neofóbico (N=331)		
		N	%	N	%	N	%			N	%	N	%	N	%	
Sexo (N=521) ^a																
Masculino	37	41	28,5	82	25,2	11	20,4	0,494	51	37	42,5	29	27,6	68	20,5	<0,001
Feminino	35	103	71,5	241	74,2	43	79,6		64	50	57,5	75	71,4	262	79,2	
Idade (N=523)																
18 a 24 anos	33	40	27,8	56	17,2	8	14,8	0,05	65	12	13,8	18	17,1	74	22,4	0,50
25 a 34 anos	35	45	31,3	92	28,3	16	29,6		57	32	36,8	31	29,5	90	27,2	
35 a 44 anos	37,5	25	17,4	94	28,9	11	20,4		62,5	18	20,7	25	23,8	87	26,3	
45 a 54 anos	37,5	19	13,2	46	14,2	9	16,7		57,5	13	14,9	19	18,1	42	12,7	
55 a 64 anos	40	12	8,3	30	9,2	6	11,1		58	10	11,5	8	7,6	30	9,1	
≥65 anos	39	3	2,1	7	2,2	4	7,4		62	2	2,3	4	3,8	8	2,4	
Renda familiar (N=521) ^b																
≤1 salário	32	8	5,6	8	2,5	0	0	0,160	69	1	1,1	2	1,9	13	3,9	0,04
1,1 a 1,9 salários	38	17	11,8	66	20,3	10	18,5		61	19	21,8	20	19	54	16,3	
2 a 4,9 salários	37	36	25	93	28,6	15	27,8		63	31	35,6	18	17,1	95	28,7	
5 a 9,9 salários	35,5	32	22,2	75	23,1	13	24,1		61	16	18,4	25	23,8	79	23,9	
≥10 salários	33	51	35,4	81	24,9	16	29,6		58	20	23	40	38,1	88	26,6	
Região de residência (N=521) ^b																
Norte	41,5	2	1,4	22	6,8	4	7,4	0,07	59,5	9	10,3	3	2,9	16	4,8	0,006
Nordeste	37	25	17,4	62	19,1	15	27,8		56,5	22	25,3	17	16,2	63	19	
Sudeste	36	84	58,3	183	56,3	27	50		63	39	44,8	59	56,2	196	59,2	
Sul	33	31	21,5	45	13,8	8	14,8		61,5	11	12,6	22	21	51	15,4	
Centro-Oeste	33	2	1,4	11	3,4	0	0		35	6	6,9	3	2,9	4	1,2	

Fonte: os autores

Ao analisar a região de residência e o hábito de consumo de carne ($p < 0,05$), o Sudeste destaca-se como área com a maior porcentagem de consumidores de carne (45,3%), seguida pelo Nordeste (21,44%). Quando se trata da familiaridade com insetos comestíveis, as diferenças entre as regiões não foram significativas ($p > 0,05$), indicando que proporções semelhantes de indivíduos em todas as regiões já ouviram falar sobre o tema. Da mesma forma, o consumo de insetos não apresentou variações entre as regiões ($p > 0,05$), com índices relativamente baixos de consumo em todo o país (tabela 2).

Esses achados sugerem que o Sudeste por ter população com renda mais elevada pode ser um fator associado a um consumo mais elevado de proteínas de origem animal, conforme apontado por Carvalho e colaboradores (2019). Contudo, apesar da familiaridade com a entomofagia ser relativamente homogênea entre as diferentes regiões do Brasil, nenhum grupo regional demonstrou diferença no consumo de insetos.

Os resultados da tabela 3 indicam que a maioria dos participantes, independentemente da categoria de dieta vegetariana seguida, já ouviu falar sobre insetos comestíveis. No entanto, não foram observadas diferenças entre os grupos quanto a essa variável ($p>0,05$), bem como em relação ao consumo de insetos ($p>0,05$), pois somente uma pequena parcela relatou já ter consumido. Esses achados sugerem que a familiaridade e o consumo de insetos não estão diretamente associados ao tipo específico de dieta vegetariana adotada pelos participantes.

Tabela 2 – Diferença de consumo de carne e insetos comestíveis entre onívoros e regiões de residência

Região de Residência (N=373)											
Variáveis	Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste		P
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Consomecarne?											
Sim	30	8,04	80	21,44	169	45,3	53	14,2	16	4,28	0,001
Não	0	0	2	0,53	9	2,41	13	3,48	1	0,26	
Ouviufalar sobreinsetoscomestíveis?											
Sim	24	6,43	69	18,49	137	36,72	56	15,01	13	3,48	0,554
Não	6	1,6	13	3,48	41	10,99	10	2,68	4	1,07	
Consumiuinsetos?											
Sim	4	1,07	15	4,02	30	8,04	9	2,41	7	1,87	0,149
Não	26	6,97	67	17,96	148	39,67	57	15,28	10	2,68	

Fonte: os autores

Entre uma parcela dos vegetarianos, foi identificada predisposição para entomofagia, baseada na percepção de que insetos não são considerados "animais adequados" do ponto de vista moral, por não possuírem consciência ou capacidade de sofrer, conforme argumentado por Elorinne e colaboradores (2019).

Tabela 3– Diferença de consumo de insetos e conhecimento sobre entomofagia entre os diferentes tipos de vegetarianos.

Tipodealimentação (N=147)											
Variáveis	Lacto-vegetarianos		Ovo-vegetarianos		Ovo-lacto-vegetarianos		Vegetarianos estritos		Veganos		P
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Ouviufalar sobreinsetoscomestíveis?											
Sim	6	4,0	5	3,4	80	54,4	6	4,1	15	10,2	0,118
Não	1	0,7	0	0	25	17	5	3,4	4	2,7	
Consumiuinsetos?											
Sim	1	0,7	0	0	10	6,8	2	1,3	4	2,7	0,116
Não	6	4,0	5	3,4	95	64,6	9	6,1	15	10,2	

O consumo de insetos como alternativa alimentar tem sido estudado como uma estratégia para mitigar problemas ambientais e nutricionais. De acordo com a literatura, a entomofagia pode contribuir para a redução do consumo de carne, impactando positivamente o bem-estar animal, a escassez de terras agrícolas, o desperdício de alimentos, a sustentabilidade, a proteção ambiental, a segurança alimentar e a melhoria do perfil nutricional da dieta humana (Einhorn, 2021).

O gráfico 1 demonstra alta prevalência de discordância no que se refere ao bem-estar animal e à escassez de terras agrícolas, enquanto outros aspectos, como sustentabilidade e redução do desperdício de alimentos, demonstraram maior variação nas respostas.

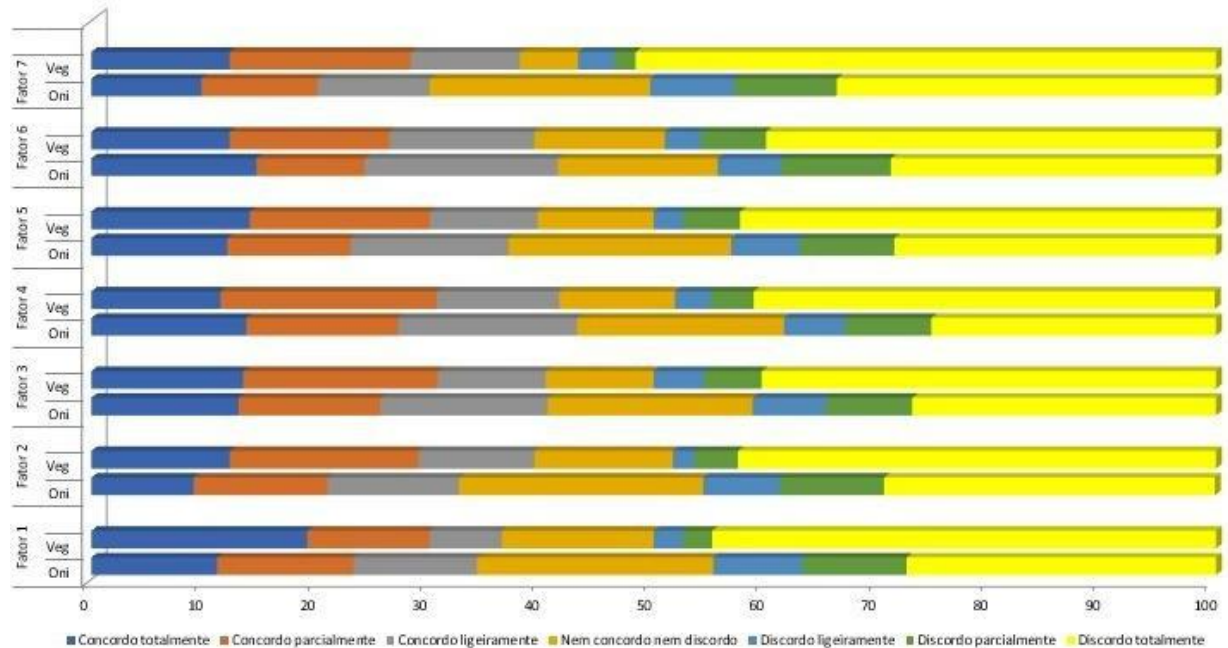
Um parcelado sonívoros, 9,1%, concordam totalmente que a adoção de alimentos à base de insetos garantiria a qualidade e a quantidade de alimentos para todos, por outro lado, 14,7% acreditam que isso impactaria negativamente na escassez de terras agrícolas (Gráfico 1).

A análise dos dados revela que a população vegetariana também se mantém cética quanto aos benefícios coletivos associados ao consumo de insetos, 51,6% discordam totalmente da hipótese de que a entomofagia contribuiria para o bem-estar animal. Ademais, 19,2% acreditam que a entomofagia pode melhorar o teor nutricional dos alimentos.

As semelhanças nas percepções entre onívoros e vegetarianos podem ser atribuídas a uma conscientização coletiva sobre questões ambientais e alimentares. No entanto, os onívoros apresentaram uma maior diversidade de respostas na dimensão de concordância, particularmente em temas como a redução do desperdício de alimentos e

a melhoria do teor nutricional. Em contraste, os vegetarianos exibiram um ceticismo mais acentuado, com uma maior concentração de respostas nas categorias "altamente improvável", evidenciando uma visão mais pessimista sobre a viabilidade das questões apresentadas.

Gráfico1 – Comparação entre fatores de benefício coletivo entre onívoros e vegetarianos como motivadores do uso de insetos na alimentação



Legenda: F1 = **Melhorar o teor nutricional do alimento**, F2= **Garantia de alimentos em qualidade e quantidade**, F3 = **Proteção do meio ambiente, desmatamento, emissão de gases**, F4= **Sustentabilidade**, F5= **Redução do desperdício de alimentos**, F6 = **Escassez de terras agrícolas**, F7 = **Bem estar animal**, V=vegetarianos (n=156), O=onívoros (n=429).

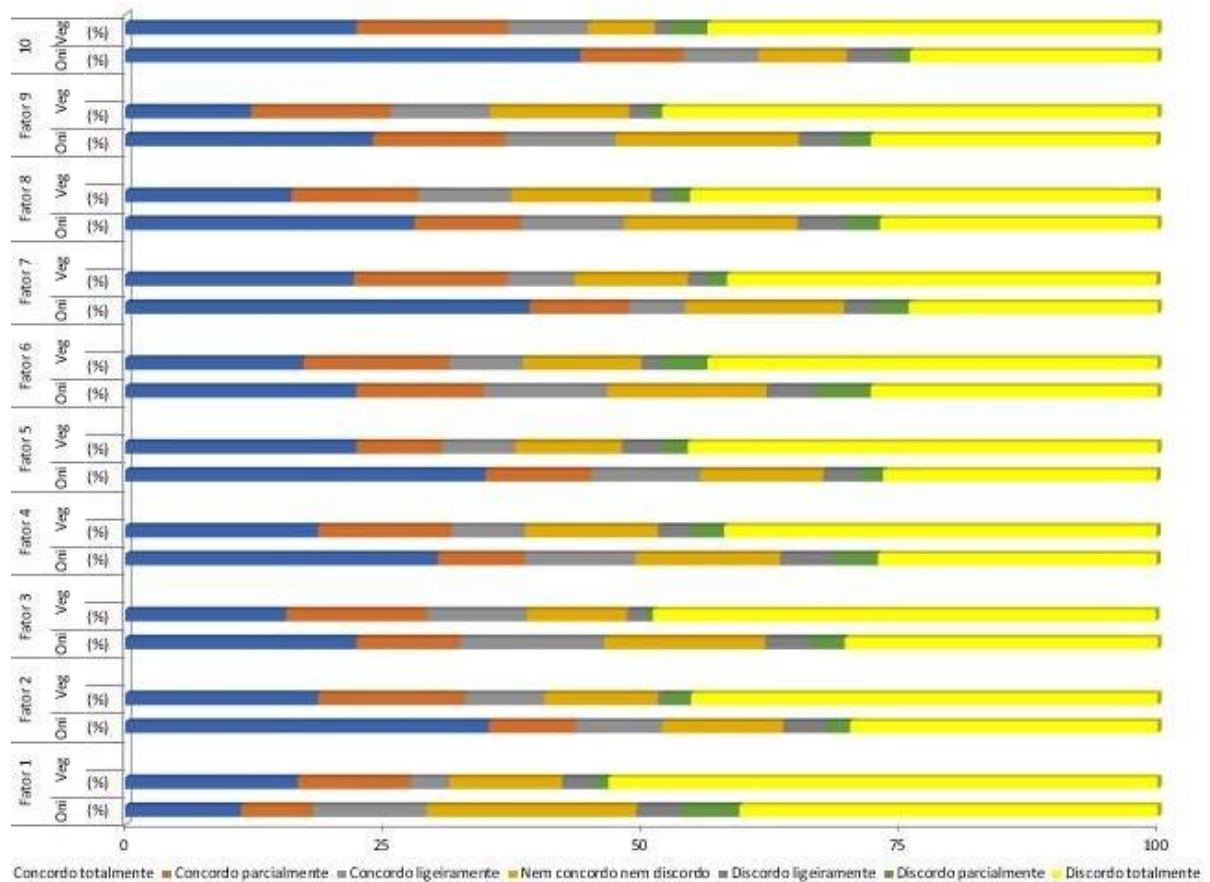
Fonte: os autores

As diferenças nas percepções podem ser explicadas pelas distintas ideologias e valores subjacentes às escolhas alimentares. Vegetarianos, por exemplo, podem ter uma sensibilidade maior a questões de bem-estar animal e sustentabilidade (Elorinne *et al.*, 2019), o que pode levar a uma avaliação mais crítica e pessimista sobre as possíveis melhorias nessas áreas. Onívoros, por outro lado, podem adotar uma visão mais pragmática ou menos polarizada, especialmente em questões como a redução do

desperdício de alimentos e a melhoria do teor nutricional, o que pode explicar a maior diversidade de respostas e o menor ceticismo observado nesse grupo. A divergência nas perspectivas éticas e a familiaridade com práticas alimentares alternativas provavelmente influenciam essas diferenças nas avaliações.

A análise no gráfico 2 revela entre os vegetarianos predomínio de avaliações de "discordo totalmente" para a maioria dos critérios, com destaque para Aparência, Aprovação pela ANVISA e Preço. Esses resultados indicam uma percepção predominantemente negativa ou cética dos participantes em relação a esses aspectos.

Gráfico 2 – Comparação entre fatores de benefício individual entre onívoros e vegetarianos como motivadores do uso de insetos na alimentação



Legenda: F1=Preço, F2=Qualidade, F3=Valor nutricional, F4=Segurança alimentar, F5=sabor e aroma, F6=Benefícios ambientais, F7=aprovação do produto pela ANVISA, F8=ausência de aditivos, F9=disponibilidade, F10=aparência, V=vegetarianos (n=156), O=onívoros (n=429).

Fonte: os autores.

O atributo valor nutricional apresenta maior variação da prevalência de discordo totalmente entre os vegetarianos (48,7%) do que onívoros (30,3%). Os critérios de aparência, ausência de aditivos, aprovação pela ANVISA, segurança alimentar, valor nutricional, qualidade e preço foram os que mais concentraram respostas na categoria "discordo totalmente", sugerindo uma baixa confiança ou expectativas negativas em relação a esses aspectos.

A comparação entre as percepções de onívoros e vegetarianos revela diferenças semelhantes significativas, influenciadas por suas dietas e familiaridade com a entomofagia. As principais diferenças incluem a percepção dos benefícios ambientais associados ao consumo de insetos. Onívoros tendem a ter uma visão ligeiramente mais positiva, com respostas variando entre discordância e leve concordância, enquanto vegetarianos mostram um ceticismo mais pronunciado, considerando esses benefícios como altamente improváveis. Isso pode refletir uma maior consciência ambiental entre vegetarianos, que percebem os insetos como menos compatíveis com suas preferências éticas (Wang *et al.*, 2023).

Além disso, os onívoros apresentam uma visão mais variada sobre a ausência de aditivos, com algumas respostas de concordância parcial, enquanto os vegetarianos manifestam maior ceticismo, considerando improvável que o produto seja livre de aditivos. Isso pode indicar uma maior preocupação dos vegetarianos com a pureza dos alimentos (Liang *et al.*, 2024).

Os onívoros também são ligeiramente menos negativos em relação à qualidade e ao valor nutricional do produto (Van Huis *et al.*, 2021), apresentando algumas respostas neutras ou levemente positivas. Em contraste, os vegetarianos veem esses atributos como altamente improváveis, possivelmente refletindo uma maior relutância em aceitar insetos como uma fonte válida de nutrientes, devido ao seu foco em dietas baseadas em plantas (Hopkins *et al.*, 2023).

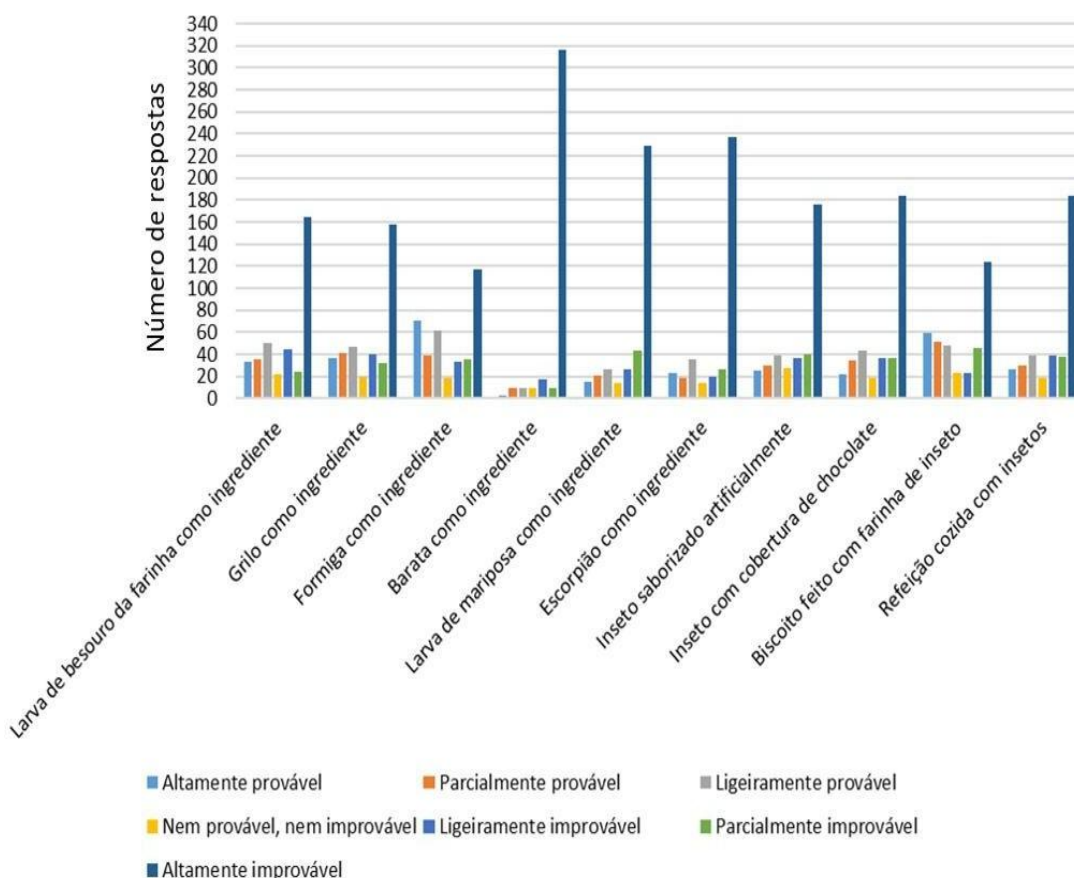
Tanto onívoros quanto vegetarianos demonstram desconfiança em relação à aprovação pela ANVISA e à segurança alimentar, com ambos os grupos considerando esses aspectos como altamente improváveis. Isso sugere uma percepção generalizada de insegurança em relação a alimentos não convencionais, como insetos, possivelmente devido à falta de familiaridade com a entomofagia (Naranjo-Guevara *et al.*, 2023). A regulamentação pela ANVISA, semelhante àquela já em vigor na Europa e nos Estados Unidos, poderia aumentar a aceitação desses produtos (Raheem *et al.*, 2019; Liceaga,

2021).

Finalmente, outra semelhança observada é a percepção negativa sobre a aparência e o preço do produto, com ambos os grupos criticando esses atributos (Choi *et al.*, 2023; Elorinne *et al.*, 2019). A aparência dos insetos e o preço elevado são vistos de forma negativa independentemente da dieta. Estudos anteriores já demonstraram que a aparência é um fator crucial para a aceitação de alimentos à base de insetos, sendo que produtos farináceos com insetos têm uma aceitação mais elevada em comparação ao consumo de insetos em sua forma íntegra, reduzindo a repulsa (Stone *et al.*, 2023; Alhujaili *et al.*, 2023).

O gráfico 3 apresentado categoriza os dados em dez tipos distintos de produtos alimentícios que incorporam insetos, variando desde larvas de besouro da farinha até refeições cozidas com insetos.

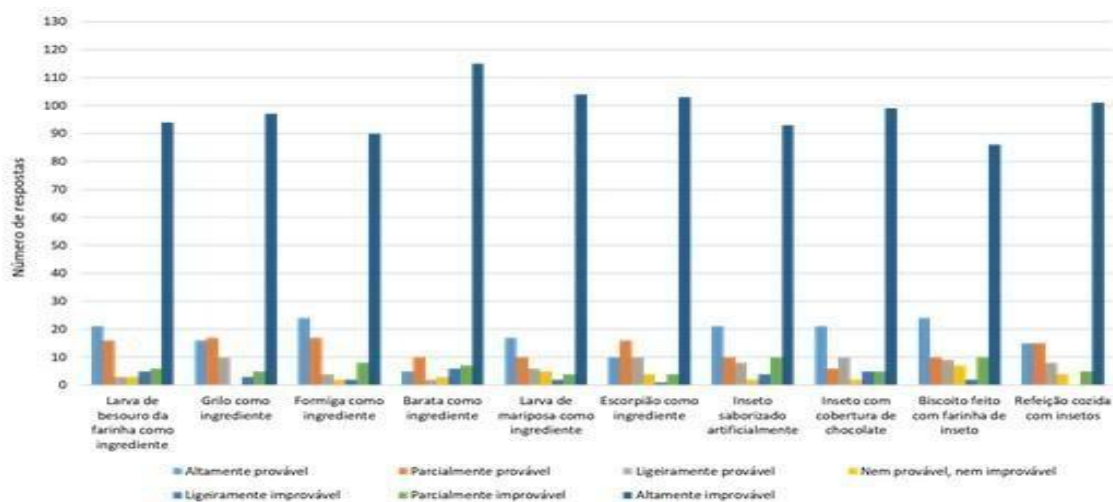
Gráfico 3 – Probabilidade de consumo de acordo com o inseto envolvido por onívoros



Os resultados do gráfico 3 mostram uma rejeição significativa para todos os itens analisados, com a maioria das respostas concentradas na categoria "altamente improvável". Este padrão reflete uma aversão substancial ao consumo de insetos entre os onívoros. No entanto, produtos como "inseto saborizado artificialmente" apresentaram uma quantidade relativamente menor de respostas na categoria "altamente improvável", possivelmente devido ao esforço para mascarar a natureza do ingrediente principal.

Alimentos como "inseto com cobertura de chocolate", com uma proporção ligeiramente maior de respostas nas categorias "parcialmente provável" e "ligeiramente provável", podem indicar um alimento familiar e amplamente aceito, pode reduzir a aversão ao consumo de insetos (Choi *et al.*, 2023). Ingredientes como formiga e grilo também apresentaram alguma variabilidade nas respostas, com uma proporção ligeiramente maior nas categorias "parcialmente provável" e "ligeiramente provável", embora a rejeição geral ainda permaneça predominante.

Gráfico 4 – Probabilidade de consumo de acordo com o inseto envolvido por vegetarianos



Para entender as barreiras específicas e as percepções dos vegetarianos em relação ao consumo de insetos, evidenciando desafios significativos para a introdução desses produtos neste grupo, observou-se que a categoria "altamente improvável" predomina em todas as categorias de produtos, indicando uma aversão acentuada ao consumo de insetos. Observa-se uma leve redução na rejeição para produtos como

"inseto saborizado artificialmente" e "inseto com cobertura de chocolate". Isso sugere que a tentativa de mascarar a natureza do ingrediente principal pode ter algum efeito positivo na aceitação (gráfico 4).

Entre as principais diferenças, destaca-se que a rejeição aos insetos como ingredientes, mais acentuada entre os vegetarianos. A categoria "altamente improvável" domina de forma ainda mais pronunciada e apresenta menor variabilidade nas respostas, sugerindo uma resistência mais uniforme e intensa neste grupo em comparação aos onívoros, os quais exibem leve variabilidade na aceitação de diferentes tipos de insetos.

Grossmann e colaboradores (2021), destacaram que o grilo possui um potencial para melhorar o sabor, o que poderia facilitar a aceitação por novos consumidores. Além disso, a rejeição ao consumo de "larva de besouro da farinha", "grilo" e "formiga" é menos intensa.

Embora ambos os grupos exibam uma forte aversão ao consumo de insetos, é mais intensa e homogênea entre os vegetarianos. Produtos à base de insetos não devem conter partes visíveis dos insetos, pois isso pode gerar associações negativas (Orkusz *et al.*, 2020; Cicatiello *et al.*, 2020).

Essas informações são essenciais para compreender como diferentes padrões alimentares influenciam a aceitação de insetos na dieta humana e podem orientar o desenvolvimento de estratégias de marketing e formulação de produtos adaptadas a cada grupo específico (Alhujaili *et al.*, 2023). Wendin e colaboradores (2021), indicaram que o aumento da exposição a produtos à base de insetos pode melhorar a familiaridade e, consequentemente, a aceitação. Dentre os onívoros, 89 relataram ter consumido ou ainda consumir insetos, dos quais 7,9% não conseguiram identificar a espécie consumida. A maioria (51,7%) indicou o consumo de formiga, seguido pela larva (11,2%). Os insetos têm sido consumidos na alimentação humana em diversas partes do mundo há muitas décadas, com cerca de 1.900 espécies reconhecidas como comestíveis, destacam-se insetos como cochonilha, gafanhoto, larva, grilo, cupim, barata, besouro, caruncho, tenébrio, lagarta de bicho-da-seda, escorpião e formiga (Mabelebele *et al.*, 2023). A experiência de consumo foi baixa para quatro espécies de insetos: cupim, barata, caruncho e lagarta de bicho-da-seda. Esses resultados corroboram os achados de Schäufele e colaboradores (2019), que observaram que a aceitação ou rejeição de insetos comestíveis varia significativamente conforme a espécie.

Dentre vegetarianos, 19 consumiram insetos (formiga, cochonilha, escorpião e larva), sendo a formiga com maior frequência de consumo (n=12). Essa preferência pode

estar associada a características específicas de sabor ou preparação que tornam a formiga mais aceitável. A cochoilha (n=3) ocupa a segunda posição. A menor popularidade da cochoilha pode estar relacionada a uma menor familiaridade com este inseto, bem como a possíveis aversões culturais associadas a ele. A aceitação de insetos pode ser influenciada por sua familiaridade, características sensoriais, assim como fatores culturais que afetam a percepção dos consumidores e na exposição prévia a diferentes espécies (Choi *et al.*, 2024).

A larva e o escorpião (n=2, cada), apresentaram menor aceitação entre os vegetarianos, o que pode ser atribuída a fatores como textura, sabor, ou até mesmo a imagem cultural associada a esses insetos. Cicatiello e colaboradores (2020), e Alhujaili, e colaboradores (2023), relatam que a textura e o sabor são determinantes na aceitação de insetos que possuem características menos familiares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os brasileiros a maior frequência encontrada foi de indivíduos classificados como neutros para neofobia alimentar e neofóbicos para fobia entomofágica. A análise das percepções de onívoros e vegetarianos revela tanto diferenças quanto semelhanças importantes, moldadas por suas escolhas alimentares e pelo grau de familiaridade com a prática de comer insetos. As principais distinções se encontram na forma como cada grupo vê os benefícios ecológicos relacionados ao consumo de insetos.

Onívoros costumam ter visão um pouco mais favorável, com opiniões variando de leve discordância a leve concordância, ao passo que vegetarianos exibem um ceticismo mais evidente, considerando esses benefícios como improváveis. Isso pode indicar uma consciência ambiental mais aguçada entre os vegetarianos, que enxergam os insetos como menos alinhados com suas convicções éticas.

O inseto com mais prevalência de ingestão foi a formiga e apesar de ambos os grupos demonstrarem uma aversão severa ao consumo de insetos, essa aversão é mais acentuada e uniforme entre os vegetarianos. Os produtos que contêm partes de insetos não devem apresentar partes visíveis, pois isso pode provocar associações negativas.

Referências Bibliográficas

ALHUJAILI, A.; NOCELLA, G.; MACREADY, A. *Insects as food: consumers acceptance and marketing*. **Foods**, v. 12, n. 4, p. 886, 2023.

CHOE, J.; KIM, H.-Y. *Comparison of three commercial collagen mixtures: Quality characteristics of marinated pork loinham*. **Food Science of Animal Resources**, v. 39, n. 2, p. 345, 2019.

CHEN, P.; ANTONELLI, M. *Conceptual models of food choice: influential factors related to foods, individual differences, and society*. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1898, 2020.

CHOI, Y. S.; LEE, J. H.; KIM, T. K.; SHIN, D. M. *Edible insects in food*. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 108, p. 223–264, 2023.

CICATIELLO, C.; VITALI, A.; LACETERA, N. *How does it taste? Appreciation of insect-based snacks and its determinants*. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 21, p. 100211, 2020.

DECARVALHO, N. M.; MADUREIRA, A. R.; PINTADO, M. E. *The potential of insects as food sources – a review*. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 21, p. 3642–3652, 2020.

EINHORN, L. *Meat consumption, classed? The socioeconomic underpinnings of dietary change*. **Österreichische Zeitschrift für Soziologie**, v. 46, n. 2, p. 125–146, 2021.

ELORINNE, A. L.; NIVA, M.; VARTIAINEN, O.; VÄISÄNEN, P. *Insect consumption attitudes among vegans, non-vegan vegetarians, and omnivores*. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 292, 2019.

GRABOWSKI, N. T.; TCHIBOZO, S.; ABDULMAWJOOD, A.; ACHEUK, F.; M'SAAD GUERFALI, M.; SAYED, W. A.; PLÖTZ, M. *Edible insects in Africa in terms of food, wildlife resource, and pest management legislation*. **Foods**, v. 9, n. 4, p. 502, 2020.

GROSSMANN, K. K.; MERZ, M.; APPEL, D.; DE ARAUJO, M. M.; FISCHER, L. *New insights into the flavoring potential of cricket (*Acheta domesticus*) and mealworm (*Tenebrio molitor*) protein hydrolysates and their Maillard products*. **Food Chemistry**, v. 364, p. 130336, 2021.

HOPKINS, I.; FARAHNAKY, A.; GILL, H.; DANAHER, J.; NEWMAN, L. P. *Food Neophobia and its association with dietary choices and willingness to eat insects*. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. 1150789, 2023.

ILLA, J.; YUGUERO, O. *Analysis of the ethical, economic, and environmental aspects of entomophagy*. **Cureus**, v. 14, n. 7, p. e26863, 2022.

KAMENIDOU, I.; MAMALIS, S.; GKITSAS, S.; MYLONA, I.; STAVRIANE, A. *Is Generation Z Ready to Engage in Entomophagy? A Segmentation Analysis Study.* **Nutrients**, v. 15, n. 3, p. 525, 2023.

KARAAĞAÇ, Y.; BELLIKCI-KOYU, E. *A narrative review on food neophobia throughout the lifespan: Relationships with dietary behaviours and interventions to reduce it.* **British Journal of Nutrition**, v. 130, n. 5, p. 793–826, 2023.

LIANG, Z.; ZHU, Y.; LEONARD, W.; FANG, Z. *Recent advances in edible insect processing technologies.* **Food Research International**, p. 114137, 2024.

LICEAGA, A. M. *Processing insects for use in the food and feed industry.* **Current Opinion in Insect Science**, v. 48, p. 32–36, 2021.

MABELEBELE, M. M.; KOLOBE, S. D.; MALEMATJA, E.; SEBOLA, N. A.; MANYELO, T. G. *A comprehensive review of the importance of selected trace elements present in edible insects.* **Biological Trace Element Research**, v. 201, n. 7, p. 3520–3527, 2023.

MOLINA, A. J. K. R. *Amazonian invertebrates in the traditional diet of the Paiteer Suruí in Southeastern Brazil.* **Human Ecology**, v. 51, n. 2, p. 209–219, 2023.

MORUZZO, R.; MANCINI, S.; BONCINELLI, F.; RICCIOLI, F. *Exploring the acceptance of entomophagy: a survey of Italian consumers.* **Insects**, v. 12, n. 2, p. 123, 2021.

NARANJO-GUEVARA, N.; STROH, B.; FLOTO-STAMMEN, S. *Packaging Communication as a Tool to Reduce Disgust with Insect-Based Foods: Effect of Informative and Visual Elements.* **Foods**, v. 12, n. 19, p. 3606, 2023.

ORKUSZ, A. *Edible insects versus meat—Nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health.* **Nutrients**, v. 13, n. 4, p. 1207, 2021.

PLINER, P.; HOB DEN, K. *Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans.* **Appetite**, v. 19, n. 2, p. 105–120, 1992.

RAHEEM, D.; RAPOSO, A.; OLUWOLE, O. B.; NIEUWLAND, M.; SARAIVA, A.; CARRASCOSA, C. *Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects.* **Food Research International**, v. 126, p. 108672, 2019.

RIBEIRO, J. C. R. *Estudo do potencial dos insetos comestíveis para aplicação na indústria alimentar.* Orientador Doutor Luís Miguel Cunha. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) — Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar — Universidade do Porto, Porto, 2017.

SCHÄUFELE, I.; BARRERA, A. 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.

STONE, H.; FITZGIBBON, L.; MILLAN, E.; MURAYAMA, K. *Encouraging willingness to try insect foods with a utility-value intervention.* **Appetite**, v. 190, p. 107002, 2023.

VAN HUIS, A.; RUMPOLD, B.; MAYA, C.; ROOS, N. *Nutritional qualities and enhancement of edible insects.* **Annual Review of Nutrition**, v. 41, n. 1, p. 551–576, 2021.

WANG, T.; MASEDUNSKAS, A.; WILLETT, W. C.; FONTANA, L. *Vegetarian and vegan diets: benefits and drawbacks.* **European Heart Journal**, v. 44, n. 36, p. 3423–3439, 2023.

WENDIN, K. M.; NYBERG, M. E. *Factors influencing consumer perception and acceptability of insect-based foods.* **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 67–71, 2021.

ÇINAR, Ç.; KARINEN, A. K.; TYBUR, J. M. *The multidimensional nature of food neophobia.* **Appetite**, v. 162, p. 105177, 2021.

CAPÍTULO III - Farinha de Insetos: Características Nutricionais

Journal of Food Science and Technology - ISSN 0975-8402

Submetido em 21/05/2025

Insect Flour: Nutritional Characteristics

Andrea Bittencourt de Santana^{a,b*}, Danielly de Andrade Rangel^b, Jonathas Albertino De Souza Oliveira Carneiro^{c,d} and Robson Xavier Faria^{c,d}, Rafael Siva Cadena^a

^aFood and Nutrition Graduate Program (PPGAN), Federal, University of the State of Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brazil; ^bIguaçu University (UNIG), Rio de Janeiro, Brazil;

^cLaboratory for Evaluation and Promotion of Evaluation and Promotion of Environmental Health (LAPSA), Oswaldo Cruz Institute, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, Brazil; ^dPostgraduate Program in Science and Biotechnology, Institute of Biology, Fluminense Federal, University, Niterói, RJ, Brazil

***Corresponding author:**

Andrea Bittencourt de Santana Email: andreabittst@gmail.com

Conflict of interest: No author has a conflict to report

ABSTRACT

This study aimed to evaluate and compare the nutritional characteristics of *Tenebrio molitor* (TNB) and *Hermetia illucens* (BSF) flours as alternative ingredients to improve the nutritional quality of wheat flour (WHEATF) in food production. Physicochemical parameters and amino acid profiles were analyzed. TNB flour showed the highest protein (68.98%) and lipid (14.74%) contents. Among the essential amino acids, leucine (4.6 g/100g), valine (3.9 g/100g), and lysine (3.7 g/100g) were most prominent in TNB flour. Although the BSF flour presented a lower lipid content (9.7%), it showed higher carbohydrate levels compared to TNB. In terms of energy value, TNB (443.46 kcal) and BSF (404.74 kcal) flours demonstrated greater caloric density than wheat flour (365.56 kcal/100g), mainly due to their higher lipid content. Moisture and water activity were lower in insect flours, which can contribute to greater shelf life and product stability. Additionally, the protein digestibility of insect flours is considered high, although it may vary due to the presence of chitin and processing conditions. The amino acid profile of insect flours, particularly TNB, was superior to that of wheat flour, offering a better balance of essential amino acids. The use of insect flours in food formulations represents a promising nutritional strategy, especially in the context of developing high-protein and energy-dense products. These findings support the potential application of insect-based ingredients to enhance the nutritional value of conventional cereal-based foods.

KEYWORDS

Tenebrio molitor, *Hermetia illucens*, Insect flour, amino acid, Proximate composition, Food enrichment.

Introduction

Wheat is widely used in the manufacture of flour, being one of the main crops and foods consumed globally (Torres-Gallo et al. 2021; Naureen et al. 2022). Its grains provide starch, fiber, and gluten proteins, which are essential for the viscoelastic properties of dough in the production of leavened bread (El Khoury 2018; Dong, Carbona 2021). Although refined wheat flour is widely consumed, especially in developing countries due to urbanization and industrialization (Wang, Jian 2022), its nutritional value and the growing awareness of gluten intolerance have motivated the search for gluten-free alternatives or those enriched with functional ingredients (Torres- Gallo et al. 2021).

Food fortification has become a growing practice, with the aim of improving nutritional value, correcting deficiencies of essential nutrients, and promoting health benefits. However, for fortification to be effective, enriched foods must be widely consumed in appropriate quantities. For this reason, products such as breads, cookies, and pastas are often chosen as fortification vehicles (Ortolá et al. 2022; Djouadi et al. 2022; Xie et al. 2022). The total or partial replacement of wheat flour with flours from other sources affects both the technological properties and the nutritional quality of food products, given that wheat proteins are crucial for processing, but, although they provide important nutrients, they have limitations compared to other more nutrient-dense foods (Zhang et al. 2020).

In this scenario, insects emerge as an alternative to meet the demands for sustainable and nutritious protein sources (Churchward-Venne et al. 2017).

Edible insects possess an excellent protein content and demonstrate greater production efficiency compared to conventional food sources (Kohler et al., 2019; Nongonierma & Fitzgerald, 2017). When comparing yields, the production of 1 kg of edible insects requires approximately 2 kg of feed, whereas the production of 1 kg of meat from

traditional livestock demands around 8 kg of feed (Chang, Ma, & Chen, 2019).

Mealworms, specifically mealworms (*Tenebrio molitor*), are valued both as animal feed and for human nutrition (Grau et al. 2017). Their nutritional composition has the potential to improve the quality of foods rich in flours and fats, while their sensory limitations can be mitigated by adequate harmonization with other ingredients, making it possible to be used in baking and other food products (Aybar et al. 2023; Draszanowska et al. 2024).

The Black Soldier Fly (BSF) stands out for its high reproductive capacity, rapid growth and efficiency in converting various by-products into biomass. Furthermore, the flour from this insect has a nutritional composition characterized by high biological value proteins and lipids with medium-chain, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, attributes that expand its potential as a functional ingredient in various food applications (Mshayisa et al. 2022, Ordoñez-Araque et al. 2022).

Thus, giving the promising potential of insect flours as an ingredient to enrich culinary preparations and food products, this study aimed to analyze and compare the chemical composition characteristics and amino acid profile of *Tenebrio molitor* (TNB) and Black Soldier Fly (BSF) flours with wheat flour (WHEATF).

Materials and methods

The insects used in the development of the work were the larvae of the beetle *Tenebrio molitor*, popularly known as mealworm, belonging to the order Coleoptera and the larvae of the black soldier fly (BSF), *Hermetia illucens* L., inherent to the order Diptera, one of the four most diverse existing orders of insects. These larvae were provided by AGRIN – Insect Creation and Trade, located in Avaré – SP.

Production of *T. Molitor* and BSF flour

The larvae of *T. Molitor* and BSF were cultivated in a nutrient medium composed of oat bran, at a temperature between 18°C and 20°C, with 70% humidity. After the eggs hatched, the larvae with an average age of 12 days were selected, which remained in starvation for 48 hours for emptying of the intestine, followed by blanching

For 20 seconds and drying in a ventilation oven for 36h. The larvae of *T. molitor* were ground in a COMOPEZ screw press, model X5S, for 30 seconds at speed 7 (high speed level, scale from 1 to 10). The flour was then sieved to obtain a flour with a particle size of less than 100µm.

Chemical composition analysis of insect flours

The analyses of moisture, ash, lipids and proteins were performed in triplicate, following the physical-chemical methods for food analysis presented by Instituto Adolfo Lutz (2008), when applicable. Water activity (aw) was determined using a thermohygrometer (HygroPalm HP23-AW, R tonic AG) at $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Measurements were performed in triplicate from the powder samples. The carbohydrate content was obtained by difference, according to the equation below (Montowska et al., 2019).

$$\% \text{carbohydrate} = 100 - \% \text{fat} - \% \text{protein} - \% \text{ash} - \% \text{moisture}$$

Amino acid analysis

The amino acid profile was determined according to method 994.12/2000 (AOAC 2000). Two hydrolyses were performed to determine the amino acids: acidic and basic with prior oxidation with permanganic acid. The hydrolyses were carried out in glass ampoules sealed under vacuum and kept at 110°C for 20h. Then, sulfur-containing amino acids and those resistant to acid hydrolysis were derivatized with 6-

aminoquinolyl-succimidyl-carbamate (AQC). The analyses were performed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) with a fluorescence detector coupled to a reversed-phase separation column. The data were expressed in g of amino acid in 100 g of sample.

Statistical analyses

All assays were performed in triplicate and the data obtained are presented as means $\pm$ SEM (the standard error of the mean). Statistical analyses were performed using Statistica (version 13.0) for comparison of means using ANOVA with Tukey's significant difference test with significance level $p < 0.05$.

Results and discussion

Since drying reduces the weight and volume of food, it facilitates transportation, consumption, and the use of raw materials in subsequent processes. This method is a promising alternative for converting insects into various food ingredients, contributing to their acceptance by consumers who are averse to the characteristic appearance, flavor and texture of insects. Thus, insect powder expands the possibilities of application in food formulations (Krongdang et al. 2023).

TNB and BSF flours presented lower water and moisture content compared to FTRIGO (Table 1). This can give greater durability and stability to insect flours, being an important factor for the preservation and prolonged storage of food products that use these flours (Tapia et al. 2020).

Tabela1. Water activity and proximate composition of *Tenebrio molitor* (TNB), Black Soldier Fly (BSF), and wheat (WHEATF) flour

Componente	TNB	BSF	WHEATF
Water Activity	0,44b±0,02	0,23c± 0,02	0,63a±0,01
Moisture (%)	3,04b±0,03	2,44c± 0,16	9,08a± 0,01
Ashes (%)	4,52b±0,15	8,50a± 0,04	0,78c± 0,20
Lipidis (%)	14,74a±1,35	9,70b±2,16	1,00c± 0,01
Proteins (%)	68,98a±4,59	60,65b±6,31	5,00c± 0,01
Carbohydrates (%)	8,72	18,71	84,14
Energy	443,46	404,74	365,56

(*kCAL)Fonte:pesquisadir eta.*Kcal:Quilocaloria.

The results are expressed as mean ± standard deviation. Different letters in the same line correspond to significant differences ($p < 0.05$) between the samples.

Processing insects to obtain flour, using drying after bleaching, extends the shelf life of the product by reducing the water content, minimizing conditions favorable to the growth of microorganisms responsible for spoilage and potential food borne diseases (Krongdangetal., 2023). Due to the high moisture content of larvae (approximately 68%), drying is essential to avoid microbiological variations and enzymatic reactions. A moisture content of 4-5% is recommended for product stability (Hong, Han, Kim 2020). In addition, drying plays a crucial role ininhibiting enzymatic activity and reducing the rate of chemical reactions associated with product spoilage (Krongdang et al.2023). The main drying methods include oven, vacuum, freeze-drying, and microwave drying, with oven drying being the most efficient interms of time and energy consumption. After the process, the dried larvae are ground to standardize the particle size, facilitating their incorporation into other ingredients (Hong, Han, Kim, 2020).

The results obtained in this study indicated lower water and moisture activity values for BSF flour, 0.23 and 2.44, respectively, which is in line with the results obtained by Saucier et al. (2022), who found 0.24 water activity for dry samples treated with 40 seconds of blanching. The water activity of TNB flour was higher than that reported by

Bogusz et al. (2024), who recorded a value of 0.22, using a drying process at 70°C. There was a significant difference between the flours analyzed, regarding water activity and moisture content. This difference may be attributed to the distinct drying conditions and processing methods applied to each insect species, as well as to their intrinsic physicochemical characteristics. BSF, for instance, tends to have a higher lipid content and a more hydrophobic cuticle structure, which can contribute to lower water retention and activity values compared to TNB flour.

Regarding the percentage of ash, there was a significant difference ($p < 0.05$) between the flours. BSF flour had the highest ash content, followed by TNB flour (8.50 and 4.52 respectively). Zulkifli et al. (2022) found similar ash values in BSF flour. However, unlike the work of Zielińska et al. (2021), this study found a lower value, with 1.39% ash in their TNB flour sample. The higher ash concentration in insect flours may be advantageous for the nutritional enrichment of foods, making them richer in essential nutrients such as iron, zinc, and calcium (Shumo et al. 2019; Campbell et al. 2020).

TNB and BSF flours had a high lipid content, 14.74% and 9.7%, respectively, compared to FTRIGO, which contains only 1%. This lipid profile can be explored in the formulation of food products with higher energy density, in addition to providing fatty acids that are beneficial to health (Kolobe et al. 2023).

However, the lipid values obtained for TNB flour in this study were lower than those reported by Draszanowska et al. (2024), who identified a lipid content of 32.4%. Similarly, the lipid content of BSF flour was also lower when compared to the results of Mshayisa et al. (2022) for whole BSF flour, which presented 25.75%. In this comparative analysis, as illustrated in Table 1, there was a significant difference between the protein values of the flours analyzed, where TNB flour had the highest protein content, followed by BSF flour, while FTRIGO demonstrated the lowest value.

The protein content of TNB flour found in this study was higher than that reported by Zielińska et al. (2021), who identified 54.29% protein. Likewise, BSF flour also had a higher protein content than that recorded by Mshayisa et al. (2022), who reported 45.82% for BSF flour, obtained by extraction by alkaline and acid precipitation.

Insects are recognized as protein sources. However, their protein content may present specific variability depending on several factors, such as development stage, diet, ecology and sex, and post-harvest processing. In addition to the crude protein content, the nutritional assessment of insect flours should consider the amino acid profile and its bioavailability, which depends on the digestibility and absorption of amino acids in the gastrointestinal tract (Rodríguez-Rodríguez et al. 2022).

The digestibility of insect proteins, assessed by different *in vitro* methods, presents significant variations due to the digestion protocol, analysis method and development stage of the species. In addition, chitin contained in insect species can decrease protein digestibility by physically protecting the protein from enzymatic hydrolysis (Kovitvadhi et al. 2019).

Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae have a chitin content of up to 35% in their exoskeleton, while in the dry and wet byproducts of *Tenebrio molitor*, chitin represents approximately 17% of the dry weight. This difference suggests that *H. illucens* has a higher proportion of chitin compared to *T. molitor*, which may impact its technological and nutritional applications, including protein digestibility (Hahn et al. 2020; Pyo et al. 2024).

TNB and BSF flours presented carbohydrate contents of 8.72% and 18.71%, respectively, which may be beneficial for carbohydrate-restricted diets or for products aimed at reducing the glycemic index. In contrast, FTRIGO has a high carbohydrate

content (84.14%). Starch digestibility is modulated by the composition of the feed, especially by the interaction with proteins. Rapidly digestible starch is hydrolyzed within 20 minutes after ingestion, rapidly increasing blood glucose levels, while slowly digestible starch is gradually degraded (20–120 minutes), contributing to glycemic stability. Insect proteins can favor the formation of slowly digestible starch, prolonging the release of glucose (Zielińska et al. 2021). Thus, the combination of insect flour with wheat flour, due to its high protein content, has the potential to reduce the glycemic index of formulated products.

The percentage of carbohydrates in TNB flour found in this study differs from the results found by Son et al. (2021). In their research, the authors determined 3.4% carbohydrates in a flour that was not subjected to drying and 11.45% in a flour that underwent a drying process in a hot air dryer at 60°C for 12 hours. Regarding BSF flour, the carbohydrate content found is in line with the results obtained by Mshayisa et al. (2022) for whole BSF flour, with 17.41% in the flour.

Tenebrio molitor (TNB) and *Hermetia illucens* (BSF) flour have a higher energy value compared to wheat flour (FTRIGO). This difference can be attributed to the higher lipid content of insect flours, since lipids have a higher energy conversion factor. While TNB and BSF flours are richer in proteins, FTRIGO contains a higher amount of carbohydrates, whose energy conversion factor is equivalent to that of proteins. This characteristic can be advantageous in the development of foods aimed at high-calorie diets, such as those intended for weight gain or sports nutrition, where the combination of proteins and lipids favors muscle recovery and energy supply. Furthermore, the partial replacement of FTRIGO with insect flours can reduce the proportion of carbohydrates in the food, positively impacting the glycemic index and promoting the gradual release of glucose.

From a sustainability perspective, the use of these flours represents a promising alternative, since insects require fewer natural resources for production when compared to traditional protein sources. Thus, understanding the differences in energy value and ingredient composition allows the formulation of more nutritionally balanced products, in line with the trends of functional foods and alternative proteins.

The analysis of the essential amino acid profile of TNB, BSF and FTRIGO flours shows quantitative differences in their nutritional composition. TNB flour has the highest concentration of essential amino acids, especially leucine (4.6%), valine (3.9%) and lysine (3.7%), which are essential for protein synthesis and muscle metabolism. While BSF flour, although with lower levels compared to TNB, still surpasses FTRIGO flour, especially in leucine and isoleucine levels.

Similarly, based on the data available in the literature, it is possible to observe differences in the amino acid profiles of the larvae, depending on the substrate used for their rearing and the drying method (Campbel et al. 2020; Cozmuta et al. 2023; Bogusz et al. 2024).

Tabela 2. Perfil de aminoácidos essenciais presentes nas farinhas de TNB e BSF

	Essential Amino Acids (%)			
	TNB	BSF	FTRIGO	RDA
Histidine (%)	2,0	1,0	0,25	14
Isoleucin (%)	2,8	1,4	0,42	42
Leucin (%)	4,6	2,2	0,84	19
Valin (%)	3,9	1,8	0,48	24
Lysin (%)	3,7	1,9	0,26	38
Methionin(%)	0,8	0,6	0,20	19
Phenylalanine(%)	2,3	1,3	0,57	33

Threonine(%)	2,4	1,2	0,34	20
Tryptophan(%)	1,1	0,6	-	5

Fonte:FTRIGO:TabelaTACO;TNB e BSF: Pesquisa direta.

RDA: ingestão diária recomendada

The essential amino acids histidine (His), isoleucine (Iso), leucine (Leu), lysine (Lys), methionine (Met), phenylalanine (Phe), threonine (Thr), tryptophan (Trp) and valine (Val) cannot be endogenously synthesized by mammals, making it essential to obtain them from the diet for the maintenance of physiological and metabolic functions (Kotsou et al. 2023).

Wheat flour, in turn, has reduced concentrations of all essential amino acids, being especially deficient in lysine (0.26%), which compromises its protein value. When compared to the recommended daily allowances (RDA), none of the flours analyzed completely meets the nutritional requirements. However, TNB flour comes closest to the recommended values, especially for isoleucine and valine. Tryptophan has the lowest levels in all sources analyzed, which may be a limiting factor in the biological value of these proteins.

The results of this study regarding the amino acid profile are in line with the findings of Xie et al. (2022), who compared the composition of TNB flour with that of FTRIGO flour, identifying higher levels of essential amino acids in TNB flour. On the other hand, the study by Papastavropoulou et al. (2024), which analyzed the amino acid profile of TNB flour as a function of nine different food substrates, found that, even in larvae fed with the substrate of highest nutritional quality, the amino acid levels were lower than those observed in the present study.

The results obtained for BSF flour in this study were lower than those reported by Kim et al. (2022) and Mshayisa et al. (2022). This difference may be related to the processing method, since the first study employed defatting of the flour, while the

second evaluated protein concentrates, both resulting in higher protein content compared to whole flour.

According to Rodríguez-Rodríguez et al. (2022), insects generally have high protein digestibility, considering the ability of the protein to be broken down and absorbed by the body. In this sense, insects are efficient in digestion, ranging from 80% to 90%, where comparative studies indicate that their digestibility is similar to that of fishmeal (85%) and slightly lower than that of soybean meal (95%).

In contrast, Jensen et al. (2019) demonstrate that freeze-dried *TNBlarvae* have a Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS) value of 76%, slightly lower, close to the average reported for proteins of plant origin (73%), considering not only digestibility, but the amount of essential amino acids present in the protein and its ability to be absorbed. Insect protein may have good digestibility, but the amino acid profile may not be as balanced as conventional sources such as soy or meat, which have more complete amino acid profiles and therefore a higher PDCAAS (91% and 92% respectively). Thus, TNB flour stands out as the most balanced protein alternative, with an amino acid profile closer to human nutritional needs. BSF also has nutritional potential, while wheat flour shows limitations as an isolated source of high biological value proteins.

Conclusion

The results of this study demonstrate the potential of *Tenebrio molitor* (TNB) and *Hermetia illucens* (BSF) flours as ingredients to nutritionally enrich culinary preparations and food products, due to their protein and lipid values.

In addition, TNB and BSF flours have a higher energy density when compared to wheat flour, which may be advantageous for food products aimed at populations with high

energy needs. Furthermore, the presence of essential amino acids in a higher quantity than WHEATF, with TNB flour having the highest quantity of amino acids among the insect flours studied.

In general terms, *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* flours represent alternative and sustainable nutritional sources, with high protein value. However, it is imperative that there be more studies that seek the best food substrate and processing that guarantees less nutritional loss; the continuous improvement of these processes will allow insect flours to consolidate themselves as viable and safe ingredients in human nutrition.

Abbreviations

TNB	<i>Tenebriomolitor</i>
BSF	<i>Hermetia illucens</i> –BlackSoldier WHEATFWheat Flour

Acknowledgments

This study is related to the doctoral thesis of Andrea Bittencourt de Santana. The author would like to thank the Oswaldo Cruz Foundation-Fiocruz and the Federal Rural University of Rio de Janeiro for their participation in the analyses. We would like to thank the researchers of this work who constantly contributed to the completion of this article: Danielly de Andrade Rangel; M. Jonathas Albertino de Souza Oliveira; Dr. Robson Xavier Faria; and Rafael Siva Cadena.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

Funding

There was no available funding for the study.

References

- AYBAR, M.; GONZÁLEZ, C. M.; ROSELL, C. M.; PUPPO, M. C. *Tenebrio molitor* as a clean label ingredient to produce nutritionally enriched food emulsions. **Insects**, v. 14, n. 2, p. 147, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects14020147>
- BOGUSZ, R.; POLAK-ŚLIWIŃSKA, M.; NOWAK, A.; TAŃSKA, M. *The impact of drying methods on the quality of blanched yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae*. **Molecules**, v. 29, n. 15, p. 3679, 2024.
- CAMPBELL, M.; DIPLOCK, E. E.; ORTUÑO, J. *Impact of thermal and high-pressure treatments on the microbiological quality and in vitro digestibility of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae*. **Animals**, v. 10, n. 4, p. 682, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10040682>
- CHURCHWARD-VENNE, T. A.; PINCKAERS, P. J. M.; VAN LOON, J. J. A.; VAN LOON, L. J. C. *Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption*. **Nutrition Reviews**, v. 75, n. 12, p. 1035–1045, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux057>
- COZMUTA, M. A.; PETER, A.; SAROSI, C.; VODNAR, D. C.; MIHAI, M. *Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) powder promotes a high bioaccessible protein fraction and low glycaemic index in biscuits*. **Nutrients**, v. 15, n. 4, p. 997, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15040997>
- DJOUADI, A.; SAHRAOUI, N.; CHAALAL, M.; DJENNAD, A. *Development of healthy protein-rich crackers using *Tenebrio molitor* flour*. **Foods**, v. 11, n. 5, p. 702, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11050702>
- DONG, E.; CARBONA, S. *Uma revisão das qualidades do pão e estratégias atuais para bioproteção do pão: Atributos de sabor, sensoriais, reológicos e texturais*. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, p. 1937–1981, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12717>
- DRASZANOWSKA, A.; PIĄTKOWSKA, M.; MITEK, M. *Effect of the addition of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on the physicochemical, antioxidative, and sensory properties of oatmeal cookies*. **Foods**, v. 13, p. 3166, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13193166>
- EL KHOURY, D.; BALFOUR-DUCHARME, S.; JOYE, I. J. *A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges*. **Nutrients**, v. 10, n. 10, p. 1410, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10101410>
- GRAU, T. et al. *Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2017-0033>

HAHN, T.; ROTH, A.; SCHNEIDER, H.; ZIBEK, S. *Current state of chitin purification and chitosan production from insects.* **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 95, n. 11, p. 2775–2795, 2020. DOI: [10.1002/jctb.6533](https://doi.org/10.1002/jctb.6533).

HONG, J.; HAN, T.; KIM, Y. Y. *Mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as an alternative protein source for monogastric animals: A review.* **Animals**, v. 10, n. 11, p. 2068, 2020. DOI: [10.3390/ani10112068](https://doi.org/10.3390/ani10112068).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos.* São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 819–877. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>

JENSEN, L. D.; DALSGAARD, T. K.; JOKUMSEN, A.; JACOBSEN, C.; STØTTRUP, J. G. *Nutritional evaluation of common (*Tenebrio molitor*) and lesser (*Alphitobius diaperinus*) mealworms in rats and processing effect on the lesser mealworm.* **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 5, n. 4, p. 257–266, 2019.

KIM, T.-K.; YONG, H. I.; KIM, Y.-B.; KIM, H. W.; CHOI, Y.-S. *Effects of defatting methods on the physicochemical properties of proteins extracted from *Hermetia illucens* larvae.* **Foods**, v. 11, n. 10, p. 1400, 2022.

KOLOBE, S. D.; MOKGATLA, N.; MLAMBO, V. *Fats and major fatty acids present in edible insects utilised as food and livestock feed.* **Veterinary and Animal Science**, p. 100312, 2023. DOI: [10.1016/j.vas.2023.100312](https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100312).

KOTSOS, K.; GALANOPOULOU, A.; PAPAGEORGIOU, M.; LYMPEROPOULOU, T. *Aplicações inovadoras de larvas de *Tenebrio molitor* no desenvolvimento de produtos alimentícios: uma revisão abrangente.* **Foods**, v. 12, p. 4223, 2023. DOI: [10.3390/foods12234223](https://doi.org/10.3390/foods12234223).

KOVITVADHI, A.; LUANGTHONGKAM, P.; KOVITVADHI, U. *Potencial de farinhas de insetos como fontes de proteína para patos de corte com base na digestibilidade in vitro.* **Animals**, v. 9, p. 155, 2019. DOI: [10.3390/ani9040155](https://doi.org/10.3390/ani9040155).

KRONGDANG, S.; LAOPONG, S.; JANTATHAI, S. *Edible insects in Thailand: An overview of status, properties, processing, and utilization in the food industry.* **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2162, 2023.

LILAND, N. S. et al. *Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media.* **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, e0183188, 2017. DOI: [10.1371/journal.pone.0183188](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183188).

MONTOWSKA, M.; KOWALCZEWSKI, P. Ł.; RYBICKA, I.; TOMASZEWSKA-GRAS, J. *Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powder.* **Food Chemistry**, v. 289, p. 130–138, 2019. DOI: [10.1016/j.foodchem.2019.03.062](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.062).

MSHAYISA, V. V.; MSHAYISA, T. V.; SIWELA, M. *Nutritional, techno-functional and structural properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae flours and protein concentrates.* **Foods**, 2022. DOI: [10.3390/foods11050724](https://doi.org/10.3390/foods11050724).

NAUREEN, Z.; TARAR, O. M.; IMRAN, M.; NAEEM, N.; BUTT, M. S. *Foods of the Mediterranean diet: Tomato, olives, chili pepper, wheat flour and wheat germ.* **Journal of Preventive Medicine and Hygiene**, v. 63, p. E4–E11, 2022. DOI: [10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2740](https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2740).

ORDOÑEZ-ARAQUE, R.; PAUCAR-MENACHO, L. M.; HIDALGO-ANDRADE, P. *Edible insects for humans and animals: Nutritional composition and an option for mitigating environmental damage.* **Insects**, v. 13, n. 10, p. 944, 2022. DOI: [10.3390/insects13100944](https://doi.org/10.3390/insects13100944).

ORTOLÁ, M. D.; LOARCA-PIÑA, G.; PÉREZ-BERRUECO, C. *Physicochemical and sensory properties of biscuits formulated with *Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus* flours.* **Journal of Texture Studies**, v. 53, n. 4, p. 540–549, 2022. DOI: [10.1111/jtxs.12692](https://doi.org/10.1111/jtxs.12692).

PAPASTAVROPOULOU, K.; VARELTZIS, P.; KARAPANAGIOTIDIS, I. T.; ZOTOS, A. *Study of the effect of feeding *Tenebrio molitor* larvae during their rearing on their growth, nutritional profile, value and safety of the produced flour.* **Food Chemistry: X**, v. 24, p. 101838, 2024. DOI: [10.1016/j.fochx.2024.101838](https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101838).

PYO, S. H.; KIM, J. H.; KO, E. J.; LEE, J. H. *Quality and staling characteristics of white bread fortified with lysozyme-hydrolyzed mealworm powder (*Tenebrio molitor* L.).* **Current Research in Food Science**, v. 8, p. 100685, 2024. DOI: [10.1016/j.crfs.2024.100685](https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100685).

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M.; BERRADA, H.; MAÑES, J. *In vitro crude protein digestibility of insects: A review.* **Insects**, v. 13, n. 8, p. 682, 2022. DOI: [10.3390/insects13080682](https://doi.org/10.3390/insects13080682).

SAUCIER, L.; AOUSSAT, M.; LÉTOURNEAU-MONTMINY, M.-P. *Comparison of black soldier fly larvae pre-treatments and drying techniques on the microbial load and physico-chemical characteristics.* **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 8, n. 1, p. 45–64, 2022. DOI: [10.3920/JIFF2021.0002](https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0002).

SHUMO, M.; OSUGA, I. M.; KHAMIS, F. M.; TANGA, C. M.; FIABOE, K. K. M.; SUBRAMANIAN, S.; EKESI, S. *The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya.* **Scientific Reports**, v. 9, p. 10110, 2019. DOI: [10.1038/s41598-019-46603-z](https://doi.org/10.1038/s41598-019-46603-z).

SON, Y.-J.; LEE, J. H.; CHOI, S.-Y.; KIM, M. *Determination of carbohydrate composition in mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae and characterization of mealworm chitin and chitosan.* **Foods**, v. 10, n. 3, p. 640, 2021. DOI: [10.3390/foods10030640](https://doi.org/10.3390/foods10030640).

TAPIA, M. S.; ALZAMORA, S. M.; CHIRIFE, J. *Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation.* In: Barbosa-Cánovas, G. V. et al.

(Eds.), *Water activity in foods: Fundamentals and applications*, Cap. 14, Ames: Blackwell Publishing, 2020. DOI: [10.1002/9781118765982.ch14](https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14).

TORRES-GALLO, R.; ACQUAH, C.; NAYAK, B.; UDENIGWE, C. C. *Pasting and dough rheological properties of ackee (*Blighia sapida*) aril flour: A contribution to the search for wheat flour substitutes*. **International Journal of Food Science**, 2021, Article ID 5526912. DOI: [10.1155/2021/5526912](https://doi.org/10.1155/2021/5526912).

WANG, Y.; JIAN, C. *Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making*. **NPJ Science of Food**, v. 6, p. 21, 2022. DOI: [10.1038/s41538-022-00163-1](https://doi.org/10.1038/s41538-022-00163-1).

XIE, X.; YANG, X.; ZHENG, W.; GUO, Y.; ZHAO, M.; QIAN, Y. *Effect of partial substitution of flour with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder on dough and biscuit properties*. **Foods**, v. 11, n. 14, p. 2156, 2022. DOI: [10.3390/foods11142156](https://doi.org/10.3390/foods11142156).

ZHANG, Z.; VAVRICKA, C. J.; ZHANG, Y. *Towards coeliac-safe bread*. **Plant Biotechnology Journal**, v. 18, n. 4, p. 1056–1065, 2020. DOI: [10.1111/pbi.13273](https://doi.org/10.1111/pbi.13273).

ZIELIŃSKA, E.; KARAS, M.; BARANIAK, B. *Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insect flour*. **Antioxidants**, v. 10, n. 7, p. 1122, 2021. DOI: [10.3390/antiox10071122](https://doi.org/10.3390/antiox10071122).

ZULKIFLI, N. F. N. M.; KHAIRUDDIN, N. F.; KHALID, F. A.; YUSOF, H. M. *Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods*. **PLOS ONE**, v. 17, 2022. DOI: [10.1371/journal.pone.0267688](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267688).

CAPÍTULO IV – Aplicação de Farinha de *Tenebrio molitor* no desenvolvimento de Brownies de chocolate: Efeitos nas características físico-químicas e sensoriais

Application of *Tenebrio molitor* Flour in the Development of Chocolate Brownies: Effects on Physical, Physicochemical, and Sensory Characteristics

Abstract

This study evaluated the effects of partial (25, 50, and 75%) and total substitution of wheat flour with *Tenebrio molitor* flour on the physicochemical, sensory, and instrumental characteristics of brownies. The substitution resulted in products with significantly higher protein and lipid contents and reduced carbohydrate levels, offering a nutritionally enriched alternative. Regarding physical properties, an impact on gluten structure was observed, reflected in texture changes such as reductions in cohesiveness, gumminess, and chewiness. Instrumental analyses indicated color changes, with darkening proportional to the increased insect flour content. Sensory evaluation showed that samples with higher *T. molitor* flour content exhibited negative attributes, such as crustacean-like aroma and flavor, compromising consumer acceptance. Correspondence Analysis indicated that the 50% substitution sample (S2) was associated with desirable sensory attributes, including chocolate flavor and aroma, brightness, and softness, while the 75% (S4) and 100% (S5) substitution samples showed lower acceptance. The results suggest that partial substitution of wheat flour with *T. molitor* flour up to 50% represents a viable alternative for nutritionally enriching brownies, provided a balance between nutritional benefits and sensory acceptability is considered. Higher substitution levels require technological adjustments to improve organoleptic properties and ensure consumer preference.

Keywords: nutritional profile, sensory evaluation, acceptance.

Resumo

Este estudo avaliou o efeito da substituição parcial (25, 50 e 75%) e total da farinha de trigo por farinha de *Tenebrio molitor* nas características físico-químicas, sensoriais e instrumentais de brownies. A substituição resultou em produtos com teores significativamente maiores de proteínas e lipídios, e redução nos teores de carboidratos, oferecendo uma alternativa nutricionalmente mais rica. Em relação às características físicas, observou-se impacto na estrutura do glúten, refletido em alterações na textura dos brownies, com reduções em atributos como coesividade, gomosidade e mastigabilidade. Além disso, as análises instrumentais indicaram mudanças na coloração, com escurecimento proporcional ao aumento do teor de farinha de inseto. Sensorialmente, amostras com maior teor de farinha de *T. molitor* apresentaram atributos negativos, como aroma e sabor de crustáceos, comprometendo a aceitação. A Análise de Correspondência indicou que a amostra com 50% de substituição (S2) foi associada a atributos sensoriais desejáveis, como sabor e aroma de chocolate, brilho e maciez, enquanto as amostras com 75% (S4) e 100% (S5) apresentaram menor aceitação. Os resultados sugerem que a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de *T. molitor* em níveis até 50% representa uma alternativa viável para o enriquecimento nutricional de brownies, desde que se considere o equilíbrio entre benefícios nutricionais e aceitabilidade sensorial. Formulações com níveis superiores requerem ajustes tecnológicos para melhorar suas características organolépticas e garantir a preferência dos consumidores.

Palavras-chave: insetos comestíveis, perfil nutricional, cor, textura, avaliação sensorial, aceitação.

1. Introdução

Com o aumento contínuo da população global, há uma crescente busca por alternativas alimentares sustentáveis, que possam contribuir para a segurança alimentar e nutricional, especialmente em face das preocupações ambientais e econômicas (TUSÉ et al., 2024). Neste contexto, os insetos comestíveis e suas farinhas, têm se destacado como uma fonte promissora de nutrientes devido à sua rica composição em proteínas e ao seu menor impacto ambiental quando comparados a fontes tradicionais de proteína animal (Matos&Castro, 2021).

O consumo de insetos é uma prática comum em algumas regiões do mundo, entretanto sua aceitação em mercados ocidentais enfrenta desafios relacionados a barreiras culturais e percepções de neofobia alimentar (Bae& Choi, 2020). No entanto, esforços crescentes no desenvolvimento de produtos que utilizam insetos em sua composição têm demonstrado sucesso em aumentar o interesse dos consumidores para experimentar alimentos à base de insetos, especialmente em produtos processados, como biscoitos, pães e bolos (Kotsou et al., 2023; Xie et al., 2022).

A Organização das Nações Unidas (ONU) considera a entomofagia como possível solução para a segurança alimentar mundial (Imathiu, 2020) e a Autoridade Europeia para Segurança Alimentar (EFSA) avaliou e considerou como próprio para consumo a farinha de minhoca amarela (*Tenebriomolitor*), dentre outros insetos e derivados. Ademais, substitutos alternativos da carne de origem animal já existem no mercado, por exemplo o tofu e o seitan, porém suas produções requerem muitos processamentos, o que levanta o questionamento sobre o quão saudável eles realmente são (Orkusz, 2021).

O *Tenebrio molitor* (larva do besouro amarelo) tem sido destacado por seu alto teor proteico, além de ser rico em gorduras poliinsaturadas, fibras e micronutrientes como ferro e zinco (Kim et al., 2019). Sua farinha pode ser uma excelente alternativa às fontes de proteínas convencionais, com a vantagem de contribuir para a diversificação da dieta e melhorias nas características nutricionais de diversos produtos alimentares (Hlongwane et al., 2020).

A incorporação de farinha de inseto em alimentos pode melhorar o perfil nutricional, sem comprometer drasticamente as características físico-químicas e tecnológicas dos produtos; o desafio está em manter a aceitação sensorial, como sabor, textura e aparência, especialmente em produtos que já possuem uma identidade sensorial bem estabelecida (Mancini et al., 2019; Bae & Choi, 2020; Modlinska et al., 2020).

Brownies são produtos de confeitaria tradicionalmente assados em formatos quadrados ou retangulares, caracterizados pelos aromas marcantes de chocolate. Originários dos Estados Unidos, esses doces ganharam popularidade mundial e são elaborados a partir de ingredientes como farinha, gordura, açúcar, ovos e chocolate (Peñalver, et al. 2024). Para aprimorar seu perfil nutricional, diversas estratégias têm sido exploradas, como a substituição de ingredientes por nutrientes alternativos mais nutritivos (Petka & Topolska, 2025). Além disso, o sabor marcante do chocolate permite a introdução de componentes com sabores menos atrativos, sem comprometer a aceitação sensorial do produto.

Diante do crescente interesse por soluções alimentares mais sustentáveis e nutritivas, e considerando a limitada aceitação de insetos na alimentação humana, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição parcial e total da farinha de trigo por farinha de *Tenebrio molitor* no desenvolvimento de brownies de chocolate, analisando suas características físico-químicas e sensoriais.

2. Materiais e métodos

2.1 Produção de Farinha de *T. molitor*

As larvas do besouro *Tenebrio molitor* foram fornecidas pela empresa AGRIN – Criação e Comércio de Insetos, localizada em Avaré, São Paulo, Brasil.. As larvas foram cultivadas em meio nutriente composto de farelo de aveia, em temperatura entre 18°C e 20°C, com umidade de 70%. Após a postura dos ovos pelos adultos e um período de espera de 8 a 10 semanas, foi realizada a colheita das larvas, que antes do abate, permaneceram em inanição por 48 horas para esvaziamento do intestino, seguida de branqueamento por 20 segundos e secagem em estufa de ventilação (Prolab®, Brasil) por 72 horas. As larvas de *T. molitor* foram moídas em prensa de rosca (marca Comopez, modelo X5S), por 30 segundos na velocidade 7 (nível de alta velocidade, escala de 1 a 10). Em seguida, o material seco e moído foi peneirado para obter uma

farinha com granulometria inferior a 100 μm .

2.2 Produção dos Brownies

Foi realizado um desenho experimental com cinco amostras, sendo uma amostra controle (S1) que não foi adicionada a farinha de *Tenebriomolitor*. As demais amostras foram elaboradas substituindo a farinha de trigo pela farinha de *Tenebriomolitor* nas seguintes proporções, a saber: 25% (S2), 50% (S3), 75% (S4) e 100% (S5). Ademais destas alterações, as amostras de brownie foram elaboradas utilizando os ingredientes descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Ingredientes das diferentes formulações de Brownies estudadas.

Ingredientes(g)	Amostras				
	S1	S2	S3	S4	S5
Farinha de trigo	180	125	90	45	0
Farinha de <i>Tenebrio molitor</i>	0	45	90	125	180
Cacau em pó	100	100	100	100	100
Produto em pó a base de cacau	200	200	200	200	200
Açúcar refinado	200	200	200	200	200
Manteiga com sal	150	150	150	150	150
Ovo Extra*	180	180	180	180	180
Extrato de baunilha	2	2	2	2	2

*Ovo Extra = classificação extra 60 g unidade Fonte: Os Autores

As formulações de brownie foram preparadas seguindo procedimento padronizado, a fim de garantir a reprodutibilidade entre as amostras. Inicialmente, os ingredientes secos — farinha de trigo, farinha de *Tenebrio molitor*, cacau em pó e produto em pó à base de cacau — foram pesados e homogeneizados com o auxílio de uma espátula de aço inoxidável, visando à distribuição uniforme dos componentes.

Em um recipiente separado, o açúcar refinado foi misturado à manteiga com sal até a obtenção de uma mistura cremosa e homogênea. Em seguida, os ovos (classe extra) foram adicionados um a um, com agitação constante, seguidos pelo extrato de baunilha, garantindo a completa emulsificação da fase líquida.

A mistura de ingredientes secos foi então incorporada gradualmente à fase úmida, sob agitação contínua, até a formação de uma massa uniforme e de consistência

viscosa. A massa obtida foi vertida em uma assadeira retangular previamente untada e forrada com papel manteiga. As amostras foram assadas em forno convencional pré-aquecido a 180 ± 2 °C por 25 a 30 minutos, ou até que, ao inserir um palito no centro do produto, este saísse limpo, indicando o ponto de cocção adequado. Após o forneamento, os brownies foram resfriados à temperatura ambiente (22 ± 2 °C) por aproximadamente 30 minutos, sendo posteriormente cortados em porções padronizadas para realização das análises.

2.3 Análises

2.3.1 Composição centesimal

Todas as análises foram realizadas no laboratório de tecnologia de alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As análises de umidade, cinzas, lipídios e proteínas foram realizadas em triplicatas, seguindo os métodos físico-químicos para análise de alimentos apresentados por Instituto Adolfo Lutz (2008), quando aplicável. O teor de carboidratos foi obtido por diferença, de acordo com a Equação 1.

$$\% \text{carboidrato} = 100 - \% \text{gordura} - \% \text{proteína} - \% \text{cinzas} - \% \text{umidade} \quad (1)$$

2.3.2 Determinação da Atividade Água (a_w)

A atividade de água (a_w) das amostras de brownie foi determinada utilizando um termo-higrômetro (AquaLab 4TE, ADDIUM®) a 25 ± 1 °C. As medições foram realizadas em triplicata.

2.3.3 Perfil de Textura (TPA)

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada conforme a metodologia descrita em Novello (2011), utilizando um texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems®, Reino Unido). Foram analisados os parâmetros de dureza, adesividade, fraturabilidade, resiliência, elasticidade, mastigabilidade, gomosidade e coesividade para os Brownies com diferentes percentuais de farinha de inseto.

2.3.4 Análise Instrumental de Cor

A análise colorimétrica dos brownies com diferentes percentuais de farinha de inseto considerando a casca e o miolo foi realizada utilizando um colorímetro digital CR 400 (Konica Minolta®, Japão) com sistema CIELAB (escala $L^*a^*b^*$, com fonte de luz D65 e ângulo de observação igual a 10°), onde L^* indica o nível de luminosidade, a^* o

nível de vermelho *eb** o nível de amarelo. Para cada amostra, foram realizadas cinco medições. A calibração do equipamento foi realizada utilizando um disco em branco (100).

2.3.5 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada com 119 consumidores, de idade variando entre 18 a 59 anos. A cada avaliador foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido autorizando a sua participação voluntária na pesquisa. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética, sob número CAAE: 83339224.0.0000.8044.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos da Universidade Iguazu, em cabines individuais sob luz branca. Os avaliadores receberam amostras de 10g de brownie, em copos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos acompanhados de um copo com água para limpeza do palato. A apresentação das amostras foi realizada de forma monádica e em blocos completos balanceados (Wakeling; Macfie, 1995).

2.3.5.1 Teste—Check-All-That-Apply

Antes da realização do teste CATA, foram definidos os termos descritivos pelo método Lista livre, em uma sessão com 50 consumidores, em que foram apresentadas três amostras (amostra padrão, 50% e 100% farinha de *Tenebrio molitor*) de Brownie, solicitando que o provador anotasse os termos apropriados para descrever o produto em análise, em relação aos atributos aparência, aroma, sabor e textura. Os termos foram selecionados avaliando-se a frequência com que apareciam, foram eliminados os termos sinônimos, totalizando 22 termos, a saber: Brilho, Casca/superfície crocante, Casca marrom clara, Massa aerada, Massa marrom escura, Aroma de chocolate, Aroma doce, Aroma de camarão/crustáceo, Aroma estranho/diferente, Gosto doce, Gosto amargo, Sabor de chocolate, Sabor de chocolate amargo, Sabor de camarão/crustáceo, Sabor estranho/diferente, Crocante (casca), Macio (massa), Úmido, Seco, Arenoso, Firme, Massudo/borrachudo.

Após a definição dos termos descritivos, a ficha do teste CATA foi confeccionada utilizando os 22 termos selecionados de forma balanceada de modo a evitar tendência nos julgamentos (Gonzalez-Estano et al. 2022). Os avaliadores foram orientados a marcar na ficha os termos descritivos que descreviam as amostras, de acordo com metodologia descrita por Ares et al. (2011).

2.3.5.2 Teste de aceitação

O teste de aceitação, que avaliou a impressão global sobre as amostras de brownie, foi realizado na mesma seção em que foi aplicado o método CATA. Os avaliadores, utilizando uma escala de 9 pontos, cujos extremos correspondem a desgostei extremamente (1) e gostei extremamente (9), avaliaram seu grau de aceitação e, em seguida, realizaram o método CATA. (Gonzalez-Estanol et al.2022).

Análise estatística

No estudo CATA, as frequências de menção de cada palavra foram determinadas pela contagem do número de consumidores que usaram essa palavra para descrever cada Brownie. O teste Q de Cochran foi utilizado para cada um dos termos para identificar se houve diferença significativa entre as amostras ao nível de significância de 5%. Os termos significativos foram tratados pela Análise de Correspondência (AC) utilizando o programa estatístico R (ALCAIRE et al.2017). Em relação aos dados de aceitação e composição centesimal foi aplicada a ANOVA seguida de Teste de média de *Tukey* utilizando o programa estatístico XLSTAT (Lawless; Heymann, 2010).

3. Resultados e Discussão

3.1 Composição centesimal e atividade de água

Os resultados da composição centesimal (Tabela 2) realizadas no presente estudo fornecem uma visão detalhada do impacto dessas modificações na composição dos brownies. Os parâmetros analisados incluem teor de umidade, proteínas, lipídios, carboidratos e cinzas. Estudos como o de Awobusuyi et al. (2020) reforçam a importância de medir esses componentes, uma vez que a substituição parcial de ingredientes convencionais pode alterar significativamente o perfil nutricional.

Tabela 2-Composição centesimal, tvidade água e quilocaloria de Brownies produzidos com e sem farinha de *Tenebrio molitor*.

Parâmetros(%)	Amostras*				
	S1	S2	S3	S4	S5
Proteínas	9,25 ^e ±1,48	14,00 ^d ±0,56	22,54 ^c ±1,54	24,54 ^b ±3,68	29,75 ^a ±0,40
Lipídeos totais	23,19 ^c ±0,05	24,07 ^b ±0,20	24,77 ^b ±0,39	26,68 ^a ±3,30	27,00 ^a ±1,75
Carboidratos**	43,54	38,05	26,89	19,02	14,41
Umidade	23,02 ^b ± 0,17	22,26 ^b ±0,31	26,97 ^a ±0,15	27,56 ^a ±0,08	26,51 ^a ±2,89
Atividade água	0,8587	0,8786	0,8756	0,8870	0,8536
Cinzas	1,00 ^d ±0,04	1,62 ^c ±0,02	1,83 ^{bc} ±0,43	2,02 ^b ±0,01	2,33 ^a ±0,10
Kcal	420,86	422,31	414,17	394,47	400,47

*S1-amostrapadrão;S2-amostradebrowniecontendo25%defarinhadeinseto;S3-amostra de brownie contendo 50% de farinha de inseto; S4- amostra de brownie contendo 75% de farinha de inseto; S5 – amostra de brownie contendo 100% de farinha de inseto.**Os carboidratos foram calculados pela diferença dos teores médios de umidade, cinzas, gorduras e proteínas. ANOVA, p >0,05

A substituição parcial ou total da farinha de trigo pela farinha de *Tenebrio molitor* resultou em alterações significativas (p<0,05) na composição centesimal das amostras de brownies. O teor proteico apresentou um aumento de 200% na formulação com substituição total da farinha de trigo (S5), em comparação à amostra S1; Além disso, houve um aumento significativo (p<0,05) no teor de lipídeos totais à medida que a farinha de trigo foi substituída por farinha de inseto nas formulações de brownie, mesmo o menor teor de adição apresentou diferença quando comparado à amostra controle. A amostra controle apresentou o menor valor, enquanto as amostras com níveis mais elevados de substituição, especialmente S4 e S5 (75% e 100% de substituição, respectivamente), apresentaram os maiores teores lipídicos.

Concomitantemente, observou-se uma redução progressiva no teor de carboidratos, que variou de 43,54% (S1) a 14,41% (S5). Essa diminuição está associada ao menor conteúdo de carboidratos da farinha de inseto em comparação com a farinha de trigo, que é rica em amido. Assim, a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de *Tenebrio molitor* em produtos como brownies pode reduzir potencialmente o índice glicêmico (IG) do produto e isso se deve à composição nutricional da farinha de *T. molitor*, que apresenta elevado teor de proteínas (aproximadamente 50%) e

lipídios (cerca de 30%), conforme demonstrado por Zielińska et al. (2020).

Esses macronutrientes são conhecidos por retardar o esvaziamento gástrico e a absorção de glicose, modulando a resposta glicêmica pós-prandial (Jin et al, 2023; Pasmans et al, 2022; Bozzetto et al, 2019; Horstman et al, 2023). Além disso, a redução no teor de carboidratos totais, em especial daqueles de rápida digestão presentes na farinha de trigo, contribui para a diminuição da carga glicêmica do produto, o que pode favorecer a modulação da resposta glicêmica pós-prandial, auxiliar na prevenção de distúrbios metabólicos, como o diabetes mellitus tipo 2, e promover maior sensação de saciedade, alinhando o alimento às propostas de formulações nutricionalmente mais equilibradas e funcionais (Nagaraju et al, 2020; Penlioglou et al, 2021). Portanto, a utilização de produtos alimentares com farinha de inseto, pode representar uma estratégia promissora para o desenvolvimento de alimentos com menor impacto glicêmico, beneficiando populações que necessitam de controle glicêmico.

A incorporação da farinha de *Tenebrio molitor* nos brownies influenciou significativamente ($p < 0,05$) o teor de umidade e a atividade de água (A_w). A amostra padrão (S1) e a formulação com 25% de substituição (S2) apresentaram teores de umidade sem diferença significativa entre si ($p > 0,05$) e estatisticamente inferiores ($p < 0,05$) às demais amostras. Já as formulações com maiores percentuais de substituição (50%, 75% e 100%) exibiram umidades significativamente mais elevadas, sem diferenças estatísticas entre si ($p > 0,05$). O aumento na umidade pode estar associado à composição da farinha de inseto, que, por sua natureza proteica e lipídica, tende a reter mais água na matriz do produto (Cavenaghi et al, 2019). Essa característica pode influenciar positivamente a textura dos brownies, conferindo maior maciez (Hospital et al., 2025).

Esses achados diferem dos reportados por Djouadi et al. (2022), que observaram uma redução no teor de umidade à medida que a farinha de trigo foi substituída pela farinha de inseto na produção de biscoitos ricos em proteínas. A adição de concentrações elevadas de farinha de inseto pode comprometer a formação da rede de glúten, tornando-a menos eficiente na retenção de bolhas de gás e moléculas de água, o que pode resultar em uma redução no teor de umidade do produto (DJOUADI et al., 2022).

A atividade de água variou entre 0,8536 (S5) e 0,8870 (S4). Apesar do aumento na umidade, a atividade de água não seguiu uma tendência linear, oscilando entre as formulações. Isso sugere que outros fatores, como a composição dos ingredientes e a estrutura da matriz alimentar, podem estar influenciando a disponibilidade de água livre

no sistema (Ignácio et al, 2024). As quantidades de atividade de água encontradas sugerem que a formulação precisa ser avaliada cuidadosamente para garantir estabilidade microbiológica e vida útil adequada. Os valores de atividade e água próximos a 0,85 são indicativos de estabilidade microbiológica relativa, pois limitam o crescimento da maioria dos microrganismos patogênicos e deteriorantes, especialmente bactérias, embora ainda possam permitir o desenvolvimento de fungos e leveduras em determinadas condições (Tapia et al., 2020).

Observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$) no teor de cinzas nas formulações de brownie com a substituição progressiva da farinha de trigo por farinha de inseto. A amostra padrão (S1) apresentou o menor valor, enquanto a amostra com 100% de substituição (S5) apresentou o maior, representando um aumento de aproximadamente 133% no teor de cinzas. Esse incremento está diretamente relacionado à maior concentração de minerais presentes na farinha de inseto, refletindo-se nos valores mais elevados nas formulações com maiores níveis de substituição.

Assim, esse aumento no teor de cinzas indicado pela substituição gradativa da farinha, representa indiretamente o mesmo aumento no conteúdo mineral dos alimentos, logo, os resultados sugerem um potencial enriquecimento nutricional do produto. Além disso, essa elevação pode influenciar propriedades tecnológicas do alimento, como textura e estabilidade (Rutinéia et al, 2024), sendo relevante para a formulação e conservação do produto final.

Apesar das modificações na composição centesimal, o valor energético do produto manteve-se estável, variando entre 394,47 kcal (S4) e 422,31 kcal (S2), o que sugere que a substituição da farinha de trigo pela farinha de inseto não compromete a densidade calórica do produto. Essa oscilação no valor energético está relacionada às alterações nas proporções de macronutrientes, especialmente à redução no teor de carboidratos e ao aumento nos teores de lipídeos e proteínas nas formulações com farinha de inseto. Embora o teor lipídico seja elevado nessas amostras, a diminuição expressiva de carboidratos contribuiu para conter o aumento calórico esperado, resultando em valores energéticos equilibrados entre as formulações. Estes achados corroboram estudos prévios que demonstram o aumento dos teores de proteínas e lipídios em produtos enriquecidos com farinha de insetos, acompanhado por uma redução no conteúdo de carboidratos. (Zielińska et al., 2020; Xi et al., 2022; Djouadi et al., 2022; Papastavropoulou et al., 2024).

3.2 Análise do Perfil de Textura

A incorporação de diferentes proporções de farinha de *Tenebrio molitor* nos brownies, influenciou significativamente ($p < 0,05$) seus parâmetros de textura, como dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência disponíveis na tabela 3.

A análise de textura revelou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na dureza entre as amostras. O aumento mais evidente foi observado nas formulações com 25% e 50% de substituição da farinha de trigo por farinha de inseto, indicando uma provável contribuição das proteínas da farinha de inseto para o reforço da estrutura da matriz do produto. Em contrapartida, nas formulações com substituições mais elevadas (75% e 100%), foi registrada uma redução significativa na dureza, possivelmente em decorrência da diminuição da formação da rede de glúten e da alteração na retenção de umidade, fatores que impactam negativamente a resistência mecânica da estrutura final (Xie et al, 2022).

Tabela 3—Perfil de textura de Brownies produzidos com diferentes percentuais de farinha de *T. molitor* incorporada.

Parâmetros	S1	S2	S3	S4	S5
Dureza (N)	42,09 ^b	51,64 ^a	54,27 ^a	34,16 ^c	38,47 ^{bc}
Elasticidade(m)	0,23 ^{ab}	0,38 ^a	0,24 ^{ab}	0,17 ^b	0,14 ^b
Coesividade(Pa)	0,23 ^a	0,22 ^{ab}	0,19 ^b	0,13 ^c	0,12 ^c
Gomosidade(N)	9,86 ^a	11,61 ^a	10,82 ^a	4,72 ^b	4,70 ^b
Mastigabilidade(N/m)	2,30 ^{ab}	4,56 ^a	2,60 ^{ab}	0,82 ^b	0,74 ^b
Resiliência (J/m³)	42,10 ^b	51,63 ^a	54,26 ^a	34,15 ^c	38,47 ^{bc}

Fonte: autores

S1- amostra padrão; S2- amostra de brownie contendo 25% de farinha de inseto; S3 - amostra de brownie contendo 50% de farinha de inseto; S4- amostra de brownie contendo 75% de farinha de inseto; S5 – amostra de brownie contendo 100% de farinha de inseto.

A elasticidade das amostras variou de 0,14 (S5) a 0,38 (S2), sendo esta última a que apresentou o maior valor. Por outro lado, as amostras S4 e S5 apresentaram valores significativamente menores ($p < 0,05$). A maior elasticidade observada em S2 pode estar associada a uma textura mais macia e flexível, característica desejável em produtos como brownies. Em contraste, os menores valores de elasticidade em S4 e S5 indicam uma textura mais rígida e menos maleável, o que pode resultar em uma tendência ao esfarelamento — uma característica indesejável nesse tipo de produto (Kaur et al., 2021).

A coesividade apresentou tendência de redução com o aumento da substituição da farinha de trigo por farinha de inseto. A diferença entre as formulações foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$), especialmente entre a amostra padrão e aquelas com 75% e 100% de substituição. Esse resultado indica menor capacidade do produto de manter sua integridade estrutural após deformação, possivelmente em função da redução da formação de rede proteica e da menor presença de glúten (Vieira et al, 2015).

A gomosidade manteve-se estável nas formulações com até 50% de substituição, sem diferenças estatísticas relevantes entre essas amostras. No entanto, as formulações com substituições de 75% e 100% apresentaram valores estatisticamente inferiores ($p < 0,05$), sugerindo menor resistência interna da estrutura do produto, o que pode comprometer a sua consistência durante o consumo (Ye et al, 2023).

A mastigabilidade foi influenciada pelas diferentes proporções de substituição (Mu et al, 2023). As amostras com 75% e 100% de farinha de inseto apresentaram valores estatisticamente mais baixos ($p < 0,05$), o que pode estar relacionado à alteração na densidade e elasticidade da massa, tornando o produto menos resistente ao processo de mastigação.

A resiliência variou entre as formulações, com aumento nas substituições intermediárias (25% e 50%), cujos valores foram estatisticamente superiores ao da amostra padrão ($p < 0,05$). Já nas formulações com maior teor de farinha de inseto, observou-se redução, indicando que níveis mais elevados de substituição podem comprometer a capacidade do produto de recuperar sua forma após compressão.

As amostras com maior substituição de farinha de *Tenebrio molitor* apresentaram aumento na dureza, elasticidade e resiliência, mas redução na coesividade, mastigabilidade e gomosidade. Esses resultados indicam uma estrutura mais firme e elástica, porém menos coesa e menos agradável à mastigação. A adição da farinha de inseto interfere na formação da rede de glúten, comprometendo a uniformidade da massa (Mu et al, 2023; Marín-Sanz et al, 2022). Como consequência, os brownies se tornaram mais rígidos e menos macios, o que pode afetar negativamente a experiência sensorial. A diminuição da coesividade e mastigabilidade torna o produto mais quebradiço, impactando sua aceitação sensorial. Assim, a substituição parcial ou total da farinha de trigo por farinha de *T. molitor* altera significativamente a textura dos brownies, comprometendo sua aceitação (Zhang et al, 2020).

Outro fator importante a ser considerado é que além da farinha de *T. molitor*, outros ingredientes presentes na formulação dos brownies, como a gordura e o açúcar,

também desempenham um papel crucial nas características texturais do produto. A interação entre esses ingredientes pode alterar os efeitos da farinha de inseto. O lipídeo tem a capacidade de amaciar a massa e melhorar a mastigabilidade, enquanto o açúcar pode influenciar na umidade e na gomosidade. Esses fatores devem ser cuidadosamente controlados para atingir o equilíbrio ideal entre os aspectos sensoriais e funcionais do produto (Zielińska et al., 2022).

3.3 Análise Instrumental de Cor

A Tabela 4 apresenta os valores de cor (L^* , a^* , b^*) para brownies com diferentes percentuais de farinha de *Tenebrio molitor* (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Esses parâmetros de cor são importantes para entender como a substituição de farinha pode afetar a aparência do produto.

Tabela 4—Coloração de Brownies produzidos com diferentes percentuais de farinha de *T. molitor* incorporada.

	S1	S2	S3	S4	S5
L*	18,14 ^b ± 0,59	7,83 ^d ± 1,25	14,46 ^c ± 3,08	17,87 ^b ± 0,16	21,53 ^a ± 3,505
a*	5,06 ^d ± 0,17	10,03 ^a ± 1,05	8,62 ^b ± 1,44	5,32 ^d ± 0,13	6,30 ^c ± 1,52
b*	4,48 ^c ± 0,24	9,47 ^a ± 0,34	9,90 ^a ± 1,77	5,30 ^c ± 0,22	6,48 ^b ± 1,77

Fonte: autores

S1- amostra padrão; S2- amostra de brownie contendo 25% de farinha de inseto; S3 - amostra de brownie contendo 50% de farinha de inseto; S4- amostra de brownie contendo 75% de farinha de inseto; S5 – amostra de brownie contendo 100% de farinha de inseto.

A substituição da farinha de trigo por farinha de *Tenebrio molitor* alterou significativamente os parâmetros colorimétricos dos brownies. Para o parâmetro L^* , observou-se uma diferença significativa entre as formulações ($p < 0,05$), sendo que a amostra com 100% de substituição apresentou maior luminosidade, enquanto a de 25% foi a mais escura, evidenciando que a coloração do produto final é diretamente influenciada pelo nível de farinha de inseto. Esses achados estão de acordo com estudos prévios que relataram redução de L^* em produtos enriquecidos com farinha de inseto, devido à tonalidade intrinsecamente mais escura deste ingrediente e ao aumento da reação de Maillard em formulações com maior teor proteico (García-Segovia et al., 2022).

O parâmetro a^* , relacionado à intensidade da coloração avermelhada, também apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), com aumento nas formulações contendo 25% e 50% de farinha de *T. molitor*, possivelmente em decorrência de compostos cromóforos formados durante o processo térmico. Isso corrobora estudos que apontam incremento de a^* em biscoitos e snacks com adição de farinha de *Tenebrio molitor* (García-Segovia et al., 2022).

Em relação ao valor de b^* , que expressa a tendência amarelada, também foram observadas diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$). As formulações com

25% e 50% de substituição apresentaram os maiores valores, o que pode estar relacionado à composição da farinha de inseto e à sua interação com os açúcares durante o cozimento. Alterações semelhantes foram descritas em formulações de massas e produtos de confeitaria suplementados com insetos comestíveis (García-Segovia et al., 2022).

Tais variações nos parâmetros de cor reforçam que a farinha de *T. molitor* interfere nas reações de escurecimento não enzimático, especialmente a reação de Maillard, afetando a coloração final dos produtos. Essas alterações podem influenciar diretamente a aceitabilidade sensorial, uma vez que a cor é um dos primeiros atributos percebidos pelo consumidor (Jeesan et al, 2020). Alguns estudos sugerem que a farinha de inseto pode resultar em produtos mais escuros devido à maior concentração de compostos fenólicos e proteínas reativas (Zielińska et al., 2020; Xie et al., 2022), o que pode corroborar a tendência observada em seus dados.

Análise Sensorial

A Tabela 5 apresenta a frequência de menções de cada atributo para cada amostra de brownie avaliada pelo método CATA. Os consumidores foram capazes de diferenciar as amostras a partir das alterações do quantitativo de farinha de *Tenebrio molitor* e entre os 22 atributos utilizados na caracterização sensorial, 14 foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para discriminar as amostras segundo o Teste Q de Cochran.

As alterações na aparência dos brownies podem decorrer das condições térmicas impostas durante o assamento, como a distribuição de calor, temperatura e tempo (Lukinac et al, 2022). Esses fatores influenciam reações químicas, como a reação de Maillard e a caramelização, que afetam diretamente a formação da crosta,

acoloração e brilho do produto (Acton; Dawson, 2004). Equipamentos com distribuição de calor irregular podem gerar coloração desigual ou aparência menos atrativa (Rana et al, 2022).

No aroma e sabor, a redução das notas de chocolate nas amostras com maior proporção de farinha de *Tenebrio molitor* (S4 e S5) pode ser explicada pela diluição do cacau presente na receita original. Simultaneamente, compostos voláteis característicos da farinha de inseto, como pirazinas e aldeídos derivados do processo térmico, intensificam notas de aroma e sabores similares a camarão ou crustáceos. Estes compostos são típicos de proteínas animais submetidas ao calor, como demonstrado por estudos recentes (Zhao et al., 2023; Kim et al., 2021).

Tabela 6—Frequência de menções dos atributos utilizados no CAT A e impressão global das amostras de brownie

Atributos\Amostras	S1	S2	S3	S4	S5	p-valores
Brilho	13 ^{ab}	25 ^b	19 ^{ab}	10 ^a	17 ^{ab}	0,0014
Massa marrom escura	74 ^{ab}	87 ^b	83 ^{ab}	66 ^a	85 ^{ab}	0,0016
Casca/superfície crocante	53 ^a	37 ^a	46 ^a	43 ^a	36 ^a	0,0585
Casca marrom clara	14 ^a	5 ^a	12 ^a	12 ^a	8 ^a	0,1788
Aroma de chocolate	74 ^b	73 ^b	73 ^b	45 ^a	52 ^{ab}	<0,0001
Aroma estranho diferente	13 ^{ab}	14 ^{ab}	10 ^a	30 ^b	26 ^b	0,0004
Aroma doce	37 ^a	34 ^a	35 ^a	20 ^a	22 ^a	0,0092
Aroma de camarão/crustáceo	3 ^a	5 ^a	9 ^a	25 ^b	24 ^b	<0,0001
Gosto amargo	21 ^a	15 ^a	12 ^a	25 ^a	19 ^a	0,1055
Gosto doce	31 ^{ab}	43 ^b	43 ^b	23 ^a	22 ^a	0,0002
Sabor de chocolate	57 ^b	58 ^b	52 ^b	32 ^a	30 ^a	<0,0001
Sabor estranho/diferente	11 ^a	11 ^{ab}	15 ^{abc}	30 ^c	27 ^{bc}	0,0002
Sabor de chocolate amargo	37 ^a	38 ^a	36 ^a	26 ^a	28 ^a	0,1955
Sabor de camarão/crustáceo	2 ^a	5 ^a	14 ^a	33 ^b	37 ^b	<0,0001
Massa doce/borrachudo	27 ^b	16 ^{ab}	7 ^a	26 ^b	7 ^a	<0,0001
Massa aerada	13 ^{ab}	10 ^{ab}	6 ^a	22 ^b	20 ^{ab}	0,0028
Crocante	23 ^a	20 ^a	21 ^a	17 ^a	22 ^a	0,8202
Seco	17 ^{bc}	6 ^{ab}	1 ^a	32 ^c	14 ^{bc}	<0,0001
Macio	61 ^b	69 ^b	79 ^b	37 ^a	62 ^b	<0,0001
Arenoso	8 ^a	7 ^a	22 ^b	23 ^b	22 ^b	0,0002
Úmido	17 ^{ab}	37 ^c	33 ^{bc}	11 ^a	23 ^{abc}	<0,0001
Firme	33 ^a	30 ^a	27 ^a	31 ^a	25 ^a	0,6626
Impressão global	7,12 ^a	7,12 ^a	7,07 ^a	6,19 ^b	6,09 ^b	-

Fonte: Os autores S1- amostra padrão; S2- amostra de brownie contendo 25% de farinha de inseto; S3 - amostra de brownie contendo 50% de farinha de inseto; S4- amostra de brownie contendo 75% de farinha de inseto; S5 – amostra de brownie contendo 100% de farinha de inseto. ANOVA. p<0,05

Quanto à textura, a sensação de —arenosidade— percebida nas formulações com farinha de inseto pode estar relacionada à granulação da farinha de *T. molitor*, que geralmente é mais grossa e menos homogêneo que a de trigo. Essa diferença interfere na coesão da massa e na formação da rede de glúten, essencial para uma textura uniforme e macia. A ausência ou deficiência de glúten também resulta em produtos mais quebradiços ou com menor elasticidade, afetando negativamente a mastigabilidade e a aceitação sensorial (Mendes et al, 2024).

A amostra S1, utilizada como controle, representou o perfil sensorial ideal de um brownie tradicional, sendo a base de comparação para as demais formulações. Essa amostra foi amplamente associada a atributos desejáveis, como aroma e sabor de chocolate, textura macia e coloração marrom escura (Ac-Pangan et al, 2023; Papageorgiou et al, 2020).

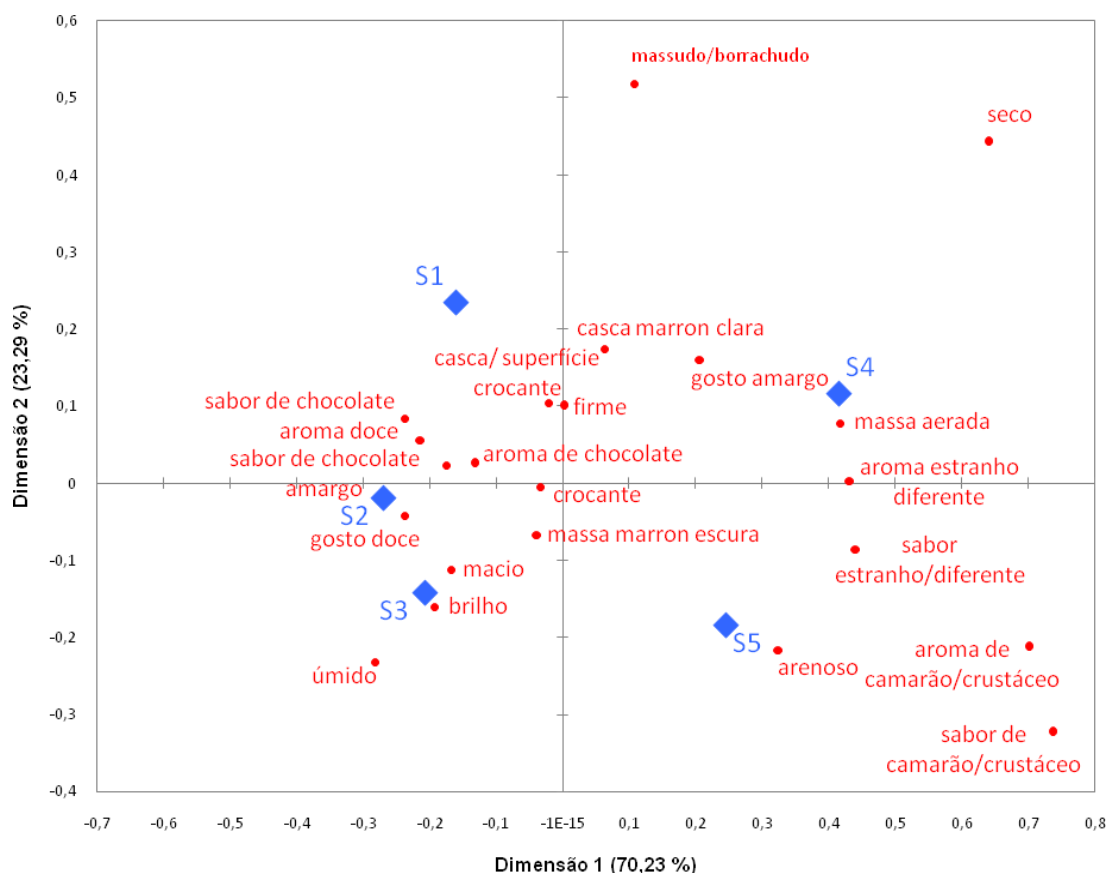
Com o aumento da substituição da farinha de trigo por farinha de inseto, especialmente nas amostras S4 e S5, observou-se uma redução significativa ($p < 0,05$) na percepção de atributos sensoriais característicos do brownie, como brilho, aroma e sabor de chocolate. Resultados semelhantes foram encontrados por Djouadi et al. (2022), cujo biscoito tipo cracker, com maior proporção de farinha de inseto, foi menos apreciado pelos avaliadores. Da mesma forma, Zielińska et al. (2021) observaram queda na aceitação sensorial em muffins com diferentes percentuais de adição de farinha de *Tenebrio*.

Simultaneamente, aumentaram os descritores como aroma e sabor de camarão/crustáceo ($p < 0,05$), característica diretamente associada à presença da farinha de inseto, assim como no estudo de Cappelli (2020), que destacou que a presença de compostos voláteis oriundos da farinha de inseto contribui para aromas característicos de frutos do mar. Quanto à textura, essas amostras apresentaram sensações táteis menos desejáveis, como seca e textura arenosa, sendo a amostra S4 frequentemente vinculada a essas características, o que pode indicar menor percepção de maciez pelos consumidores ($p < 0,05$).

No que diz respeito à aceitação, todas as amostras obtiveram médias superiores a 6,0 na avaliação da impressão global, sugerindo uma avaliação positiva por parte dos consumidores. Entre as formulações contendo farinha de *Tenebrio molitor*, as amostras S2 e S3 se destacaram, apresentando as melhores avaliações e diferindo

significativamente ($p < 0,05$) das demais. Resultado semelhante foi observado por Tzompa-Sosa et al. (2023), que investigaram a aceitação de muffins doces e salgados enriquecidos com farinha de *T. molitor* e constataram boa aceitação, especialmente entre consumidores com menor aversão a alimentos novos. Embora as amostras S4 e S5 tenham recebido mais menções relacionadas a atributos sensoriais atípicos para brownies de chocolate — como aroma e sabor de camarão ou crustáceo —, essas percepções não foram determinantes para sua rejeição. Estudos recentes destacam os desafios de incorporar proteínas alternativas em produtos tradicionais sem comprometer sua aceitação sensorial (Espinosa-Ramírez et al, 2023).

Figura 1. Mapa bidimensional da análise de correspondência do método CATA aplicadas as amostras de brownie.



A Análise de Correspondência, representada por um mapa bidimensional (Figura 1), explicou 93,52% das variações entre as amostras, evidenciando a separação das mesmas em dois grupos distintos pelos consumidores. As amostras S1, S2 e S3 foram

caracterizadas pelos atributos como: —aroma de chocolate, —sabor de chocolate, —sabor de chocolate amargo, —gosto doce, —macio e —brilhoso. Em contrapartida, a amostra S4 foi associada aos atributos —massa aerada, —gosto amargo e —aroma estranho/diferente. Já a amostra S5, composta por 100% de farinha de *Tenebrio molitor* em substituição à farinha de trigo, foi caracterizada por atributos como: —arenoso, —aroma de crustáceo/camarão e —sabor de camarão/crustáceo. Essas percepções podem estar relacionadas à similaridade estrutural, como tropomiosina e arginina quinase, entre a larva da farinha e os artrópodes, conforme descrito por Broekman et al. (2017).

As amostras S1, S2 e S3 destacaram-se na análise sensorial por apresentarem atributos positivos como —aroma de chocolate, —sabor de chocolate, —sabor de chocolate amargo, —gosto doce, —textura macia e —brilhoso. Esses atributos estão fortemente associados à aceitabilidade de produtos de confeitaria, sobretudo brownies, em função do apelo hedônico promovido por compostos voláteis do cacau e pela maciez da massa (Azeredo et al, 2021).

Em contraste, a amostra S4 foi predominantemente relacionada aos descritores — massa aerada, — gosto amargo — aroma estranho/diferente, o que pode indicar um desequilíbrio entre os ingredientes ou uma maior percepção de compostos voláteis não usuais na matriz tradicional do brownie, impactando negativamente a aceitação (Silva et al, 2020).

A amostra S5, elaborada com 100% de substituição da farinha de trigo por farinha de *Tenebrio molitor*, foi descrita pelos avaliadores como apresentando características sensoriais distintas, como —textura arenosa, —aroma de crustáceo/camarão e —sabor de camarão/crustáceo. Tais atributos são frequentemente relatados em produtos com inclusão de farinhas de insetos, especialmente devido à presença de compostos nitrogenados voláteis, como trimetilamina e aminas biogênicas, e à similaridade estrutural de proteínas como tropomiosina e arginina quinase, comuns entre insetos comestíveis e crustáceos (Broekman et al, 2017; Dobermann et al, 2019). Essas percepções sensoriais podem influenciar negativamente a aceitação do produto por consumidores não familiarizados com alimentos à base de insetos, sendo frequentemente associadas à neofobia alimentar (Hartmann & Siegrist, 2016).

4. Conclusões

A incorporação de farinha de *Tenebrio molitor* promoveu um aumento significativo nos teores de proteínas e lipídios dos brownies, evidenciando seu potencial como ingrediente enriquecedor. No entanto, tais alterações também afetaram a estrutura do glúten, resultando em mudanças na textura, com reduções nos atributos de coesividade, gomosidade e mastigabilidade. Sensorialmente, os níveis mais elevados de substituição foram associados à diminuição das notas características de chocolate e ao aumento de aromas e sabores reminiscentes de crustáceos, o que pode comprometer a aceitação por parte dos consumidores.

As amostras com menor proporção de farinha de inseto, especialmente até 50% de substituição, mostraram desempenho sensorial mais favorável, mantendo-se próximas à amostra controle (S1) e destacando-se como alternativas viáveis para o enriquecimento nutricional sem prejuízo à qualidade percebida.

Ainda que substituições mais elevadas tragam ganhos nutricionais, o perfil calórico da formulação tradicional — com elevados teores de açúcar e gordura — permanece um desafio. Essa constatação reforça a importância de buscar um equilíbrio entre inovação nutricional e o perfil geral do produto. Reformulações com menor carga calórica ou ingredientes funcionais podem ampliar o apelo do produto junto a um público mais consciente.

Dessa forma, o uso de farinha de *T. molitor* representa uma alternativa sustentável e promissora para a indústria alimentícia. Entretanto, sua aplicação em produtos como brownies exige cuidados quanto à proporção de substituição e ao ajuste das características sensoriais, de modo a garantir a aceitação do consumidor. Os resultados deste trabalho também indicam a necessidade de futuras otimizações tecnológicas, especialmente em formulações com maior teor de farinha de inseto, para equilibrar os benefícios nutricionais com a experiência sensorial esperada.

REFERÊNCIAS

AC-PANGAN, M. F.; ENGESETH, N. J.; CADWALLADER, K. R.. Identification of Important Aroma Components and Sensory Profiles of Minimally Processed (Unroasted) and Conventionally Roasted Dark Chocolates. *J Agric Food Chem.* 2023 Jun28;71(25):9856-9867. Doi: 10.1021/Acs.Jafc.3c01366.

AWOBUSUYI, T. D.; PILLAY, K.; SIWELA, M. CONSUMER ACCEPTANCE OF BISCUITS SUPPLEMENTED WITH A SORGHUM–INSECT MEAL. *Nutrients*, V. 12, N. 4, P. 895, 2020. DOI: 10.3390/Nu12040895.

AZEREDO, H. M. C. Et Al. Sensory Analysis In Food Product Development And Reformulation: A Systematic Review. *Food Research International*, V. 143, 2021.
Disponível em: https://MdpiRes.Com/Bookfiles/Book/3893/Sensory_Analysis_And_Consumer_Research_In_New_Product_Development.Pdf?V=1743383165 Acess

BAE, Y.; CHOI, J. Consumer acceptance of edible insect foods: and Application of the extended theory of planned behavior. *Nutrition Research And Practice*, V.14, 2020. DOI: 10.4162/Nrp.2020.14.1.1.

Bozzetto L, Alderisio A, Clemente G, Giorgini M, Barone F, Griffo E, Costabile G, Vetrani C, Cipriano P, Giacco A, Riccardi G, Rivellese AA, Annuzzi G. Gastrointestinal Effects Of Extra-Virgin Olive Oil Associated With Lower Postprandial Glycemia In Type 1 Diabetes. *Clin Nutr.* 2019 Dec;38(6):2645-2651. Doi: 10.1016/J.Clnu.2018.11.015.

BROEKMAN, H. C. et al. Identification and Characterization of Allergens In Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) and Effects of Processing on Allergenicity. *Molecular Nutrition & Food Research*, V. 61, N. 10, 2017.
<https://Onlinelibrary.Wiley.Com/Doi/10.1002/Mnfr.201601061>

Cacak-Pietrzak G, Sujka K, Księżak J, Bojarszczuk J, Ziarno M, Studnicki M, Krajewska A, Dziki D. Assessment of Physico chemical Properties And Quality Of The Breads Made From Organically Grown Wheat And Legumes. *Foods.* 2024 Apr18;13(8):1244. Doi:10.3390/Foods13081244

CAPPELLI, A. Et Al. InsectFlour: A Novel Food Ingredient For Bakery Products. Innovative Food Science & Emerging Technologies, [S. L.], V. 63, P. 102346, 2020. DOI: 10.1016/J.Ifset.2020.102346.

Cavenaghi, Daniela & Lins Jr, Juracy & Duarte, Juliana & Barros, Wander & Jesus, Neidevon. (2019). Caracterização físico-química e microbiológica de larvas de tenébrio (*tenebriomolitor* l.) criado para consumo humano. 10.22533/At.Ed.99719091010.

DJOUADI, A. et al. Development of healthy protein-rich crackers using *Tenebrio molitor* flour. Foods, V. 11, N. 5, P. 702, 2022. DOI: 10.3390/Foods11050702.

DOBERMANN, D.; SWANSON, D.; FIELD, L. M. Insects as Food: Why The Western Attitude Is Changing. Annual Review of Entomology, V.64,P.143–160,2019.
<https://doi.org/10.1146/Annurev.Ento.44.1.21>

EFSA. Painel da efsa. Segurança da larva da farinha amarela seca (*Tenebrio molitor* larva) como novo alimento, em conformidade com o regulamento (UE)2015/2283. EFSA Journal, V. 19, 2021. DOI: 10.2903/J.Efsa.2021.6343.

ESPINOSA-RAMÍREZ, J.; MONDRAGÓN-PORTOCARRERO, A. C.; RODRÍGUEZ, J. A.; LORENZO, J. M.; SANTOS, E. M.; Algae as a Potential Source of Protein Meat Alternatives. Front Nutr. 2023 Sep7;10:1254300. Doi: 10.3389/Fnut.2023.1254300.

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, 2020. DOI: 10.1007/S00217-020- 03441-Y.

GONZALEZ-ESTANOL, K. et al. Oral Processing Behaviours of Liquid, Solid and Composite Foods are Primarily Driven by Texture, Mechanical and Lubrication Properties rather than by Taste Intensity. Food & Function, V. 13, N. 9, P. 5011–5022, 2022. DOI: 10.1039/D2fo00300g.

HARTMANN, C.; SIEGRIST, M. Insects as Food: Perception and Acceptance. Findings From Current Research. Food Quality and Preference, V. 44, P. 20–23, 2016.

Disponível Em: https://www.ernaehrungs-umschau.de/fileadmin/Ernaehrungs-umschau/Pdfs/Pdf_2017/03_17/EU03_2017_Hartmann_Englisch.Pdf Acesso Em: 14 Maio 2025

HLONGWANE, Z. T.; SLOTOU, R.; MUNYAI, T. C. Nutritional Composition of Edible insects Consumed in Africa: a Systematic Review. *Nutrients*, V. 12, N. 9, P. 2786, 2020. DOI: 10.3390/Nu12092786.

HORSTMAN, A. M. H.; HUPPERTZ, T. Milk Proteins: Processing, Gastric Coagulation, Amino Acid Availability And Muscle Protein Synthesis. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2023;63(30):10267-10282. Doi: 10.1080/10408398.2022.2078782.

HOSPITAL, X.F.; HIERRO, E.; FERNÁNDEZ, M.; MARTIN, D.; ESCUDERO, R.; NAVARRO, D. H. J. Use of Mealworm (*Tenebrio Molitor*) Flour as Meat Replacer in Dry Fermented Sausages. *Foods*. 2025 Mar 17;14(6):1019. Doi: 10.3390/Foods14061019

IMATHIU, S. Benefícios e Preocupações de Segurança Alimentar Associados ao Consumo de Insetos Comestíveis. *NFSJournal*, V.18, P.1–11, 2020. DOI: 10.1016/J.Nfs.2019.11.002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA ANÁLISE DE ALIMENTOS. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. P. 819–877. Disponível Em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/Normasadolfolutz.pdf>. Acesso Em: 7 Abr. 2025.

ACTON, J. C.; DAWSON, P. L.; - Impact of Proteins on Food Colour, Editor(S): R. Y. Yada, In Wood head Publishing Series In Food Science, Technology And Nutrition, Proteins In Food Processing, Woodhead Publishing, 2004, Pages 631-668, <https://doi.org/10.1533/9781855738379.3.631>.

JEESAN, S. A.; SEO, H.-S. Ilusão de aroma induzida por cor: sinais de cor podem modular a percepção, a aceitação e as respostas emocionais do consumidor em relação ao arroz cozido. *Foods*, v. 9, n. 12, p. 1845, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9121845>.

JIN, Y. et al. An evolving view on food viscosity regulating gastric emptying. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 63, n. 22, p. 5783–5799, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2024132>.

KAUR, A. et al. Efeito do grau de moagem e desengorduramento na composição próxima, características funcionais e de textura de muffin sem glúten de farelo de cultivares de arroz Indica de grão longo. *Food Chemistry*, v. 345, p. 128861, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128861>.

KIM, T. K. et al. Effects of high hydrostatic pressure on technical functional properties of edible insect protein. *Food Science of Animal Resources*, v. 41, n. 2, p. 185–195, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e85>.

KOTSOU, K. et al. Aplicações inovadoras de larvas de *Tenebrio molitor* no desenvolvimento de produtos alimentícios: uma revisão abrangente. *Foods*, v. 12, n. 23, p. 4223, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12234223>.

LAWLESS, H.; HEYMANN, H. *Avaliação sensorial de princípios e práticas da ciência dos alimentos*. Cap. 1. 2. ed. Ithaca, NY: Springer, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>.

LUKINAC, J. et al. Modelling the browning of bakery products during baking: a review. *Ukrainian Food Journal*, v. 11, p. 217–234, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-2-3>.

MANCINI, S. et al. European consumers' readiness to adopt insects as food: a review. *Food Research International*, v. 122, p. 661–678, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.041>.

MARÍN-SANZ, M. et al. Comparative characterization of the gluten and fructan contents of breads from industrial and artisan bakeries: a study of food products in the Spanish market. *Food & Nutrition Research*, v. 66, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29219/fnr.v66.8472>.

MATOS, F. M.; CASTRO, R. J. S. Insetos comestíveis como potenciais fontes de proteínas para obtenção de peptídeos bioativos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.04420>.

MENDES, B. A. B. et al. Physical, textural, and sensory characteristics of gluten-free cupcakes developed with native and modified by hydrothermal treatment green plantain flours. *Journal of Food Science*, v. 89, n. 11, p. 7437–7451, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17455>.

MODLIŃSKA, K. et al. The effect of labelling and visual properties on the acceptance of foods containing insects. *Nutrients*, v. 12, n. 9, p. 2498, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12092498>.

MU, J. et al. Effects of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd) substitution on wheat flour characteristics. *Current Research in Food Science*, v. 7, p. 100556, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100556>.

NAGARAJU, R. et al. Glycemic index and sensory evaluation of whole grain-based multigrain Indian breads (Rotis). *Preventive Nutrition and Food Science*, v. 25, n. 2, p. 194–202, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3746/pnf.2020.25.2.194>.

ORKUSZ, A. Insetos comestíveis versus carne — comparação nutricional: o conhecimento de sua composição é a chave para uma boa saúde. *Nutrients*, v. 13, p. 1207, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13041207>.

PAPAGEORGIOU, M. et al. Cake perception, texture and aroma profile as affected by wheat flour and cocoa replacement with carob flour. *Foods*, v. 9, n. 11, p. 1586, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9111586>.

PAPASTAVROPOULOU, K. et al. Study of the effect of feeding *Tenebrio molitor* larvae during their rearing on their growth, nutritional profile, value and safety of the produced flour. *Food Chemistry: X*, v. 24, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101838>.

PASMANS, K. et al. Nutritional strategies to attenuate postprandial glycemic response. *Obesity Reviews*, v. 23, n. 9, e13486, set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/obr.13486>.

PEÑALVER, R. et al. Effect of hydroxytyrosol, moringa, and spirulina on the physicochemical properties and nutritional characteristics of gluten-free brownies. *Food Science & Nutrition*, v. 12, n. 1, p. 385–398, out. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3778>.

PENLIOGLOU, T.; LAMBADIARI, V.; PAPANAS, N. The contribution of dietary glycemic index and glycemic load to the development of microvascular complications of diabetes. *Nutrition*, v. 89, p. 111234, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111234>.

PETKA, K.; TOPOLSKA, K. Brownies enriquecidos com vegetais: uma versão mais saudável de um clássico. *Nutrients*, v. 17, p. 184, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu17010184>.

RANA, M. et al. Development and performance evaluation of an improved electric baking oven for baked products. *Food Science & Nutrition*, v. 11, n. 6, p. 3057–3066, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3287>.

FREITAS, R. M. et al. Análise de cinzas, umidade e parâmetros colorimétricos das farinhas de milho, sorgo e soja. Instituto Federal Goiano - IF Goiano - Campus Rio

Verde; Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - IFMS - Campus Coxim. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, 2024. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/2631/2335>. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, A. F. V. da et al. Análise de diferentes marcas de farinhas de trigo: teor de acidez, cor e cinzas. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 5, n. 1, p. 18–22, 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/3855>. Acesso em: 14 maio 2025.

TAPIA, M.; ALZAMORA, S.; CHIRIFE, J. Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. In: **Handbook of Food Preservation**. 2. ed. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14>.

TUSÉ, D. et al. A review and outlook on expression of animal proteins in plants. *Frontiers in Plant Science*, v. 15, p. 1426239, 22 ago. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1426239>.

TZOMPA-SOSA, D. A. et al. Consumers' acceptance toward whole and processed mealworms: a cross-country study in Belgium, China, Italy, Mexico, and the US. *PLoS ONE*, v. 18, n. 1, e0279530, 11 jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279530>.

VIEIRA, S. V. et al. Effect of wheat flour substitution on the development of gluten-free cookies. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 18, n. 4, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1815>.

XIE, X. et al. Effect of partial substitution of flour with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder on dough and biscuit properties. *Foods*, v. 11, n. 14, p. 2156, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11142156>.

YE, L. et al. The role of gluten in food products and dietary restriction: exploring the potential for restoring immune tolerance. *Foods*, v. 12, n. 22, p. 4179, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12224179>.

ZHANG, Z. et al. Rumo a um pão seguro para celíacos. *Plant Biotechnology Journal*, v. 18, n. 4, p. 1056–1065, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.13273>.

ZHAO, X. et al. Proteína da minhoca amarela para fins alimentares – extração e propriedades funcionais. *PLoS ONE*, v. 11, e0147791, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147791>.

ZIELIŃSKA, E.; PANKIEWICZ, U. Características nutricionais, físicoquímicas e antioxidantes de biscoitos amanteigados enriquecidos com farinha de *Tenebrio molitor*. *Molecules*, v. 25, p. 5629, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25235629>.

3.CONCLUSÕES GERAIS

A crescente demanda por fontes alimentares sustentáveis e o esgotamento dos recursos naturais impulsionam a busca por alternativas inovadoras, como os insetos comestíveis, que se destacam pelo alto valor nutricional e baixo impacto ambiental. Esta tese teve como objetivo desenvolver um produto alimentar com farinha de inseto, abordando propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais em quatro estudos integrados.

A revisão bibliográfica evidenciou o potencial nutricional dos insetos, especialmente as elevadas concentrações de proteínas, lipídios e aminoácidos essenciais, além de seu caráter sustentável. Também foram apontadas necessidades para aprimorar criação, processamento e regulamentação.

Foram avaliadas as percepções culturais sobre o consumo de insetos no Brasil, identificando predominância de neofobia entomofágica, principalmente entre vegetarianos, o que ressalta a importância de estratégias educacionais para aumentar a aceitação.

As análises comparativas das farinhas de *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* e trigo mostraram que as farinhas de inseto possuem maior densidade energética e composição proteica superior, destacando o *T. molitor* como fonte rica em aminoácidos essenciais, viabilizando seu uso como enriquecedor nutricional.

O desenvolvimento dos brownies demonstrou que substituições parciais (até 50%) de farinha de trigo por farinha de *T. molitor* melhoram o perfil nutricional sem comprometer significativamente a aceitação sensorial, embora níveis mais altos demandem ajustes tecnológicos devido a alterações no aroma e sabor.

Conclui-se que as farinhas de insetos, em especial a de *T. molitor*, têm grande potencial para a indústria alimentícia, contribuindo para a segurança alimentar e a sustentabilidade. Para sua consolidação, é fundamental considerar aspectos nutricionais, tecnológicos, culturais e sensoriais, investindo na otimização das formulações, processamento e estratégias de comunicação para promover a aceitação do consumidor.

A realização deste trabalho representou a conclusão do doutorado e foi uma experiência muito gratificante ao longo dos anos, durante a construção e desenvolvimento deste produto inovador. Esse caminho permitiu vivenciar as diversas etapas, desde a pesquisa científica até a formulação e avaliação sensorial, revelando os desafios e aprendizados essenciais para integrar ciência, tecnologia e mercado. Tal percurso ampliou não só o conhecimento técnico, mas também a compreensão prática da complexidade envolvida na introdução de novos ingredientes alimentares, especialmente aqueles que enfrentam resistências culturais, reforçando a importância da interdisciplinaridade para o sucesso de produtos sustentáveis e de qualidade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANG, Hsiao-Ping; MA, Chun-Chieh; CHEN, Han-Shen. Climate change and consumer's attitude toward insect food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 9, p. 1606, 2019.

CHEN, P.; ANTONELLI, M. Conceptual models of food choice: influential factors related to foods, individual differences, and society. *Foods*, v. 9, n. 12, p. 1898, 2020.

CONWAY, Ann; JAISWAL, Swarna; JAISWAL, Amit K. The potential of edible insects as a safe, palatable, and sustainable food source in the European Union. *Foods*, v. 13, n. 3, p. 387, 2024.

GRABOWSKI, N. T. et al. Edible insects in Africa in terms of food, wildlife resource, and pest management legislation. *Foods*, v. 9, n. 4, p. 502, 2020.

GRASSO, A. C. et al. Older consumers' readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union. *Nutrients*, v. 11, n. 8, p. 1904, ago. 2019.

KEWUYEMI, Y. O. et al. Fermented edible insects for promoting food security in Africa. *Insects*, v. 11, n. 5, p. 283, maio 2020.

KIM, T.-K. et al. Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of Animal Resources*, v. 39, n. 4, p. 521–540, ago. 2019.

KRONGDANG, Sasiprapa et al. Edible insects in Thailand: an overview of status, properties, processing, and utilization in the food industry. *Foods*, v. 12, n. 11, p. 2162, 2023.

LIANG, Z. et al. Recent advances in edible insect processing technologies. *Food Research International*, p. 114137, 2024.

LIE-PIANG, A.; BRACONI, N.; BOOM, R. M.; VAN DER PADT, A. Less refined ingredients have lower environmental impact – a life cycle assessment of protein-rich ingredients from oil- and starch-bearing crops. *Journal of Cleaner Production*, v. 292, p. 126046, 2021.