



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Pablo Duarte dos Santos

Avaliação de características microbiológicas e físico-químicas de larvas de *Tenebrio molitor* desidratado

Florianópolis

2025

Pablo Duarte dos Santos

Avaliação de características microbiológicas e físico-químicas de larvas de *Tenebrio molitor* desidratado

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.
Orientadora: Prof. Dr. Deise Helena Baggio Ribeiro

Florianópolis

2025

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela
BU/UFSC.

Dados inseridos pelo próprio autor.

Santos, Pablo Duarte dos

Avaliação de características microbiológicas e físico-químicas de larvas de *Tenebrio molitor* desidratado / Pablo Duarte dos Santos ; orientadora, Deise Helena Baggio Ribeiro, 2025.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. *Tenebrio molitor*. 3. Caracterização microbiológica. 4. Composição proximal. I. Ribeiro, Deise Helena Baggio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Pablo Duarte dos Santos

**Título: Avaliação de características microbiológicas e físico-químicas de larvas de
Tenebrio molitor desidratado**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 17 de junho de 2025.



Documento assinado digitalmente
Vivian Maria Burin
Data: 11/07/2025 09:27:33-0300
CPF: ***.528.930-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Vivian Maria Burin, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
DEISE HELENA BAGGIO RIBEIRO
Data: 10/07/2025 18:35:58-0300
CPF: ***.707.619-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Deise Helena Baggio Ribeiro, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Maria Manuela Camino Feltes
Data: 13/07/2025 21:53:38-0300
CPF: ***.421.910-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Maria Manuela Camino Feltes, Dr.^a
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Ana Carolina de Oliveira Costa
Data: 14/07/2025 11:36:09-0300
CPF: ***.255.740-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Ana Carolina de Oliveira Costa, Dr.^a
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a Deus, aos meus pais e meu irmão que pelo apoio constante e ajuda, sem a qual não conseguiria chegar aqui. Também aos meus colegas e amigos, em especial, Alessandra, Amanda, André, Walter e Manoer por ajudar a aliviar o peso dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agraço a Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de crescimento e aprendizado, agradeço ao LABCAL, pela disponibilização de equipamentos para realização das análises de atividade de água. Agradeço ao LAMEB pela disponibilização de equipamentos para medições, ao professor Carlos Peres Silva, ao Everton Luiz da Silva Oliveira e demais integrantes do Laboratório de Bioquímica de Insetos, pelas orientações e ensinamentos.

Agradeço às professoras Maria Manuela Camino Feltes e Ana Carolina Costa por aceitarem fazer parte da banca avaliadora e contribuições com a escrita, e a todos os professores que me ensinaram tanto durante a graduação, como cientista e como indivíduo. E agradeço especialmente à professora Deise Helena Baggio Ribeiro por aceitar minha professora orientadora e me acompanhar nesse trabalho, com atenção e cuidado durante todo o trabalho, não terei como esquecer todo o apoio, novamente, sou muito grato a ti por ser minha orientadora.

RESUMO

O uso de insetos como ingredientes é um tema emergente, algumas espécies como o *Tenebrio molitor* estão mais próximas de se tornarem um produto viável na indústria de alimentos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características microbiológicas e físico-químicas de larvas desidratadas. A carga microbiana de mesófilos totais, bolores e leveduras, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, *Staphylococcus* sp. e *Salmonella* sp, foi determinada pelo método de plaqueamento durante 6 meses de armazenamento e a composição centesimal foi realizada por métodos clássicos. As amostras não estavam próprias para o consumo por apresentarem $5,0 \times 10^3$ UFC/g de *Staphylococcus* sp. e $3,6 \times 10^3$ UFC/g de bolores e leveduras no primeiro mês de análise. Os mesófilos foram a população predominante a partir do terceiro mês, excedendo a legislação a europeia com $1,5 \times 10^4$ UFC/g, os demais microrganismos apresentaram concentração inferior a 10 UFC/g, e ausência de *Salmonella* sp. A porção proteica foi de 48,20%, utilizando o método Kjeldahl, fração lipídica de 24,95% utilizando o método Goldfish, umidade e cinzas por métodos gravimétricos, sendo respectivamente 12,75% e 3,00%. A atividade de água das larvas desidratadas variou de 0,66 a 0,95 ao longo do armazenamento. Para a introdução de *T. molitor* como um ingrediente na alimentação humana é necessário conhecer suas características físico-químicas e os potenciais micro-organismos patogênicos e deteriorantes presentes, além de avaliar suas alterações durante as condições de armazenamento, auxiliando as escolhas de processamento, embalagens e aditivos empregados a fim de garantir um produto seguro e de qualidade.

Palavras-chave: *Tenebrio molitor*. Composição proximal. Microorganismos deteriorantes.

ABSTRACT

The use of insects as ingredients is an emerging theme, some species as the *Tenebrio molitor* are closer to becoming a viable product in the food industry. In that sense, the objective of this study was to assess the microbiological and physical-chemical characteristics of dried larvae. The microbiological load of total mesophilic, mold and yeast, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, *Staphylococcus* sp e *Salmonella* sp, were determined by plate count method along 6 months of storage and the centesimal composition was realized through classic methods. The samples were not suitable for consumption as they presented $5,0 \times 10^3$ CFU/g for *Staphylococcus* sp. and $3,6 \times 10^3$ CFU/g for mold and yeast at the first month of analysis. The mesophilic were the predominant population from the third month, exceeding the European regulation with $1,5 \times 10^4$ CFU/g, the other microorganisms presented a load lower than 10 CFU/g, and absence of *Salmonella* sp. The protein fraction was 48,20%, using the Kjeldahl method, lipid fraction of 24,95% using Goldfish method, moisture and ash content by gravimetric methos, with respectively 12,75% and 3,00%. The water activity of the dried larvae varied from 0,66 to 0,95 throughout the storage. For the introduction of *T. molitor* as an ingredient for the human consumption it is necessary to know it's physical-chemical and potential pathogen and spoilage microorganisms present, in addition to evaluate its changes during storage, helping the process choices, packaging and additives in order to guarantee a quality safe product.

Key-words: *Tenebrio molitor*. Proximal composition. Spoilage microorganisms.

Lista de Figuras

Figura 1 - Larvas de <i>T. molitor</i> desidratadas quebradas manualmente (A) e em pó (B).	21
Figura 2 - Avaliação da contaminação de mesófilos totais, bolores e leveduras, <i>Staphylococcus</i> sp. em amostras de <i>T. molitor</i> durante 6 meses de armazenamento	30

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Sustentabilidade e eficiência da produção de insetos em comparação com as fontes proteicas da pecuária tradicional.	18
Tabela 2 - Especificações do perfil das larvas para comercialização na União Europeia	26
Tabela 3 - Requisitos microbiológicos na União Europeia, Finlândia e Islândia	26
Tabela 4 - Composição proximal do <i>T. molitor</i> desidratado	27
Tabela 5 - Frações proteica, lipídica e de cinzas registradas em larvas de <i>T. molitor</i> em base seca.	28
Tabela 6 - Atividade de água do <i>T. molitor</i> desidratado ao longo do armazenamento	28
Tabela 7 - Atividade microbiológica do <i>T. molitor</i> desidratado	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	A IMPORTÂNCIA DOS INSETOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS	14
3.2	INSETOS UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO	15
3.3	UTILIZAÇÃO DE <i>T. MOLITOR</i> NA ALIMENTAÇÃO	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	AVALIAÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DO USO DE <i>T. MOLITOR</i> NA ALIMENTAÇÃO	20
4.2	AMOSTRAS	20
4.2.1	Preparo das amostras	21
4.3	MEIOS DE CULTIVO E SOLUÇÕES ANALÍTICAS	21
4.3.1	Meios de cultivo.....	21
4.3.2	Soluções analíticas	22
4.4	COMPOSIÇÃO PROXIMAL	22
4.5	CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1	LEGISLAÇÃO REFERENTE AO USO DO <i>T. molitor</i> NA ALIMENTAÇÃO ..	24
5.2	COMPOSIÇÃO PROXIMAL	27
5.3	CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	29
6	CONCLUSÃO.....	31
7	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de alimentos passam por constantes alterações para se adequarem às condições de exigências do setor regulador ou dos consumidores, tais como: economia, cultura, preferências, sustentabilidade e segurança alimentar. A população mundial terá um aumento de cerca de 20% nos próximos anos, atingindo o marco de 9,8 bilhões de pessoas em 2054 (WHO, 2024), com o consequente aumento na demanda de alimentos seguros para consumo, inovações na produção de alimentos e uma série de melhorias nas cadeias de produção e processamento de ingredientes.

Com os diferentes desafios e oportunidades de aplicação, os insetos comestíveis estão classificados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) como um ingrediente de alta viabilidade e impacto entre as opções de fonte alimento emergentes. Algumas espécies já são reconhecidas e de uso permitido na produção de alimentos em certos países. (Mukherjee *et al.*, 2025).

O *Tenebrio molitor*, é uma das espécies de insetos, cujo uso como ingrediente é considerado seguro, aprovado e já produzidas em escala comercial, sendo estimada a produção de pelo menos, 123 kg em base seca por semana no Quebec (Larouche *et al.*, 2023). No Brasil, há produtores de larvas de *T. molitor* e seu uso é permitido para alimentação animal, exceto para ruminantes, porém não há regulamento técnico de identidade e qualidade ou requisitos sanitários bem estabelecidos para a produção de insetos para alimentação humana na legislação.

Neste contexto, é necessário conhecer suas características físico-químicas e os potenciais micro-organismos patógenos e deteriorantes presentes, além de avaliar suas alterações durante as condições de armazenamento, auxiliando nas escolhas de processamento, embalagens e aditivos empregados a fim de garantir um produto seguro e de qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características de larvas de *Tenebrio molitor* desidratadas comercializadas no Brasil, durante o prazo de validade determinado pelo fabricante.

Determinar a composição físico-química e as características microbiológicas de larvas de *Tenebrio molitor* desidratadas, destinadas a alimentação animal, comercializadas no Brasil, para avaliação de seu uso na alimentação humana.

Determinar a composição físico-química e avaliar as características microbiológicas de larvas de *Tenebrio molitor* desidratadas, comercializadas no Brasil para a alimentação de peixes, durante o armazenamento, para avaliar a possibilidade de uso deste inseto na alimentação humana

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Pesquisar e avaliar a existência de legislação sobre insetos comestíveis no Brasil e em outros países para comparação dos resultados obtidos, destacando riscos e não conformidades;
- b) Determinar a composição proximal das amostras;
- c) Determinar a atividade de água ao longo do armazenamento;
- d) Levantamento de dados atuais sobre pegada de carbono, consumo de água e energia, em comparação com proteínas tradicionais para discussão sobre sustentabilidade;
- e) Determinar a concentração de mesófilos totais, bolores e leveduras, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*. e *Staphylococcus* sp. e pesquisa da presença de *Salmonella* sp, durante o período de armazenamento;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A IMPORTÂNCIA DOS INSETOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Cerca de um milhão de espécies de insetos já foram catalogadas, o que corresponde a cerca de 70% de todas as espécies de animais e 52% de todas as espécies vivas do planeta. São reconhecidos pelo seu papel em serviços ecossistêmicos, como polinização, decomposição e ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, controle biológico e dispersão de sementes, produção de mel, seda, corantes, substâncias bioativas de uso medicinal além de servirem como alimento animal e humano (Constantino, 2024).

Neste sentido, alguns insetos desempenham um papel importante na degradação de matéria orgânica. Besouros, formigas, cupins e moscas aceleram o processo de biodegradação de matéria orgânica. Os coleópteros da família *Scarabaeidae*, popularmente conhecidos como besouros do esterco, que são contribuintes diretos na fertilidade do solo, aceleram a decomposição de excremento e a deposição dos nutrientes no solo, além de reduzir a proliferação de espécies capazes de prejudicar o desempenho pecuário (Hajji *et al.*, 2024).

O uso de insetos para controle direto de pragas e espécies invasoras por meio de predação, ou ainda parasitismo, está bem estabelecido, com casos de sucesso relevantes no Brasil, como o controle de pulgões do trigo no Rio Grande Sul (Gassen, 1988). O biocontrole pode ser realizado de diversas formas, conforme o alvo desejado, adicionando insetos da espécie predadora à plantação e espécies de plantas que auxiliam a manutenção da população de insetos predadores no local (Fontes; Valadares-Inglis, 2020).

Algumas espécies de mosca podem se alimentar de restos de alimentos, subprodutos da indústria alimentícia e esterco animal, o excremento resultante pode ser utilizado na produção de fertilizantes (Hernandez; Megharaj, 2025). Porém, esta aplicação é pouco utilizada em escala comercial, pela falta de uniformização e risco de contaminação, sendo o uso de descartes orgânicos de origem animal e esterco proibidos na União Europeia e Reino Unido. Já o excremento resultante dos subprodutos vegetais são os principais substratos utilizados pelas fazendas de insetos destinados à produção de alimentos. (Biteau *et al.*, 2024). Por isso, a alimentação dos insetos pode variar bastante dependendo do objetivo: alimentação humana e animal, e para tratar resíduos orgânicos para produção de adubo (Huis *et al.*, 2013).

Ademais, cerca de 75% das plantas agrícolas e 94% das angiospermas silvestres dependem de insetos para polinização. Sua importância também é observada em outros produtos de elevada importância comercial, notadamente o mel e produtos apícolas, seda, corante carmim-de-cochonilha e goma laca (Constantino, 2024).

3.2 INSETOS UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO

Há mais de 1900 espécies de insetos identificadas e relatadas como já utilizadas como alimentos, fazendo parte da dieta de, no mínimo 2 bilhões de pessoas (Huis *et al.*, 2013), em alguns países são coletados na natureza e vendidos em mercados. Em outros, há exigências em relação ao local e alimentação utilizada para criação de insetos destinados à alimentação humana, não podendo ser comercializados insetos capturados na natureza (Liceaga *et al.*, 2021).

A produção de alimentos à base de insetos já vem sendo estudada desde 1970, sendo as espécies mais estudadas a *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor* e *Bombix mori*. Diferentes espécies de grilos e gafanhotos, são empregados devido a sua capacidade de digerir e converter descartes orgânicos em produtos de maior valor, sua facilidade de crescimento e reprodução, junto ao apelo da sustentabilidade (Makkar *et al.*, 2014).

Onde a entomofagia é estabelecida, os insetos são majoritariamente consumidos sem patas e antenas, inteiros, ou ainda podendo ser processados em forma de farinha (Huis *et al.*, 2013), as proteínas presentes nos insetos têm digestibilidade entre 75% e 98%, a depender espécie e estágio de desenvolvimento (Lin *et al.*, 2025), a presença de quitina, por exemplo, pode reduzir a biodisponibilidade das proteínas (Ros-Baró *et al.*, 2022).

A produção de insetos como fonte proteica alternativa para humanos ainda não é viável, pela qualidade do produto final ainda ser inconsistente, a produção é inferior a quantidade necessária para suprir a demanda cumprida por outras fontes proteicas, além do custo elevado (Gomes *et al.*, 2023). Em geral os insetos apresentam deficiência em aminoácidos como metionina e lisina (Makkar *et al.*, 2014), sendo necessária o uso de outros ingredientes para a produção de um alimento completo termos de aminoácidos essenciais. No entanto, seu uso já é permitido em alguns países, com algumas restrições na forma de apresentação e emprego. Nos Estados Unidos, Canadá, União Europeia, China e Coreia do Sul não possuem necessidade de autorização para serem utilizados (Sogari *et al.*, 2019).

Não só alimentos à base de insetos vêm sendo estudados, mas também o uso de derivados como coadjuvantes tecnológicos para elaboração de outros produtos. A adição parcial de biomassa de insetos em rações de aves de corte e poedeiras pode reduzir o custo e aumentar a produção, sem perda de qualidade no produto (Zou *et al.*, 2024).

O uso da farinha obtida a partir da moagem de insetos, farinha desengordurada e proteína concentrada de diferentes espécies também são empregadas por apresentarem capacidade e estabilidade de emulsão, de formação de espuma, e ainda no caso da proteína isolada de *Gryllus assimilis* e da farinha de *Apis mellifera*, a capacidade de gelificação em diferentes faixas de pH (Santiago *et al.*, 2024).

Fora as barreiras tecnológicas da fabricação de alimentos à base insetos e da utilização de derivados como ingredientes ou coadjuvantes tecnológicos, há a barreira da aceitação dos clientes e consumidores desses mesmos produtos. A resistência ao consumo de insetos ocorre principalmente nos países ocidentais, onde a entomofagia não está bem estabelecida na cultura, seja por repulsa ou pelas características sensoriais como aparência, textura dura e seca, sabor rançoso e odor que pode ser considerado desagradável (Lin *et al.*, 2025).

Uma revisão quanto à aceitação e intenção de experimentar insetos, indicou que saber qual a espécie pode aumentar significativamente a disposição do consumidor de provar o produto, sendo 35,70%, para produtos cujo inseto não foi especificado, enquanto que para produtos que possuem grilos ou larvas de *Tenebrio molitor*, a intenção de consumo é, respectivamente, 67,22% e 58,64% (Abro *et al.*, 2025). Outro exemplo foi a substituição total do óleo vegetal, na produção de bolachas do tipo cracker, por óleo de *T. molitor*, resultando em um produto com aceitabilidade semelhante às bolachas feitas apenas com óleos vegetais, e na proporção de 1:1 de óleos vegetais e óleo de *T. molitor* a aceitabilidade foi maior (Tzompasosa *et al.*, 2025),

A aceitabilidade do consumo também depende da segurança do produto, apesar dos esforços sendo tomados para o definir a segurança microbiológica e outros contaminantes, há risco de alergenicidade. Casos de alergia causadas por contato direto, picadas ou mordidas de insetos, inalação de alérgenos e ingestão já são conhecidos. Em Laos, 7,6% dos cidadãos que consomem insetos apresentam alguma forma de reação alérgica, e na China, 18% dos casos resultaram em choques anafiláticos ou anafilaxia fatal (Gier, Verhoeckx, 2018).

O consumo de *T. molitor* representa risco de reação de sensibilidade cruzada em pessoas alérgicas à frutos do mar, em especial camarões e mariscos (Barre *et al.*, 2019). A tropomiosina

é o alérgeno mais comum, tendo 16 variedades encontradas em diferentes espécies de artrópodes (Marchi, Wangorsch, Zoccatelli, 2021).

Apesar do reconhecimento da FAO (Huis *et al.*, 2013) de que insetos podem ser uma fonte sustentável de alimento, tal apelo ainda pode causar dúvidas, já a liberação de gases de efeito estufa, uso de energia elétrica, ocupação de área, consumo de alimento e água durante a criação de insetos pode variar muito conforme o substrato, espécie, alocação e objetivo (Cantillo, Deshpande, 2025), não sendo tão claro o quão sustentável é a produção de insetos como fonte de alimento, em comparação com a produção das principais fontes de proteínas atuais (Ros-Baró *et al.*, 2022). Conforme as informações reunidas na Tabela 1, a conversão alimentar, emissão de CO₂ e espaço ocupado durante a produção de insetos foi menor em comparação com as proteínas tradicionais, entretanto o consumo de água é maior na produção de insetos que em comparação com as proteínas tradicionais, e o consumo de energia foi similar ao da produção de suínos, maior que na produção de aves e menor apenas que em comparação com o consumo na produção de bovinos.

Tabela 1 - Sustentabilidade e eficiência da produção de insetos em comparação com as fontes proteicas da pecuária tradicional.

Tabela 1 – Sustentabilidade e eficiência da produção de insetos em comparação com as fontes proteicas da pecuária tradicional.								
INSETO		AVES		BOVINOS		SUÍNOS		FONTES
Espécie	Consumo de água por alimento (kg H ₂ O / kg)	Consumo de água por alimento (kg H ₂ O / kg)	Comparativo	Consumo de água por alimento (kg H ₂ O / kg)	Comparativo	Consumo de água por alimento (kg H ₂ O / kg)	Comparativo	Fonte
N.E.	400	67	597%	250	160%	50	800%	Smetana, <i>et al.</i> ,2023
	800		1194%		320%		1600%	
	8500*		12687%		3400%		17000%	
	11000*		16418%		4400%		22000%	
Espécie	Conversão alimentar (kg substrato/ kg alimento)	Conversão alimentar (kg substrato/ kg alimento)	Comparativo	Conversão alimentar (kg substrato/ kg alimento)	Comparativo	Conversão alimentar (kg substrato/ kg alimento)	Comparativo	Fonte
<i>Acheta domesticus</i>	1,70	2,50	68,00%	10,00	17,00%	5	34,00%	Lin <i>et al.</i> , 2023
Espécie	Equivalente de CO ₂ (kg CO ₂ / kg de alimento)	Equivalente de CO ₂ (kg CO ₂ / kg de alimento)	Comparativo	Equivalente de CO ₂ (kg CO ₂ / kg de alimento)	Comparativo	Equivalente de CO ₂ (kg CO ₂ / kg de alimento)	Comparativo	Fonte
<i>Acheta domesticus</i>	0,01	1,10	1,02%	14,80	0,08%	3,80	0,30%	Lin <i>et al.</i> , 2023
N.E.	3	5,97	50,25%	35	8,57%	6,95	43,17%	Oonincx <i>et al.</i> , 2010
Espécie	Área ocupada durante produção (m ² / kg animal)	Área ocupada durante produção (m ² / kg animal)	Comparativo	Área ocupada durante produção (m ² / kg animal)	Comparativo	Área ocupada durante produção (m ² / kg animal)	Comparativo	Fonte
N.E.	0,36	4,64	7,76%	23,10	1,56%	6,28	5,73%	Smetana , <i>et al.</i> ,2023
N.E.	3,60		77,59%		15,58%		57,32%	
Espécie	Consumo elétrico por alimento gerado (MJ / kg)	Consumo elétrico por alimento gerado (MJ / kg)	Comparativo	Consumo elétrico por alimento gerado (MJ / kg)	Comparativo	Consumo elétrico por alimento gerado (MJ / kg)	Comparativo	Fonte
N.E.	0,36	23,8	1,51%	104	0,35%	28,3	1,27%	Smetana, <i>et al.</i> ,2023
N.E.	167,23	116	144,16%	225	74,32%	165,5	101,05%	Ros-Baró, <i>et al.</i> , 2022

*valores de insetos alimentados com esterco animal

(Fonte: Adaptada pelo autor, 2025)

3.3 UTILIZAÇÃO DE *T. MOLITOR* NA ALIMENTAÇÃO

O *T. molitor* é um inseto da ordem *Coleoptera* e família *Tenebrionidae*, com os nomes populares: larva da farinha e *yellow mealworm*, vivem entre 280 e 630 dias, as larvas levam geralmente 3 a 4 meses para se desenvolverem após eclodirem dos ovos, mas podem se manter no estágio larval por até 18 meses, enquanto que o estágio pupa dura de 7 a 9 dias e o vivem no estágio adulto por 2 a 3 meses (Makkar *et al.*, 2014), sendo uma espécie onívora e capaz de realizar bioconversão de resíduo orgânico (Costa, 2017).

Para a produção da farinha de tenébrio é necessário que os insetos passem por um período de jejum durante um mínimo de 24 horas prévio ao abate. Os insetos são abatidos por congelamento (Riaz *et al.*, 2023) ou durante o processo de branqueamento por imersão e desidratação a 78 °C até que atinjam $Aa < 0,6$.

As larvas podem ser comercializadas inteiras ou trituradas mecanicamente na forma de farinha (Turck *et al.*, 2021). Na Europa e Austrália há petiscos feitos com larvas torradas e temperadas, vendidos online (Auchan Retail Portugal, 2025; Circle Harvest, 2025). No Canadá, a empresa TriCycle, não só produz os próprios tenébrios, como também os vende na forma de petiscos hipoalergênicos para gatos.

A criação de larvas de *T. molitor* destinadas ao consumo humano ocupa 17,53 m² de área, gera 13,16 kg de CO₂ e consome 167,23 MJ por quilograma de proteína comestível (Ros-Baró *et al.*, 2022). A emissão de gases estufa por larvas alimentadas com resíduos orgânicos é menor em comparação com o que seria gerado em aterro, resultando em uma diferença de -16,39 kg de CO₂ por kg de proteína (Paris *et al.*, 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AVALIAÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DO USO DE *T. MOLITOR* NA ALIMENTAÇÃO

Para a avaliação da regulamentação do uso de *T. molitor*, para consumo humano, foi realizada uma busca em sites oficiais do setor regulador em diferentes países:

a) Brasil: Foram consultados os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de produtos de origem animal e a lista de matérias-primas, ingredientes e aditivos aprovadas, disponibilizadas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2025), as Instruções Normativas (IN) nº 161/22, nº 839/23 e nº 868/24, a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 724/22 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2022a, 2023, 2024, 2022b). A pesquisa ocorreu em fevereiro de 2025.

b) Argentina: Foram consultados o código alimentar publicados pela *Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica* (Argentina, 2025), e a Resolução 1039/2024 do *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria* (Argentina, 2024).. A pesquisa ocorreu em fevereiro de 2025.

c) Canadá: Foram consultados os temas de *novel foods* presentes no site oficial do governo canadense, as normas de alimentos e drogas e as normas referentes a alimentação animal (Canadá, 2024a, 2025a, 2025b). A pesquisa ocorreu em junho de 2025.

d) Estados Unidos da América: Foram consultadas no *Code of Federal Regulations*, os temas referentes a alimentos e alimentação humana nos títulos: 7 - Agricultura, 9 - Animais e produtos derivados de animais, e 21 - Comidas e drogas (Estados Unidos da América, 2025). A pesquisa ocorreu em fevereiro de 2025.

d) União Europeia e Espaço Econômico Europeu: Foram consultados os textos relacionados a regulamentação de alimentos destinados ao consumo humano e aqueles que citam o *T. molitor* (União Europeia, 2025; EFTA, 2025). A pesquisa ocorreu em junho de 2025.

4.2 AMOSTRAS

As larvas de *T. molitor* desidratadas utilizadas nesse estudo foram adquiridas de uma empresa brasileira, em 13 de junho de 2024, todas de um mesmo lote. As amostras foram armazenadas, no Laboratório de Microbiologia de Alimentos 2 do CCA/UFSC, dentro de uma caixa isotérmica de poliestireno, em um local seco e temperatura ambiente, até o momento das análises.

4.2.1 Preparo das amostras

As larvas de *T. molitor* foram quebradas manualmente antes das análises microbiológicas e pulverizadas com almofariz e pistilo antes das análises de composição proximal, utilizando um pacote completo à cada análise mensal, sendo descartado o restante da porção após coleta da porção de amostra necessária.

Figura 1 - Larvas de *T. molitor* desidratadas quebradas manualmente (A) e em pó (B).



(Fonte: Elaborado pelo Autor)

4.3 MEIOS DE CULTIVO E SOLUÇÕES ANALÍTICAS

4.3.1 Meios de cultivo

Foram utilizados os seguintes ágaros: Nutriente (NA - Biolog.) Xilose Lisina Desoxicolato (XLD – Conda S.A., Espanha), Violeta Vermelho Bile Glicose (VRBG – BioAmerica, EUA), Batata Dextrose (PDA – Merck, Alemanha), Baird Parker (BP – Isofar, Brasil) e o caldo Infusão Cérebro-Coração (BHI – Neogen, EUA). Os meios de cultivo foram preparados de acordo com as especificações recomendadas pelos fornecedores, esterilizados em autoclave (Q190-36, Quimis, Brasil) a 121°C por 15 minutos. Após a preparação, foram mantidos a 60 °C em estufa (Edutec, Brasil), antes de serem distribuídos em placas de Petri. Os

Petrifilmes EC/coliforme[®] foram usadas conforme as orientações disponibilizadas pelos fabricantes (3M, EUA).

4.3.2 Soluções analíticas

- a) Ácido Clorídrico 0,1 N: 8,35 mL de ácido clorídrico concentrado foi diluído em 500 mL de água destilada e titulada com carbonato de sódio (Na_2CO_3), o fator de correção foi de 1,061.
- b) Ácido Bórico 4% m/v: 40 g de H_3BO_3 foram diluídos em 1000 mL, adicionado do indicador misto.

4.4 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

Para avaliação da composição proximal, os parâmetros descritos abaixo foram determinados em triplicata para cada amostra e o resultado reportado como a média e desvio padrão.

a) Umidade por método gravimétrico a 105 °C

A amostra em pó foi pesada em cápsulas de alumínio secas, levadas a estufa de secagem (Eudotec, Brasil) a 105 °C durante 12 horas. Em seguida, foram transferidas para um dessecador de vidro por 1 hora antes da pesagem (Shimadzu ATY 224R, Brasil). O teor de umidade foi determinado pela diferença da massa. (IAL, 2008).

b) Determinação da atividade de água.

A atividade de água foi determinada pela metodologia do ponto de orvalho no equipamento AQUALAB 4TE. As medições foram realizadas em triplicata, concomitantemente com as análises microbiológicas.

c) Resíduo mineral fixo por incineração

Porções da amostra em pó foram levadas para a mufla de incineração (Quimis M25097, Brasil) a 550°C até a destruição total da matéria orgânica. Após o resfriamento, em dessecador, os cadinhos foram pesados e o resíduo mineral foi determinado pela diferença da massa. (IAL, 2008)

d) Fração nitrogenada por método de Kjeldahl

O cálculo da fração nitrogenada foi realizado pelo método de Kjeldahl, conforme IAL (2008). A amostra em pó (1 g) foi pesada junto ao catalisador misto (5 g) e transferidas ao tubo de digestão com ácido sulfúrico concentrado. Os tubos foram aquecidos a 350 °C durante 30 minutos e 400 °C durante 4,5 horas (Solab SL-25/40, Brasil). Após o resfriamento, o tubo de

digestão foi conectado ao destilador, com H₃BO₃ 4% m/v para recepção do destilado. A solução foi titulada utilizando com ácido clorídrico 0,1 N.

A fração nitrogenada foi calculada conforme a fórmula:

$$\frac{[HCl] * V_{HCl} * MM_N}{m_{Am}} * FC = Prt\%$$

Sendo: [HCl] a concentração de ácido clorídrico; V_{HCl} o volume de HCl gasto na titulação; MM_N a massa molar do nitrogênio, m_{Am} a massa da amostra, FC o fator de correção e PRT% a fração proteica em base úmida da amostra.

e) Fração de extrato etéreo por Goldfish

A amostra previamente pulverizada e seca foi transferida para o cartucho desengordurado, imerso em éter de petróleo anidro em um tubo extrator de fundo chato, acoplado ao aparelho de extração (Tecnal TE-044, Brasil) por 2 horas a 45 °C, e em fluxo contínuo de solvente com cartucho suspenso por 4 horas a 45 °C. O solvente foi recuperado no tubo a 100 °C, e seco em estufa a 105 °C *overnight*. O tubo seco arrefeceu em dessecador até o momento da pesagem. (IAL, 2008). O extrato etéreo foi calculado pela diferença entre o peso final e o peso inicial da amostra.

4.5 CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Foram realizadas análises microbiológicas para a realização da contagem de mesófilos totais, bolores e leveduras, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*. e *Staphylococcus* spp. e pesquisa da presença de *Salmonella* sp, segundo as metodologias descritas em Silva *et al* (2021), com plaqueamento em duplicata. As análises que apresentaram resultado positivo após a primeira determinação, seguiram sendo monitoradas mensalmente entre agosto de 2024 e fevereiro de 2025.

As amostras analíticas (25 g) foram diluídas em água peptonada tamponada (225 mL) de forma a obter a diluição 10⁻¹. Posteriormente foi realizada a diluição seriada até a 10⁻³ por meio da transferência de 1 mL da diluição a 9 mL de água peptonada.

a) Contagem de mesófilos totais: o volume de 1 mL de cada diluição das amostras foi transferido para placas de Petri estéreis, adicionado ágar nutriente, homogeneizadas e incubadas a 35°C por 48 horas em estufa bacteriológica (Eletrolab - Brasil).

b) Contagem de bolores e leveduras: o volume de 0,1 mL de cada diluição foi inoculado na superfície de ágar PDA, e espalhadas com o auxílio de alça de Drigalski. As placas foram mantidas em temperatura ambiente por 7 dias.

c) Contagem de *Enterobacteriaceae*: o volume de 1 mL de cada diluição das amostras foi transferido para placas de Petri estéreis, adicionado ágar VRBG, homogeneizadas, seguida da adição de uma sobrecamada e incubadas a 35°C por 48 horas em estufa bacteriológica.

d) Contagem de *E. coli*: o volume de 1 mL de cada diluição das amostras foi transferido para Petrifilm EC® e incubado a 35°C por 48 horas em estufa bacteriológica.

e) Determinação da presença da *Salmonella* sp.: a diluição 10⁻¹ foi mantida a 35 °C por 18h, seguida das etapas de enriquecimento seletivo, plaqueamento seletivo e diferencial e na presença de colônias típicas, realizada a confirmação bioquímica.

f) Contagem de *Staphylococcus* sp.: o volume de 0,1 mL de cada diluição foi inoculado em placas com ágar BP, e espalhadas com o auxílio de alça de Drigalski. As placas foram mantidas a 35°C por 48 horas, quando as colônias foram submetidas ao teste da coagulase.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEGISLAÇÃO REFERENTE AO USO DO *T. molitor* NA ALIMENTAÇÃO

No Brasil, não há regulamento técnico de identidade e qualidade estabelecido pelo MAPA. Também não há especificação de critérios microbiológicos na IN nº161/2022 (Brasil, 2022a) ou outros regulamentos que enquadrem ou cite as larvas de *T. molitor*, como ingrediente ou produto para consumo direto na alimentação humana. Contudo, é permitido seu comércio para alimentação animal, exceto para bovinos, pela IN nº 110/2020 (BRASIL, 2022).

Na Argentina, a regulamentação permite a produção de *T. molitor* destinado a alimentação animal, exceto de ruminantes, através da Resolução N° 1039/2024 do *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria* (SENASA) (Argentina, 2024), permitindo a produção de outras 6 espécies, com especificações para manejo dos insetos ao longo de toda a cadeia produtiva, da criação ao armazenamento do produto pronto. Não havendo regulação sobre o consumo humano de *T. molitor*.

No Canadá, produtos como: farinha rica em proteínas a base de larvas de *T. molitor* e um produto similar a tofu com alto conteúdo proteico, produzido com larvas de *T. molitor* e

outros insetos, já não são considerados como *novel food*, por possuírem histórico de consumo seguro (Canadá, 2025c).

Quanto a utilização como ração para pecuária, a indústria produtora deve passar por um processo de registro na *Canadian Food Inspection Agency*, para cada ingrediente a ser produzido, sendo necessários novos registros no caso de alterações na formulação do produto (Canadá, 2019), já na alimentação de animais de estimação, de acordo com *Table Filière des Insectes comestibles*, grupo reconhecido pelo *Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec*, o uso de insetos para produção de ração ou petiscos é permitida, desde que sejam produzidos em condições sanitárias pré-determinadas (Larouche, 2022).

Nos EUA, o *T. molitor* é isento de notificação antes da comercialização tanto para alimentos como medicamentos. Mesmo sendo definido como fonte de alérgeno classe 2, de controle pelo *Electronic Code of Federal Regulation*, em um teste sorológico de separação radioalérgica (RAST).

Na União Europeia, pela *Commission Implementing Regulation 2022/169* (Países Baixos, 2022), é permitido o uso e venda do *T. molitor* como ingrediente ou alimento para consumo desde março de 2022, desde que as larvas passem por 24 horas de jejum antes do abate por congelamento, também há critérios de composição e qualidade bem definidos (Tabela 2 e 3), podendo ser comercializadas de cinco formas: a) larvas liofilizadas inteiras branqueadas; b) larvas desidratadas inteiras branqueadas; c) larvas desidratadas em pó branqueadas; d) larvas desidratadas inteiras tratadas com radiação UV; e) larvas desidratadas em pó tratadas com UV. Essa mesma legislação foi acatada pelo Espaço Econômico Europeu, conforme *THE EEA JOINT COMMITTEE* No 238/2022 de 23 de setembro de 2022, sendo vigente também na Noruega e Islândia.

Tabela 2 - Especificações do perfil das larvas para comercialização na União Europeia

Composição	Larvas congeladas Larvas secas ou em pó	
	% m/m	
Cinzas	0,9-1,10	3,6-4,1
Umidade	69-75	≤ 5
Proteína bruta (N x 6,25) (% m/m)	14-19	54-60
Gordura (% m/m)	7-12,5	27-30
Carboidratos digeríveis (% m/m)	1-2	4-8
Fibra alimentar (% m/m)	1,2-3,5	4-6
Quitina (% m/m)	≤ 3	4-9
Valor de peróxidos (% m/m)	≤ 5	≤ 5

(Fonte: Implementing Regulation (EU) 2022/169, modificado pelo autor)

Tabela 3 - Requisitos microbiológicos na União Europeia, Finlândia e Islândia

Parametros	Larvas congeladas Larvas secas ou em pó	
	UFC/g	
Critérios microbiológicos		
Contagem total de colônias aeróbias	≤ 10000	≤ 10000
Enterobacteriaceae (presuntivo)	≤ 100	≤ 100
<i>Escherichia coli</i>	≤ 50	≤ 50
<i>Bacillus cereus</i> (presuntivo)	≤ 100	≤ 100
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva	≤ 100	≤ 100
Anaeróbios redutores de sulfito	≤ 30	≤ 30
Bolores e leveduras	≤ 100	≤ 100
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g

(Fonte: Implementing Regulation (EU) 2022/169, modificado pelo autor)

O emprego das larvas de *T. molitor*, para a alimentação de peixes, aves e suínos é autorizado, conforme *Regulation* (EC) N° 999/2001 e os alimentos com larvas de *T. molitor* como ingrediente devem, obrigatoriamente, adotar a comunicação de alergênicos. Ou seja, declarar a possibilidade de causar reações em consumidores que sejam alérgicos à crustáceos ou ácaros.

5.2 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

Os dados das análises de umidade, resíduo mineral, fração nitrogenada, extrato etéreo e porção proteica são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição proximal do *T. molitor* desidratado

Composição centesimal <i>T. molitor</i>		
Fração analisada	Média (%)	Desvio padrão $\pm$
Umidade	12,75%	0,15%
Cinzas	3,00%	0,05%
Fração nitrogenada (g N/ 100g)	7,14%	0,18%
Porção proteica (g PRT/ 100 g)	48,20%	1,22%
Fração de extrato etéreo	24,95%	0,04%

(Fonte: Elaborado pelo autor)

Apesar da quantidade de proteína presente nos insetos, foi calculada utilizando a taxa de conversão genérica de 6,25 de nitrogênio total, para que houvesse compatibilidade com os limites apresentados na legislação europeia e valores encontrados na literatura, porém a porção de proteica. A taxa da conversão genérica (6,25) não é a ideal devido a presença de quitina, sem a remoção da quitina durante o preparo das amostras, ou determinação da concentração de quitina presente na amostra (Meng-Lei, Gao, Han, 2024). Taxas de conversão foram propostas por JANSSEN, R. H. *et al.* (2017), especificamente para larvas de insetos inteiras, com fator para cálculo de extrato proteico de 4,76 e 5,60, respectivamente.

Os resultados apontam para valores de proteína e cinzas similares aos encontrados por Cavenaghi (2019) e Rumpold e Schlüter (2013), e valores inferiores aos encontrados por Kotsou *et al* (2011). A fração proteica de larvas seca e farinhas de larva seca, está entre 48,4% e 56,8%. Apesar das proteínas possuírem biodisponibilidade similar às fontes tradicionais, não pode ser considerada como uma fonte de alta qualidade, pois a concentração de metionina é insuficiente, agindo como limitante nutricional (Nachtigall; Grune; Weber, 2025).

A porção lipídica das amostras é relativamente alta, com 24,95%, valores inferiores aos relatados na literatura (Tabela 5), que variaram de 26,7% a 38,5%. Considerando que a principal

forma de consumo é do alimento seco, é necessário cuidado com o processo de secagem, a fim de evitar a rancificação e deterioração do produto (Yan, *et al.*, 2023).

A Tabela 5 apresenta dados da literatura relativos aos teores de proteínas, lipídios e cinzas, relatados por vários autores e obtidos por diferentes métodos.

Tabela 5 - Frações proteica, lipídica e de cinzas registradas em larvas de *T. molitor* em base seca.

Referência	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)
Costa-Neto (2011)	56,8	32,1	4,7
Kotsou <i>et al.</i> (2011)	52,8	26,7	2,8
Makkar <i>et al.</i> (2014)	52,8	36,1	3,1
Ribeiro <i>et al.</i> (2024)	49,0	30,5	3,5
Rumpold & Schlüter (2013)	48,4	38,5	2,8
Cavenaghi <i>et al.</i> (2019)	48,8	37,3	2,8

(Fonte: Elaborado pelo autor)

A umidade determinada de 12,75% excedeu as especificações da legislação europeia, apresentadas na Tabela 2. Desta forma, a atividade de água, que é o parâmetro utilizado para avaliar a quantidade de água disponível para a atividade microbiana, foi determinada mensalmente concomitantemente com o monitoramento microbiológico e está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Atividade de água do *T. molitor* desidratado ao longo do armazenamento

Tempo	Atividade de água (aw)	Desvio padrão (±)
1º Mês	0,6550	0,0073
2º Mês	0,6661	0,0067
3º Mês	0,6827	0,0072
4º Mês	0,6931	0,0098
5º Mês	0,7377	0,0097
6º Mês	0,8357	0,0126
7º Mês	0,9474	0,0147

(Fonte: Elaborado pelo autor)

5.3 CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Ao final do primeiro mês de monitoramento, foi determinada a contagem de mesófilos totais, bolores e leveduras, Enterobacteriaceae e *E. coli* e de *Staphylococcus* sp., bem como a presença de *Salmonella* sp., conforme apresentado na Tabela 7. As determinações das contagens para Enterobacteriaceae e *E. coli* tiveram resultado analítico foi inferior a 10 UFC/g, enquanto *Salmonella* sp. estava ausente em 25 g de amostra, por isto estas análises não foram continuadas nos meses subsequentes.

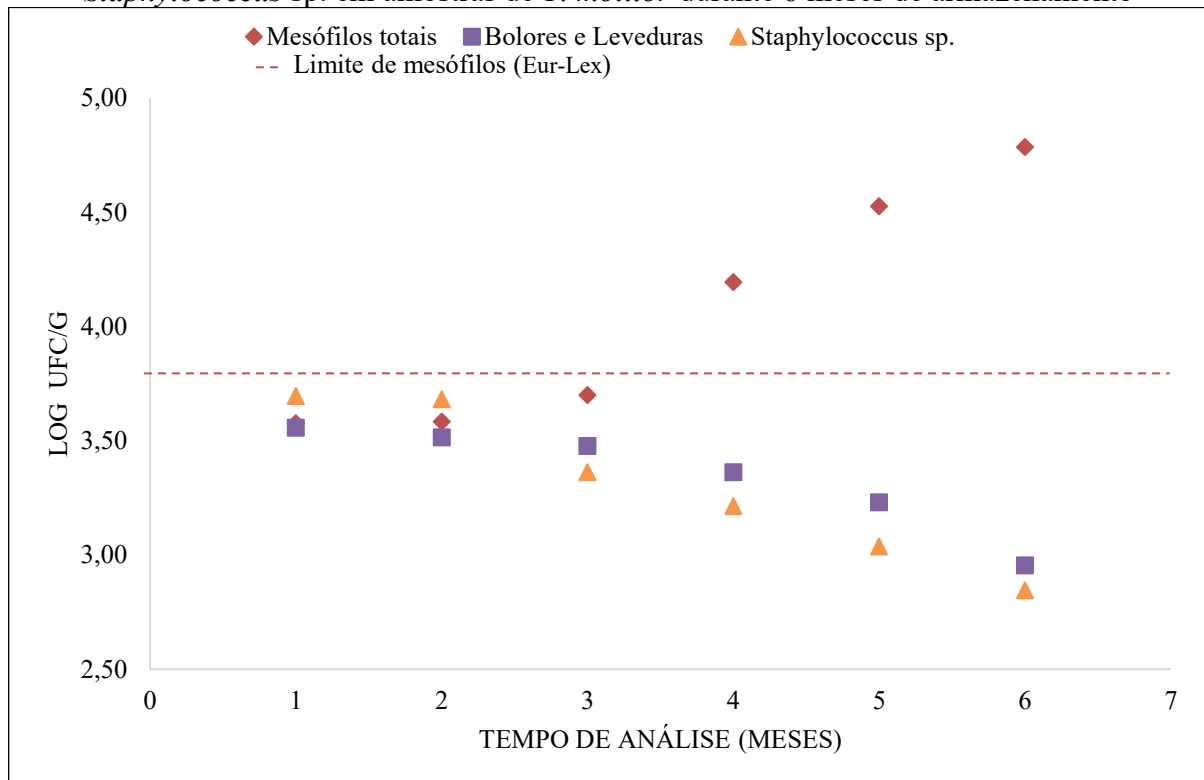
Tabela 7 - Atividade microbiológica do *T. molitor* desidratado

Análise	Contagem (UFC/g)					
	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês	6º Mês
Mesófilos totais	$3,77 \cdot 10^3$	$3,84 \cdot 10^3$	$5,00 \cdot 10^3$	$1,56 \cdot 10^4$	$3,36 \cdot 10^4$	$6,09 \cdot 10^4$
Bolores e Leveduras	$3,60 \cdot 10^3$	$3,37 \cdot 10^3$	$3,00 \cdot 10^3$	$2,30 \cdot 10^3$	$1,70 \cdot 10^3$	$9,00 \cdot 10^2$
<i>Staphylococcus</i> spp.	$4,95 \cdot 10^3$	$4,80 \cdot 10^3$	$2,30 \cdot 10^3$	$1,64 \cdot 10^3$	$1,09 \cdot 10^3$	$7,00 \cdot 10^2$
Enterobacteriaceae	<10	-	-	-	-	-
<i>E. coli</i>	<10	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente	-	-	-	-	-

(Fonte: Elaborado pelo autor)

Apesar da contaminação inicial de *Staphylococcus* sp. ser superior aos demais microrganismos, com o passar dos tempos analíticos, a contaminação por mesófilos totais se tornou predominante, conforme observado na Figura 2.

Figura 2 - Avaliação da contaminação de mesófilos totais, bolores e leveduras, *Staphylococcus* sp. em amostras de *T. molitor* durante 6 meses de armazenamento



(Fonte: Autor)

Estes resultados podem ser correlacionados com os valores de atividade de água reportados na Tabela 6. É sabido que em alimentos com atividade de água abaixo de 0,6 não há desenvolvimento microbiano, enquanto que valores entre 0,6 e 0,75 os microrganismos encontrados são majoritariamente os bolores e leveduras, em valores superiores há a predominância de bactérias (Franco e Landgraf, 2023).

A atividade de água apresentou um aumento expressivo nos últimos três meses de armazenamento, em comparação com o período inicial. Assim, o crescimento da contaminação de mesófilos totais nos três meses finais pode ser explicada em detrimento ao dos demais microrganismos. Sendo o sétimo mês de análise caracterizado pela deterioração visível das amostras, 3 meses antes da validade de um ano determinada pelo fabricante.

Em relação ao desenvolvimento de *Staphylococcus* sp., a atividade água mínima necessária é de 0,83 (Forsythe, 2013; Franco e Landgraf, 2023), a qual foi atingida ao sexto mês de análise, no entanto acredita-se que a população já estava em declínio em função das características intrínsecas das amostras não serem favoráveis para seu crescimento.

Os dados referentes a contagem de bolores e leveduras também apontaram para uma queda na sua concentração com o aumento da atividade de água, que é explicada pelos requerimentos de crescimento deste grupo microbiano.

A hipótese relacionada ao crescimento microbiano e deterioração do produto anterior ao prazo de alidade estipulado pelo fabricante, é relacionada com a vedação ineficiente nas embalagens, que permitiram a absorção de umidade ambiente, visto que parte das amostras apresentava rupturas nas embalagens originais, especialmente nos pontos de vedação.

Comparando os resultados obtidos com as especificações microbiológicas da União Europeia (Tabela 3) é possível inferir que desde o primeiro tempo de análise este produto não estava em condições satisfatórias para o consumo humano por apresentar contagem superior a 10^2 UFC/g para *Staphylococcus* sp. e bolores e leveduras. Apesar o critério microbiológico para contagem total de mesófilos, só ser atingido após o terceiro mês de análise.

6 CONCLUSÃO

Este estudo contribui para a caracterização do produto na forma como está disponibilizado no mercado brasileiro para alimentação de peixes, aves e répteis, indicando que as amostras de *T. molitor* analisadas não apresentaram especificações microbiológicas nem estabilidade durante o prazo de validade estipulado visando o consumo humano. Para que seja possível a fabricação de alimentos e ingredientes a base de larvas desidratadas e microbiologicamente seguros, tanto para alimentação animal como humana, no Brasil, a produção deverá atender a cuidados sanitários de processamento, armazenamento e manipulação mais rigorosos, visando ainda o aspecto sensorial, pode ser interessante a realização de análises de oxidação lipídica, após o processo de secagem, ou ainda durante o armazenamento, considerando a alta concentração de lipídeos encontrada.

Apesar dos estudos sobre a possibilidade e segurança do uso de insetos na alimentação humana não ser um tema recente, e dos produtos já disponibilizados especificamente para o consumo humano, sendo uma fonte alternativa de proteínas, na forma de ingrediente, ou alimento pronto para consumo, o progresso de aceitação dessa nova opção de alimento, adequação das condições de processamento e armazenamento, junto aos critérios legislativos ainda está em desenvolvimento.

7 REFERÊNCIAS

ABRO Z. *et al.* **Global review of consumer preferences and willingness to pay for edible insects and derived products.** [S. l.]: Global Food Security, v. 44, 100834, mar. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100834>. Acesso em: 16 mar. 2025.

ARGENTINA. Código Alimentario. Ministerio de Salud. ANMAT. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>. Acesso em: 9 fev. 2025.

ARGENTINA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Resolución N° 1039/2024. Incorporación al reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal el capítulo xxxiv “34. - establecimientos elaboradores de productos y subproductos derivados de insectos. **Boletín Nacional.** Buenos Aires, 3 de set. de 2024. Disponível: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1039-2024-403748/texto>. Acesso em: 18 fev. 2025.

AUCHAN RETAIL PORTUGAL. **Auchan**, 2025. Grilos português bugs desidratados salgadinhos 12g. Disponível em: <https://www.auchan.pt/pt/alimentacao/mercearia/batatas-fritas-e-aperitivos-snacks/aperitivos-snacks-e-pipocas/grilos-portugal-bugs-desidratados-salgadinhos-12g/3512394.html>. Acesso em: 01 jul. 2025.

BARRE, A. *et al.* **Insights into the Allergenic Potential of the Edible Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*).** [S. l.]: Foods, v.8, n.10, 515, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods8100515>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BITEAU, C. *et al.* **Is turning food waste into insect feed an uphill climb? A review of persistent challenges.** [S. l.]: Sustainable Production and Consumption, v. 49. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2024.06.031>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Produtos de Origem Animal.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1>. Acesso em: 9 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº724, de 1 de julho de 2022. ANVISA: **Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação.** Brasília, 2022b. Acesso em: 8 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. IN nº 161, de 1 de julho de 2022. ANVISA: **Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos.** Brasília, 2022a. Acesso em: 8 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. IN nº 839, de 14 de dezembro de 2023. ANVISA: **Dispõe sobre a comprovação de segurança e a autorização de uso de novos alimentos e novos ingredientes.** Brasília, 2022. Acesso em: 8 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. IN nº 868, de 16 de maio de 2024. ANVISA: **Dispõe sobre as diretrizes básicas para avaliação de risco e segurança dos alimentos**. Brasília, 2022. Acesso em: 8 fev. 2025.

CANADÁ. Government of Canada. **Novel foods: Overview**. Ottawa, dez. 2024. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/genetically-modified-foods-other-novel-foods.html>. Acesso em: 25 jun. 2025.

CANADÁ. Government of Canada. **Food and Drug Regulations (C.R.C., c. 870)**. Ottawa, mai. 2025a. Disponível em: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,_c._870/index.html. Acesso em: 25 jun. 2025.

CANADÁ. Government of Canada. **Feeds Regulations, 2024 (SOR/2024-132)**. Ottawa, fev. 2025b. Disponível em: <https://laws.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2024-132/page-1.html#docCont>. Acesso em: 25 jun. 2025.

CANADÁ. Government of Canada. **List of non-novel determinations for food and food ingredients**. Ottawa, 27 fev. 2025c. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/genetically-modified-foods-other-novel-foods/requesting-novelty-determination/list-non-novel-determinations.html>. Acesso em: 28 mai. 2025.

CANADÁ. Government of Canada. **Registration requirements for insect-derived livestock feed ingredients**. Ottawa, ago. 2019. Disponível em: <https://inspection.canada.ca/en/animal-health/livestock-feeds/consultations/registration-requirements>. Acesso em: 28 mai. 2025.

CANTILLO, J.; DESHPANDE, P. C. **Carbon footprint of alternative protein sources for Atlantic salmon (*Salmo salar*) aquaculture: a two-step systematic literature review**. Aquaculture Reports, v. 40, 102601, 15 mar. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102601>. Acesso em: 11 abr. 2025.

CAVENAGHI, D. F. L. C. *et al.* **Caracterização físico-química e microbiológica de larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor* L.) criado para consumo humano**. Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2, p. 89-96, out. 2019. Disponível em: 10.22533/at.ed.997190910. Acesso em: 30 abr. 2025.

CONSTANTINO, R. Cap. 5, A importância dos insetos, pp. 109-113. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B. de; Casari, S. & Constantino, R. (eds). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. 2ª ed.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus; INPA, 2024. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/40229>. Acesso em: 8 abr. 2025.

COSTA-NETO, E.M. **Antropofagia Insetos na Alimentação Humana**. Feira de Santana: Editora UEFS, 2011. 264 p. ISBN: 9786589524977.

COSTA, S. M. **Proteínas de larvas de *Tenebrio molitor* (L., 1758): extração, caracterização e aplicação num produto alimentar**. 2017. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar). Universidade de Lisboa. Lisboa. 2017.

EFTA. European Free Trade Association. **EEA-Lex**. Disponível em: <https://www.efta.int/eea-lex>. Acesso em: 28 mai. 2025.

ESPAÇO ECONOMICO EUROPEU. DECISION OF THE EEA JOINT COMMITTEE No 238/2022 of 23 September 2022. Bruxelas, Bélgica: **Official Journal of the European Union**, set. 2023. Disponível em: <https://www.efta.int/sites/default/files/documents/legal-texts/eea/other-legal-documents/adopted-joint-committee-decisions/2022%20-%20English/238-2022.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2025.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Electronic Code of Federal Regulations**. Acesso em: <https://www.ecfr.gov/>. Acesso: 8 fev. 2025.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu. 321 p. ISBN: 9786555866506.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos** 2^a ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013, 620 p. ISBN: 8536327057.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C., **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1121825/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

GASSEN, D. N. **Controle biológico de pulgões do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 13 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/847228/1/FL04248.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

GIERA, S.; VERHOECKX, K. **Insect (food) allergy and allergens**. [S. l.]: Molecular Immunology, v. 100, p.82-106, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>. Acesso em: 23 mar. 2025.

GOMES, J. G. C., *et al.* **Insect Production for Animal Feed: A Multiple Case Study in Brazil**. [S. l.]: Sustainability, v.15, 11419, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151411419>. Acesso em: 16 mar. 2025.

HAJJI H. *et al.* **Contribution of Dung Beetles to the Enrichment of Soil with Organic Matter and Nutrients under Controlled Conditions**. [S. l.]: Diversity, v.16, n.8, 462. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d16080462> Acesso em: 16 mar. 2025

HUIS A. V. *et al.* **Edible insects: Future prospects for food and feed security.** Roma, Itália: FAO, 2013. Disponível em: <https://www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

JANSSEN, R. H. *et al.* **Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*.** [S. l.] Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 65, p. 2275-2278, 2 mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>. Acesso em: 19 abr. 2025.

KOTSOU K. *et al.* **Innovative Applications of *Tenebrio molitor* Larvae in Food Product Development: A Comprehensive Review.** [S. l.]: Foods, v.12 n. 23, 4223, nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12234223>. Acesso em: 30 abr. 2025

LAROUCHE J. *et al.* **Portrait de l'industrie des insectes comestibles du Québec en 2022.** Quebec, Canadá: TFIC, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10684.31364>. Acesso em: 5 jun. 2025.

LAROUCHE, J. *et al.* **The edible insect sector in Canada and the United States.** Animal Frontiers, v. 13, n. 4, p. 16-25, ago, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/af/vfad047>. Acesso em: 5 jun. 2025.

LICEAGA, A. M. **Insects as an Alternative Protein Source.** Annu Rev Food Sci Technol., v.13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-052720-112443>. Acesso em: 27 mar. 2025.

LIN, J. W. X., *et al.* **A review on edible insects in China: Nutritional supply, environmental benefits, and potential applications.** [S. l.]: Future Foods, v. 11, 100544, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100544>. Acesso em: 12 abr. 2025

LIN, X., *et al.* **Current challenges, and potential solutions to increase acceptance and long-term consumption of cultured meat and edible insects – a review.** [S. l.]: Current Research in Food Science, v. 7, 100596, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100596>. Acesso em: 22 mar. 2025

MENG-LEI X.; GAO Y.; HAN X. X. **Structure information analysis and relative content determination of protein and chitin from yellow mealworm larvae using Raman spectroscopy.** [S. l.]: International Journal of Biological Macromolecules, v. 272(2), 132787 jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132787>. Acesso em: 13 mai. 2025.

MAKKAR, H.P.S., *et al.* **State-of-the-art on use of insects as animal feed.** [S. l.]: Animal Feed Science and Technology, v. 197, p.1-33 nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>. Acesso em: 27 mar. 2025.

MARCHI, L.; WANGORSCH, A.; ZOCCATELLI, G. **Allergens from Edible Insects: Cross-reactivity and Effects of Processing.** Curr Allergy Asthma Rep v. 21, n. 35,

mai. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11882-021-01012-z>. Acesso em: 23 mar. 2025.

MUKHERJEE, K., *et al.* **Exploring the future landscape of new food sources and production systems – A foresight exercise**. Roma, Itália: FAO. E-book (72 p.). ISBN 978-92-5-139739-8. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cd4981en>. Acesso em: 6 de jun. de 2025.

NACHTIGALL, L.; GRUNE, T.; WEBER, D. **Proteins and amino acids from edible insects for the human diet—a narrative review considering environmental sustainability and regulatory challenges**. [S. l.]: *Nutrients*, v. 17, n. 7, 1245, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu17071245>. Acesso em: 20 abr. 2025.

OONINCX, D. G. A. B *et al.* **An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption**. Novo México, EUA: PLoS ONE, v. 5, n. 14, dez. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>. Acesso em: 22 mar. 2025

PARIS, N.; FORTIN, A.; HOTTE, N.; RASOOLI ZADEH, A.; JAIN, S.; HÉNAULT-ETHIER, L. **Developing an environmental assessment framework for an insect farm operating in circular economy: the case study of a Montréal (Canada) mealworm farm**. *Journal of Cleaner Production*, v. 460, 142450, jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142450>. Acesso em: 17 abr. 2025.

PAÍSES BAIXOS. European Union Law. Implementing Regulation (EU) 2022/169. Authorising the placing on the market of frozen, dried and powder forms of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470. **Official Journal of the European Union**, fev. 2022. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022R0169&qid=1739936777314>. Acesso em: 18 fev. 2025.

PAÍSES BAIXOS. European Union Law Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies. **Official Journal of the European Union**, mai. 2001. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2001/999/oj/eng>. Acesso em: 18 fev. 2025.

RIBEIRO J., *et al.* **Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm *Tenebrio molitor* larvae**. [S. l.]: *LWT* v. 191 n.1, 115646, jan. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646>. Acesso: 30 abr. 2025.

RIAZ, K., *et al.* **Growth Optimization and Rearing of Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as a Sustainable Food Source**. [S. l.] *Foods*, v. 12, n. 9, 1891, mai. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12091891>. Acesso em: 24 mar. 2025.

ROS-BARÓ, M., *et al.* **Systematic review edible insect consumption for human and planetary health: a systematic review**. [S. l.]: *International Journal of Environmental*

Research and Public Health, v. 19, n. 18, 11653, 15 set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph191811653>. Acesso em: 17 mar. 2025.

RUMPOLD B. A.; SCHLÜTER K. O. **Nutritional composition and safety aspects of edible insects**. [S. l.]: Mol Nutr Food Res, v. 57, n. 5, p. 802-823, mai. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>. Acesso em: 30 abr. 2025.

SANCHEZ-HERNANDEZ, J. C.; MEGHARAJ, M. **Insect farming: A bioeconomy-based opportunity to revalorize plastic wastes**. Environmental Science and Ecotechnology Journal, v. 23, 100521, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esec.2024.100521>. Acesso em: 7 abr. 2025.

SANTIAGO, L. A. *et al.* **Edible insect proteins: how can they be a driver for food innovation?** [S. l.]: Current Opinion in Food Science, v. 58, 101195, 10 ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101195>. Acesso em: 13 abr. 2025.

SILVA N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 6ª ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 2021, 602 p. ISBN 9786555062977.

SMETANA S. *et al.* **Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe**. Alemanha: Animal Frontiers. v. 13, n. 4 ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/af/vfad033>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SOGARI, G. *et al.* **The potential role of insects as feed: a multi-perspective review**. [S. l.]: Animals, v. 9, n. 4, p. 119, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani9040119>. Acesso em: 9 abr. 2025.

TRICYCLE INC. **Trycicle**, 2025. Edible insects. Disponível em: <https://tricycle.eco/edible-insects/?lang=en>. Acesso: 1 jul. 2025.

TURCK, D. *et al.* **Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283**. [S. l.] EFSA Journal, v. 19, n. 1, 6343, jan. 2021. EFSA. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>. Acesso em: 24 mar. 2025.

TZOMPA-SOSA, D. A. *et al.* **Replacing vegetable oil by insect oil in food products: effect of deodorization on the sensory evaluation**. Food Research International, v. 141, 110140, 18 jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110140>. Acesso em: 13 abr. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Serviço de Publicações da União Europeia. **EUR-LEX: Access to the European Union law**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>. Acesso em: 28 mai. 2025

YAN, X. *et al.* **Quality of *Tenebrio molitor* powders: effects of four processes on microbiological quality and physicochemical factors**. [S. l.]: Foods, v. 12, n. 3, 572, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12030572>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ZOU, X. *et al.* **Applications of insect nutrition resources in animal production.**
China: Journal of Agriculture and Food Research, v.15, jan. 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100966>. Acesso em: 16 mar. 2025.