



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

FACULDADE DE FARMÁCIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

AURÉLIO SANTOS AGAZZI

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA
DE ZOPHOBAS ATRATUS SOB DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM

UFBA

SALVADOR

2025

AURÉLIO SANTOS AGAZZI

30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA
DE *ZOPHOBAS ATRATUS* SOB DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PGAli) da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Prof. Dra. Carolina de Oliveira Souza
Orientadora

Prof. Dr. Bruna Aparecida Souza Machado
Coorientadora

SALVADOR

2025

AURÉLIO SANTOS AGAZZI

61

62

63 DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA
64 DE ZOPHOBAS ATRATUS SOB DIFERENTES MÉTODOS DE
65 SECAGEM

66

67A Comissão Julgadora dos trabalhos de defesa de Dissertação de Mestrado do candidato
68Aurélio Santos Agazzi, em sessão pública realizada em 05/02/2025.

69

70

71

72 Profa. Dra. Carolina de oliveira Souza (Orientador)

73

Faculdade de Farmácia

74

Universidade Federal da Bahia (UFBA, Salvador, BA)

75

76

77

78 Prof. Dr. Marcelo Andres Umsza Guez (Membro titular)

79

Instituto de Ciência da Saúde

80

Universidade Federal da Bahia (PGAli, Salvador, BA)

81

82

83

84

85 Profa. Dra. Leticia de Alencar Pereira Rodrigues (Membro titular)

86

Inovação em Sistemas Avançados de Saúde (ISI-SAS)

87

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) (CIMATEC, Salvador, BA)

88

89

90

Salvador, 05 de fevereiro de 2025.

91Dedico este trabalho,

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114 *Dedico este trabalho, a meus pais, Iraci e Alfonso e a*
115 *minha querida madrinha, Rosilda. Dedico a meu filho*
116 *Lorenzo, como inspiração para seguir sempre em frente.*

117Meus agradecimentos,

118

119São muitas as pessoas às quais devo agradecer, pois toda atividade científica precisa da união, da
120cooperação entre professores, servidores e colegas. Ao longo do caminho, tive o apoio e a orientação
121de todas as pessoas que acreditaram e confiaram em mim. Gostaria de agradecer, em particular, à
122minha professora orientadora, Dra. Carolina de Oliveira de Souza, pelo amor à ciência, dedicação ao
123(PGAli), resiliência em tempos de pandemia, pela paciência para com os alunos. Tenho pela senhora,
124enorme admiração;

125À professora Janice Izabel Druzian, em memória, por ter me dito não, o não, justo e necessário para o
126despertar da minha consciência de discípulo da ciência;

127À Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos
128concedida (nº do processo: 88887.494091/2020-00);

129Ao laboratório (LEPETRO), em especial à coordenadora Karina Garcia, Jorge Mário Palma e a
130Sarah Rocha, pela colaboração nas análises realizadas;

131Ao (SENAI-CIMATEC), em especial à Professora Dra. Bruna Aparecida Souza Machado,
132coorientadora desse trabalho, à professora e amiga Letícia Rodrigues, Gerente de Negócios no
133Instituto (SENAI) de Inovação em Sistemas Avançados de Saúde (ISI-SAS), à Gabriele de Abreu
134Barreto, doutoranda e pesquisadora no (ISI-SAS), a Eliete Teles do Laboratório Integrado de
135Pesquisa em Química (LIPAQ).

136Ao Professor Dr. Niljay Balmukund Pattel da Escola de Veterinária da Universidade Estadual de
137Feira de Santana (UEFS), por ter abraçado o tema de estudo sobre os insetos e aberto portas de
138conhecimento para mim.

139À Priscila Oliveira, Assistente em Administração do (PGAli), que torceu por mim, e aos demais
140colegas e professores dessa renomada instituição de referência em educação, grato pela
141disponibilidade de material e estrutura física, pela amizade e fornecimento de informações preciosas
142para a realização do presente trabalho.

143

144

145

146

147Folha de epigrafe

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

“Ele era um homem ousado que primeiro comeu uma ostra.”

171

Jonathan Swift (*autor de Viagens de Gulliver*).

172

173

“O sábio tem fome de conhecimento, enquanto os tolos se alimentam de insensatez”.

174

175

Provérbios 15.14.

O crescimento da população mundial, previsto para as próximas duas décadas, põe em risco a segurança alimentar. O desafio de produzir mais alimentos a fim de atender os nove bilhões de pessoas no planeta, até 2050, perpassa o aumento de produção, sobretudo de proteínas. Insetos comestíveis são uma alternativa viável; presentes na humanidade desde tempos remotos, fazem parte da dieta de muitas culturas, mesmo atuais. Sua produção gera baixo impacto ambiental, são excelente fonte de proteína de alta qualidade, ricos em aminoácidos essenciais, mas também rico em ácidos graxos insaturados. Grande destaque tem o *Zophobas atratus* ou Tenébrio gigante, antes conhecida como praga da produção e armazenagem nos silos de farinha de trigo, hoje, lhe é atribuído um alto valor potencial, para consumo humano e animal. Novos produtos alimentares, destinados ao consumo humano, vem sendo produzidos pela indústria do alimento e atraindo um número crescente de consumidores, principalmente na Europa. A União Europeia, chancelou a produção de larvas de *Tenébrio molitor*, como ingrediente alimentar para a população em geral. Todavia, a aceitação dos insetos como alimento, enfrenta barreiras determinadas pela repugnância dos consumidores ou neofobia, o medo de experimentar algo novo. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho, foi elaborar e caracterizar a farinha do Tenébrio gigante, com vistas em suas propriedades físico-químicas e funcionalidade de suas características tecnológicas, sob dois diferentes métodos de secagem: estufa e liofilização. As farinhas produzidas por secagem em estufa (AME) e por liofilização (AML) foram avaliadas quanto à composição centesimal, granulometria, parâmetros de cor, metais e não metais, perfil de ácidos graxos, aminoácidos, microbiologia e propriedades tecnológicas funcionais. Os resultados demonstraram que o rendimento das farinhas foi de 60,60% para AME e 61,14% para AML e umidade de 7,3% AME e 4,53% AML. Os métodos de secagem afetaram significativamente a atividade de água (A_w) das farinhas, sendo que o valor da amostra seca em estufa foi quatro vezes superior (0,16) em comparação à liofilizada (0,04). Proteínas e lipídios foram os nutrientes majoritários nas amostras: maior na farinha liofilizada (46,19% e 29,82%), do que na seca em estufa (43,37% e 23,69%). Os teores de cinza nas farinhas, foram 2,93% para a AME e 2,89% para a AML, acompanhados de fibras (2,64 e 2,42,70). Para os aminoácidos não-essenciais, ambas as farinhas apresentaram maiores teores para ácido glutâmico, seguido de alanina e ácido aspártico e entre os aminoácidos essenciais, estão a leucina, lisina, valina e isoleucina, sendo a razão entre eles, de 0,63 para a amostra AME e de 0,64 para a amostra AML, considerada como de alta qualidade. Dentre os minerais encontrados, estão o potássio, fósforo, sódio e magnésio, zinco, ferro, cobre e manganês, atribuindo às farinhas como ricas em minerais. Os métodos de secagem utilizados na produção das farinhas não afetaram o perfil e os percentuais de ácidos graxos dos produtos. Doze ácidos graxos foram identificados nas farinhas: Os ácidos palmítico (C16:0), oleico (C18:1n-9) e linoleico (C18:2n-6) foram predominantes em ambas as amostras. Quanto aos parâmetros tecnológicos funcionais, resultaram nos valores de índice de absorção de água IAA (2,16 AME e 2,90 AML), solubilidade em água SA (9,06 AME e 14,4 AML) e a capacidade de absorção de óleo CAO (2,48 AME e 2,79 AML). Os produtos obtidos no presente estudo apresentam potencialidade na fortificação de novos alimentos, devido a sua qualidade nutricional, principalmente, como elevada fonte proteica.

Palavras-chave: Insetos comestíveis. Potencial nutricional. Novos ingredientes.

The growth of the world population, predicted for the next two decades, puts food security at risk. The challenge of producing more food to feed the nine billion people on the planet by 2050 involves increasing production, especially of proteins. Edible insects are a viable alternative; they have been present in humanity since ancient times and are part of the diet of many cultures, including today. Their production requires low environmental impact, and they are an excellent source of high-quality protein, rich in essential amino acids, but also rich in unsaturated fatty acids. *Zophobas atratus* or giant *Tenebrio* stands out, previously known as a pest of wheat flour production and storage in silos, but today it is attributed a high potential value for human and animal consumption. New food products, intended for human consumption, are being produced by the food industry and attracting a growing number of consumers, mainly in Europe. The European Union has approved the production of *Tenebrio molitor* larvae as a food ingredient for the general population. However, the acceptance of insects as food faces barriers determined by consumer revulsion or neophobia, the fear of trying something new. Given the above, the objective of this study was to prepare and characterize giant *Tenebrio* flour, considering its physical-chemical properties and the functionality of its technological characteristics, under two different drying methods: oven and freeze-drying. The centesimal composition, granulometry, color parameters, metals and non-metals, fatty acid profile, amino acids, microbiology and techno-functional properties were calculated. The results showed that the flour yield was (60.60% for AME and 61.14% for AML) and moisture (7.3% AME and 4.53% AML). The drying treatments significantly affected the water activity (A_w) of the flours, and the value of the oven-dried sample was four times higher (0.16) compared to the freeze-dried sample (0.04). Proteins and lipids were the major nutrients in the samples: higher in the freeze-dried flour (46.19% and 29.82%) than in the oven-dried flour (43.37% and 23.69%). The ash contents in the flours were (2.93% for AME and 2.89% for AML), accompanied by fibers (2.64 and 2.70). For non-essential amino acids, both flours presented higher contents for glutamic acid, followed by alanine and aspartic acid and among the essential amino acids are leucine, lysine, valine and isoleucine, with the ratio between them being 0.63 for the AME sample and 0.64 for the AML sample, considered as high quality. Among the minerals found were potassium, phosphorus, sodium and magnesium, zinc, iron, copper and manganese, attributing to the flours as rich in minerals. The drying methods used in the production of flours did not affect the profile and percentages of fatty acids of the products. Twelve fatty acids were identified in the flours: palmitic (C16:0), oleic (C18:1n-9) and linoleic (C18:2n-6) acids were predominant in both samples. There was no statistical difference for the AI values between the flours (AME 0.68 and AML 0.69) and the h/H ratio was not influenced by the drying method, and presented values of 1.60 and 1.61 for AME and AML. Insignificant differences were obtained in the microorganisms analyzed: *Bacillus cereus*, aerobic mesophilic bacteria, molds and yeasts, *Clostridium perfringens*, coliforms at 35°C, coliforms at 45°C, *Escherichia coli*, staphylococcosis and *Salmonella* sp. Regarding the techno-functional parameters, they resulted in the values of water absorption index IAA (2.16 AME and 2.90 AML), water solubility SA (9.06 AME and 14.4 AML) and oil absorption capacity CAO (2.48 AME and 2.79 AML). The products obtained in the present study have potential in the fortification of new foods, due to their nutritional quality, mainly, as a high protein source.

Keywords: *Bioactive peptides. Modulation. Pharmacological effects.*

267

LISTA DE FIGURAS

268

DISSERTAÇÃO – Desenvolvimento e caracterização da farinha de *Zophobas atratus* sob diferentes métodos de secagem..... 12

Figura 1 Conversão de alimentos à base de insetos comparativamente ao frango, porco e vaca..... 19

Figura 2 *Zophobas atratus* (Tenebrio gigante). Estágios de vida (A) ovos, (B) larva, (C), pupa e (D) adulto..... 24

ARTIGO: Potencial nutricional de produtos à base de insetos comestíveis: efeito do processamento térmico na obtenção de farinha de larvas de *Zophobas atratus*..... 42

Figura 1 Distribuição de tamanho de partícula das farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML)..... 52

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

<i>DISSERTAÇÃO – Desenvolvimento e caracterização da farinha de <i>Zophobas atratus</i> sob diferentes métodos de secagem.....</i>		12
Tabela 1	Principais insetos comestíveis consumidos no mundo.....	15
Tabela 2	Composição nutricional de larvas de (Tg), obtida por diferentes autores. (os valores são apresentados em (%) de peso seco)	20
<i>ARTIGO: Potencial nutricional de produtos à base de insetos comestíveis: efeito do processamento térmico na obtenção de farinha de larvas de <i>Zophobas atratus</i>.....</i>		42
Tabela 1	Análises físico-químicas das farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	52
Tabela 2	Parâmetros de cor das coordenadas L*, a*, b*, C* e h _{ab} ^o , para as farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	55
Tabela 3	Perfil de aminoácidos das farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	58
Tabela 4	Escore de aminoácidos (AAS) das proteínas presentes nas farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	59
Tabela 5	Composição de metais e não-metais em farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	60
Tabela 6	Perfil de Ácidos Graxos e índices de farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	62

Tabela 7	Avaliação microbiológica das farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	64
Tabela 8	Propriedades tecno-funcionais das farinhas de larvas de <i>Zophobas atratus</i> obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).....	65
283		
284		
285		
286		
287		
288		

DISSERTAÇÃO – Desenvolvimento e caracterização da farinha de <i>Zophobas atratus</i> sob diferentes métodos de secagem		12
1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
	Objetivo geral.....	14
	Objetivo específico.....	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Insetos são alimentos tradicionais e novos.....	15
3.2	Insetos são alimentos sustentáveis.....	18
3.3	Composição nutricional dos insetos comestíveis.....	20
3.4	<i>Zophobas atratus</i>	23
3.5	Neofobia e aceitação dos insetos como alimento.....	26
3.6	Técnicas de secagem e obtenção de farinha de insetos.....	27
	REFERÊNCIAS.....	30
4	MATERIAL E MÉTODOS	36
	Elaboração das amostras.....	36
	Análises físico-químicas.....	36
	Parâmetros de cor	37
	Perfil de aminoácidos e qualidade proteica.....	37
	Metais e não metais.....	38
	Perfil de ácidos graxos.....	39

	Análises microbiológicas.....	39
	Propriedades tecno-funcionais.....	40
	<i>Análise Estatística</i>	40
5	RESULTADOS	41
5.1	<i>ARTIGO: Potencial nutricional de produtos à base de insetos comestíveis: efeito do processamento térmico na obtenção de farinha de larvas de Zophobas atratus.....</i>	43
6	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS.....	67

291

292

2931 INTRODUÇÃO

294 A FAO (1996) define segurança alimentar como um estado em que todos os povos
295em todos os lugares, tenham acesso físico e econômico a recursos alimentares seguros e
296nutritivos, suficientes para atender às demandas nutricionais e preferências alimentares
297pautadas na saúde e bem estar. No entanto, a Organização alerta sobre o crescimento da
298população mundial, estimada em mais de nove bilhões, até 2050, o que demandará um
299aumento de alimentos em 70% (FAO, 2009). Estima-se que para o atendimento a essa
300demanda, a produção de cereais terá que aumentar para três bilhões toneladas/ano em relação
301aos 2,5 bilhões produzidos atualmente e a produção de carne precisará aumentar em mais de
302200 milhões de toneladas (Bojanic, 2017). Ademais existem questões relacionadas às
303mudanças climáticas que, segundo Leal Filho *et al.* (2022) influenciam a produção agrícola de
304alimentos e essa por sua vez, também impacta nas mudanças climáticas.

305 Assim, obter novas fontes de proteína, menos impactantes ao meio ambiente é uma
306necessidade premente, pois, para a cadeia de suprimentos e a pecuária contribuem
307significativamente para o aumento da emissão de gases do efeito estufa, diminuição de
308biodiversidade, aumento do uso de terras agricultáveis, intensificação do uso de mananciais
309de água e demanda por ração, fatores esses acelerados, pelo aumento do consumo de carne
310bovina (Brun *et al.*, 2022).

311 Como alternativa a esse panorama, os insetos comestíveis se destacam como uma
312possibilidade sustentável e nutritiva à pecuária tradicional, muito embora, historicamente, já
313são consumidos por diversas culturas ao redor do mundo há milhares de anos. Estudos
314mostram que os insetos são uma excelente fonte de proteína de alta qualidade, contendo todos
315os aminoácidos essenciais necessários para uma dieta equilibrada, são fonte de ácidos graxos
316insaturados essenciais, além de vitaminas e minerais (Athanassiou e Rumbos, 2021).

317 Com relação aos fatores ambientais, segundo Santiago, *et al.* (2024) os insetos
318possuem baixo impacto ambiental; a produção requer menos recursos naturais, como água e
319terra, além de emitir menos gases de efeito estufa e possuir uma alta taxa de conversão
320alimentar e reprodução, comparativamente aos animais tradicionais.

321 Há também, segundo Rumpold e Schlüter (2012), desafios relacionados ao
322desenvolvimento de novas tecnologias para tornar eficiente os processos, desde à criação à
323pós-colheita, atentando para os fatores de eficiência energética a segurança microbiológica e
324preservando as leis de mercado, ou seja preço competitivo e escala produtiva, para concorrer
325com os produtos à base de carne. Para tanto, o inseto *Zophobas atratus*, popularmente
326conhecido como tenébrio gigante, é uma espécie de besouro pertencente à família

327 *Tenebrionidae*, amplamente reconhecida por seu potencial como fonte sustentável de
328 proteína. Suas larvas, frequentemente utilizadas na alimentação de animais domésticos e em
329 sistemas de aquicultura, apresentam um perfil nutricional rico em proteínas (42-58% do peso
330 seco), lipídios (30-40%), e uma variedade de micronutrientes, incluindo ferro, zinco e
331 vitaminas do complexo B (Rumpold e Schlüter, 2013). Estudos recentes também exploram o
332 uso de resíduos agroindustriais como substratos para sua criação, contribuindo para a
333 economia circular e promovendo a redução de resíduos (Barrozo *et al.*, 2022). Tais
334 características tornam o *Zophobas atratus* uma alternativa promissora tanto para a nutrição
335 animal quanto para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios destinados ao consumo
336 humano, alinhados às tendências de sustentabilidade e segurança alimentar.

337 Apesar dos vastos benefícios nutricionais atribuídos aos insetos comestíveis, o seu
338 consumo ainda representa um grande tabu em muitos países, principalmente no ocidente. Para
339 combater esse preconceito, tem sido adotada a estratégia de processar as lavas em farinhas ou
340 pós, dessa forma, os insetos são menos visivelmente identificáveis, ou seja, mais fáceis de
341 obter aceitação pelo público consumidor. Esses planejamentos destacam a importância de
342 abordar a neofobia alimentar e adaptar estratégias para abordar diversas preferências do
343 consumidor na promoção da aceitação de alimentos à base de insetos (Szlachciuk e
344 Żakowska-Biemans (2024)

345 O consumo de insetos, como o *Zophobas atratus* pode ser uma solução viável para a
346 alimentação humana. Seu alto teor de proteínas, baixa pegada ambiental e potencial de
347 produção em pequenos espaços, o qualifica como excelente opção para o futuro da
348 alimentação; no entanto, é necessário superar desafios culturais e regulatórios para que essa
349 prática seja amplamente adotada. Assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver e
350 caracterizar a farinha de larvas de *Zophobas atratus*, a fim de conhecer a composição físico-
351 química e a funcionalidade de suas características tecnológicas sob dois diferentes métodos de
352 secagem.

3532 OBJETIVOS

3542.1 Objetivo geral

- 355 ✓ Avaliar a influência de diferentes métodos de secagem (estufa e liofilização) na
356 elaboração e caracterização de farinhas de larvas de *Zophobas atratus*.

357

3582.2 Objetivos específicos

- 359 ✓ Obter farinhas de larvas de *Zophobas atratus* através das técnicas de secagem em
360 estufa e liofilização;
- 361 ✓ Avaliar as farinhas produzidas quanto à composição centesimal, granulometria,
362 parâmetros de cor, metais e não metais, perfil de ácidos graxos, aminoácidos e
363 microbiologia;
- 364 ✓ Caracterizar as farinhas produzidas quanto às propriedades tecno-funcionais (índice de
365 absorção de água, solubilidade em água e capacidade de absorção de óleo).

366

367

368

369

370

3713 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

372

3733.1 Insetos são alimentos tradicionais e novos

374 O consumo de insetos na alimentação humana tem sido um tema cada vez mais
375 discutido; a FAO (2013) tem trabalhado em temas relativos a alimentos e chamando à atenção
376 para a nova economia gerada pelos insetos comestíveis. Longe de ser uma novidade, comer
377 insetos faz parte da cultura e acompanha a civilização humana desde sempre (Ramos-Elorduy,
378 2009).

379 Em muitos países, ainda hoje, permanece o hábito ancestral de consumir insetos como
380 alimento. De acordo com Ramos-Elorduy (2009), mais de 2.000 espécies são consumidas por
381 13.071 grupos étnicos em 130 países, sobretudo nos continentes Africano e Americano. As
382 informações sobre os principais insetos comestíveis consumidos no mundo estão resumidas
383 na (Tabela 1).

384

385 **Tabela 1** - Principais insetos comestíveis consumidos no mundo.

386

Espécie	Tipo consumido	Gastronomia	Referência
Bicho da seda (<i>Bombyx mori</i>)	Pupa, fêmeas adultas	Enlatado, lanche	Kim <i>et al.</i> (2019)
Bicho da seda (<i>Antheraea pernyi</i>)	Pupa	Assado, vinho	Li <i>et al.</i> (2017)
Bicho da seda (<i>Samia Cynthia</i>)	Pupa	Assado, defumado, frito, em saladas e omeletes	Yhoung-Aree <i>et al.</i> (2010)
Bicho da seda (<i>Samia cynthia</i>)	Adulto	Fervido, cozido, assado, com especiarias	Mozhui <i>et al.</i> (2020)
Gafanhoto (<i>Oxya yezoensis</i> , <i>Oxya japonica</i>)	Adulto	Inago: gafanhotos fritos com molho de soja	Kim <i>et al.</i> (2019)
Gafanhoto (<i>Oxya velox</i>)	Adulto	Frito, lanche, snack	van Huis (2018)
Sago grub (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>)	Larva	Festival anual de larvas	Kim <i>et al.</i> (2019)
Cupim (<i>Macrotermes natalensis</i> , <i>Microtermes bellicosus</i>)	Adulto	Torrado, fritos ou assados, em farinha ou comido cru	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Cupim (<i>Macrotermes spp.</i>)	Adulto	Cozido ou defumado em folhas de bananeira	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Cupim de asa (<i>Pseudacanthotermes militaris</i>)	Adulto	Esmagado até virar mingau e comido com mel	Mutungi <i>et al.</i> (2017)

Cupim de asa (<i>Macrotermes bellicosus</i>)	Adulto	Esmagado até virar mingau e comido com mel	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Cupim de asa (<i>Macrotermes subhyllanus</i>)	Adulto	Esmagado até virar mingau e comido com mel	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Cupim de asa (<i>Pseudacanthotermes spiniger</i>)	Adulto	Esmagado até virar mingau e comido com mel	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Besouro de palmeira (<i>Oryctes monocerus</i>)	Larva	Crus, cozidos, fritos, assados, em guisados e sopas	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Besouro rinoceronte (<i>Oryctes owariensis</i>)	Larva	Comido como refeição principal/lanche	Matandirotya <i>et al.</i> (2022)
Besouro rinoceronte (<i>Oryctes boas</i>) (<i>Oryctes monoceros</i>)	Larva	Torrados ou fritos	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Besouro do esterco (<i>Aphodius rufipes</i>)	Larva	Cru com curry e pasta de pimenta	Mutungi <i>et al.</i> (2017)
Besouro de inhame (<i>Heteroligus meles</i>)	Larva	Torrado ou cozido	Ebenebe <i>et al.</i> (2017)
Grilo gigante africano (<i>Brachytrupes membranaceus</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Grilo (<i>Gymnogryllus lucens</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Grilo Toupeira (<i>Gryllotalpa africana</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Gafanhoto de chifre curto (<i>Cytacanthacris naeruginosus</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Gafanhoto (<i>Zonocerus variegatus</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Gafanhoto (<i>Ruspolia nitidula</i>) (<i>Ruspolia differens</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Gafanhoto (<i>Sphenarium</i>) (<i>Schistocerca</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Gafanhoto (<i>Aidemonia azteca</i>) (<i>Tropidacris latreillei</i>)	Adulto	Torrados ou fritos	Alamu <i>et al.</i> (2013)
Formiga (<i>Liometopum apiculatum</i>) (<i>Liometopum occidentale</i>)	Larva, pupa	Escamoles ou larvas com manteiga e tamarindo	Reyes-Hernandez <i>et al.</i> (2022)
Formiga (<i>Atta</i>)	Adulta	Consumidas frescas	van Huis (2013)

387 **Fonte:** Adaptada de Kim *et al* (2019).

388

389

390 A antropoentomofagia, ou consumo de insetos pelo homem, segundo Neto e Ramos-
391Elorduy (2006) é um termo novo. Meyer-Rochow *et al* (2010), chamam à atenção para as
392diferenças e semelhanças de padrões culturais de antropoentomofagia entre os povos. Comer
393insetos é, segundo eles, uma escolha alimentar, pois os consideram gostosos e nutritivos,
394contrapondo a ideia de que tais povos são obrigados a comer insetos por não haver outras
395fontes de proteínas mais acessíveis. De acordo com Kim *et al* (2019), a antropoentomofagia,
396existe na China há mais de 2.000 anos. Na Oceania, as tribos aborígenes, no passado,
397consumiram uma grande variedade de insetos, mas não mais do que na África, onde, ainda
398hoje, está inserido no costume. Também nas Américas, as formigas *Rhynchophorus*
399*palmarum* e *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) são largamente consumidas entre as tribos
400amazônicas e no México, nas regiões rurais e urbanas. Segundo Raheem *et al* (2019), os
401insetos mais comumente comidos são besouros, lagartas, abelhas, formigas, grilos e
402gafanhotos, seja em formas larvais, pupas ou insetos adultos, associados ou não a outros
403alimentos ou consumidos *in natura*.

404 O crescente uso de insetos em países como Holanda, Bélgica, Dinamarca e Suíça
405demostram a incorporação de novos hábitos e componentes nutricionais à dieta desses países,
406ainda que o desconhecimento pelos consumidores ocidentais, se configure como uma barreira
407a ser superada (Dobermann *et al.*, 2017). Os insetos podem ser comidos crus, secos,
408triturados, texturizados, pulverizados ou moídos, sendo a alternativa de transformá-los em
409farinha, uma técnica bastante vantajosa no combate da neofobia ou rejeição alimentar
410(Segundo Spiegel, 2013). Um estudo sobre métodos de tratamento de secagem de insetos,
411conduzido por Grabowski *et al* (2016), afirmou que do ponto de vista da conservação, a
412secagem por métodos tradicionais em estufa, torrefação, secagem ao sol e a moderna
413liofilização, são vantajosos pois levam à redução de água, substância necessária essencial para
414ação de enzimas e microrganismos.

415 (Perez, 2021) pronuncia-se sobre o crescente lugar que os insetos desempenharão ao
416garantir uma alimentação mais saudável e sustentável, no presente e futuro. Diante disso, a
417Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), adotou o ato jurídico em 1 de
418junho de 2021, o qual considera o *Tenebrio molitor* um novo alimento (*Novel Food*),
419permitindo assim a comercialização de alimentos para humanos, à base de insetos. Além
420desse, a comissão da EFSA, recebeu outros 11 pedidos de autorização e está avaliando a
421segurança alimentar de cada um deles, ao abrigo do regulamento dos *novel food*. A saber:
422*Alphitobius diaperinus* (tenebrião-pequeno), *Gryllodes sigillatus* (grilo-raiado), *Acheta*

423*domesticus* (grilo-doméstico), *Locusta migratoria* (gafanhoto-migrador) e larvas de *Hermetia*
424*illucens* (mosca-soldado-negra).

425

4263.2 Insetos são alimentos sustentáveis

427 A (FAO, 2013) considera o alto valor nutricional dos insetos, sobretudo como fonte
428concentrada de proteína, tal fato, vem alavancando uma nova tendência de mercado na Europa
429cujo interesse é produzir insetos comestíveis seja para a alimentação animal ou humana. Para
430tanto, van Huis (2016), cita que os insetos apresentam muitas vantagens em termos de
431sustentabilidade, pois se reproduzem rapidamente, possuem altas taxas de crescimento e
432conversão alimentar, emitem menos gases de efeito estufa do que o gado convencional e
433podem ser criados a partir da utilização de resíduos agroindustriais, ou seja, causam impacto
434ambiental mínimo em todo o ciclo de vida.

435 Há grandes vantagens na criação de insetos, pois, insetos comestíveis colhidos
436diretamente da natureza, indiscriminadamente, sem controle dos limites e sazonalidade de
437cada espécie, são uma ameaça à preservação das espécies, em sendo assim, boas práticas de
438colheita sustentáveis precisam ser incentivadas (Van Huis e Oonincx, 2017).

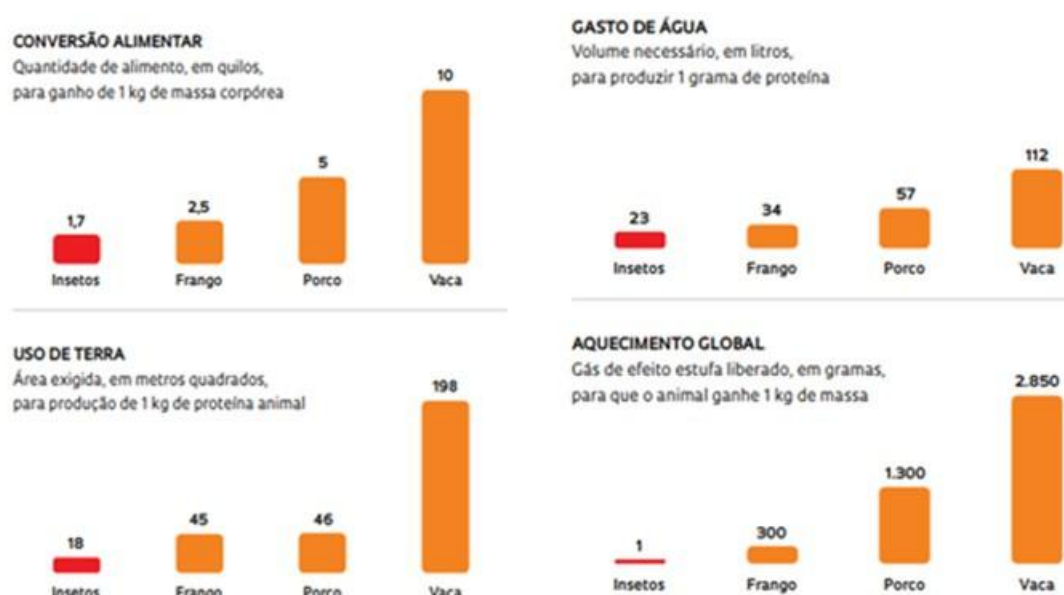
439 Recentemente, uma solução que parece sustentável vem do conceito de fazendas
440verticais ou criações de mini-rebanhos, assim chamadas porque a criação de insetos é
441realizada em viveiros empilhados (verticalizados) em sistemas fechados de alta densidade e
442em prateleiras a partir de caixas apropriadas (Van Huis *et al.*, 2013). Com efeito, ocupam
443pouco espaço, reduzindo os impactos ambientais, comparada às criações tradicionais. No
444entanto, Van Huis e Oonincx (2017) apontam para o risco do impacto ambiental direto e
445indireto, que a criação de insetos comestíveis pode acarretar, a saber: a respiração, o
446metabolismo dos insetos, suas fezes e emissão de gases (CO₂, CH₄ e NH₃), ainda que a
447pecuária convencional produza níveis muito mais altos.

448 Outro aspecto importante na produção de insetos comestíveis é a utilização de
449resíduos agroindústrias para a criação. Esse tipo de produção apresenta um diferencial
450significativo ao integrar práticas de economia circular e sustentabilidade ambiental. O
451processo não apenas reduz a geração de resíduos orgânicos, frequentemente descartados de
452forma inadequada, como também os transformam em substratos nutritivos para a criação de
453insetos, promovendo a valorização de subprodutos agrícolas. Estudos indicam que insetos
454como *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor* conseguem converter resíduos com alta eficiência
455alimentar, resultando em biomassa rica em proteínas, lipídios e outros nutrientes essenciais
456para aplicações na alimentação humana e animal (Oonincx e De Boer, 2012; Van Huis *et al.*,

4572013). Broekhoven *et al.*, (2015) avaliaram o uso de subprodutos da indústria de cerveja, para
 458alimentar três espécies de insetos comestíveis, *Tenebrio molitor L.*, *Zophobas atratus Fab.* e
 459*Alphitobius diaperinus* e concluíram que dietas compostas por subprodutos orgânicos, apesar
 460de alterar, até certo ponto, a composição da gordura larval, não influenciou o teor de proteína.
 461Em estudo conduzido por Bava *et al* (2019), larvas de mosca soldado (*Hermetia Illucens*)
 462foram alimentadas com resíduos de diferentes substratos de soja, milho e malte, subprodutos
 463industriais de fácil disponibilidade e baixo custo; o estudo forneceu estimativas sobre
 464possíveis usos sustentáveis de insetos, que, baseado em sua proficiência na assimilação dos
 465substratos orgânicos, proporcionaram crescimento das larvas.

466 Diante o exposto, existem razões para considerar os insetos como uma fonte
 467sustentável de proteína, pois eles podem ser criados durante todo o ano, a maior parte de seu
 468corpo é comestível, possuem altas taxas de fecundidade e crescimento, e convertem
 469eficientemente seus substratos em massa corporal. Adicionalmente, a alta eficiência de
 470conversão alimentar dos insetos é uma das principais razões pelas quais são consideradas
 471fontes potencialmente sustentáveis de proteína (Khanal 2024). A (Figura 1) ilustra as
 472vantagens da rápida conversão de alimento por parte dos insetos em ganho de massa corporal,
 473em relação a outras espécies criadas para abate.

474**Figura 1** - Conversão de alimentos à base de insetos comparativamente ao frango, porco e
 475vaca.



477**Fonte:** Arnold Van Huis e Universidade De Wageningen (TUNES, 2020, p. 65).

478

4793.3 Composição nutricional dos insetos comestíveis

480 Diversos autores (De Foliart 1992; Ramos-Elorduy et al. 1997; van Huis et al. 2013;
481Oonincx e Finke 2020), afirmam que os insetos comestíveis são altamente nutritivos,
482saúdáveis e representam boas fontes de proteínas, aminoácidos essenciais, ácidos graxos
483insaturados e polinsaturados, minerais como ferro e zinco, vitaminas, fibras e energia. Todavia
484a composição nutricional pode variar muito. Em uma mesma espécie, os teores de nutrientes
485podem diferir, a depender do estágio de vida do inseto (larva, pulpa, ninfa ou ovos); habitat;
486dieta; colhidos na natureza ou provenientes de fazendas verticais e alimentação (Govorushko,
4872019). A Tabela 2 apresenta a composição nutricional de larvas de *Zophobas atratus* em
488relação a outras espécies de insetos.

489

490**Tabela 2.** Composição nutricional de larvas de *Zophobas atratus* comparada com outras
491espécies de insetos.

% Matéria seca	Nome vulgar	Proteína	Lipídio	Fibra	Cinza	Autor
<i>Zophobas atratus</i>	Tenébrio gigante	29,5-39,2	35,0-43,6	6,3-6,5	2,4-8,2	Rumbos e Athanassiou (2021)
<i>Gryllus bimaculatus</i>	Grilo	12,9	5,5	3,4	2,1	Yhoung-Aree (1997)
<i>Grasshopper</i>	Gafanhoto	62,4–67,2	4,8- 6,8	7,0– 9,2	-	Sun <i>et al</i> (2010)
<i>mealworm</i>	Tenébrio Molitor	44,8-50,1	39.1-40.5	13,8-18,8	-	Alves (2016)
<i>Sympetrum striolatum</i>	Libélula	76,8	4,5	-	5,1	Narzari and Sarmah (2015)
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Besouro Da Ninhada	67,9	20,7	7,3	5	Despins e Axtell (1995)
<i>Acheta domesticus</i> Adult	Grilo Doméstico	48,9	22,8	19,1	5,1	Barker <i>et al</i> (1998)
<i>Acheta domesticus</i> Juvenile	Grilo Doméstico	41,8	9,8	16,4	9,1	Barker <i>et al</i> (1998)
<i>Drosophila melanogaster</i>	Mosca-Das-Frutas	42,8	17,9	16.2	6,2	Barker <i>et al</i> (1998)
<i>Oryctes rhinoceros</i>	Besouro Rinoceronte Do Coco	30,2	38,1	-	15,3	Rumpold e Schlüter (2013)

492 **Fonte:** Adaptada de Rumbos e Athanassiou (2021), Rumpold e Schlüter (2013),
493Yhoung-Aree (1997), Sun *et al* (2010), Alves (2016), Narzari and Sarmah (2015), Despins e
494Axtell (1995), Barker *et al* (1998) e Kim *et al* (2019).

Insetos são ricos em proteína: Ramos-Elorduy et al (1997), encontrou teores de proteína em base seca que variaram entre 15 a 81%, em 78 espécies de insetos comestíveis no México. Pires et al (2006), cita que as proteínas são moléculas essenciais para os organismos animais, devendo, portanto, constar diariamente na dieta. Além do aspecto quantitativo deve-se levar em conta o aspecto qualitativo, ou seja, seu valor nutricional, que inclui a composição, digestibilidade, biodisponibilidade de aminoácidos essenciais, ausência de toxicidade e de fatores antinutricionais. Bessa et al (2017), citam que o teor de proteína é a maior porção da composição nutricional dos insetos e que a maioria dos insetos contém todos os aminoácidos essenciais. Em matéria seca, os teores de proteína variaram de (20 a 69 g por 100 g) em Coleópteros, comparados com a carne bovina (40 a 75 g por 100 g de matéria seca). (SANTOS, 2020)

Para que um alimento seja considerado boa fonte de proteína, deve ser levado em consideração a sua composição de aminoácidos. Muitos estudos já foram conduzidos quanto ao perfil de aminoácidos dos insetos comestíveis. Yi et al (2013), estudaram várias espécies, dentre eles o *Zophobas atratus*, e encontraram que o perfil de aminoácidos foi equivalente ao das proteínas da soja, porém mais baixo que o da caseína do leite, mas que todos os aminoácidos essenciais e em quantidade necessária para os humanos foram encontrados na espécie estudada.

Os insetos representam um alimento calórico, devido, sobretudo ao fornecimento representativo de gordura, especialmente nas formas larvais. Seus lipídios são fonte de energia muito concentrada e também desempenham um papel importante na manutenção do calor corporal, na formação de hormônios e no transporte de vitaminas (A, D, E, K). Segundo De Foliart (1991), o teor de lipídios totais em insetos é variável (2–50% da matéria seca) e semelhante aos de aves e peixes em seu grau de insaturação, com alguns grupos sendo mais elevados em ácidos linoleico, (ômega-3) e/ou linolênico (ômega-6), mas também comparecem diferentes teores de ácido palmítico (8–38%), ácido oleico (9–48%) e até 70% de ácidos graxos insaturados. Os insetos são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, quando comparado ao perfil de ácidos graxos de fontes vegetais, como o óleo de palma, sendo esses importantes componentes para a redução dos níveis de colesterol no corpo. Os lipídeos são o segundo componente nutricional mais comumente encontrado em insetos, sendo os percentuais de ácido oleico, o de maior destaque (Rumpold e Schlüter 2013; Andrade et al., 2021).

Araújo et al. (2018), encontraram em larvas de *Zophobas atratus*, altos teores de ácido palmítico C16:0 (30.7 ± 0.00), ácido esteárico C18:0 (7.95 ± 0.06) e ácido linoleico C18:2 (15.60 ± 0.00), equiparadas apenas com o óleo de palma, que comercialmente é um dos mais

529utilizados no mundo. Todavia, Andrade *et al* (2021), obteve conteúdo de gordura saturada
530consideravelmente maior do que o de gordura poliinsaturada e certa equivalência, comparado
531ao conteúdo de gordura monoinsaturada.

532 Os carboidratos em insetos existem principalmente em duas formas: quitina e
533glicogênio (Huis *et al* 2013). Schluter *et al* (2017) acrescentam que a quitina encontrada nos
534insetos é o principal componente do exoesqueleto, enquanto o glicogênio é uma fonte de
535energia armazenada em células e tecidos musculares. Bisconsin-Junior *et al* (2018), afirma ser
536a quitina, a principal parte do carboidrato estrutural nos insetos, um polissacarídeo de
537glicosamina e N-acetilglicosamina, contendo átomos de nitrogênio.

538 O potencial nutricional de *Zophobas atratus*, avaliado na fase larval, demonstrou ser
539uma fonte de energia mais concentrada e calórica, (21,6 MJ/kg a 28,0 MJ/kg) comparada com
540a de outras espécies, sendo maior que a farinha de peixe ou farinha de óleo de soja. Apesar
541disso, nessa fase de desenvolvimento do inseto, o exoesqueleto está ausente, o que gera
542valores de carboidratos mais baixos que o normal para a espécie maior que a farinha de peixe
543e farinha de óleo de soja. (Hopley, 2016). Santos (2020) encontrou na farinha de *Atta sexdens*
544(12,03 - 23,57%) e *Pachimerum nucleorum* (8,46 – 14,51%) teores de fibras em quantidade
545suficiente para qualificá-los como ricos em fibra, conforme RDC N°54/2012 (BRASIL 2012).

546 Segundo Govorushko (2019), entre os micronutrientes facilmente acessíveis nos
547insetos comestíveis, estão alguns minerais como magnésio, cálcio, ferro e zinco. Santos
548(2020) obteve o conteúdo de minerais totais para *A. sexdens* (2,41%), próximo ao da carne
549bovina (2,56%), enquanto para as larvas de *P. nucleorum* foram ainda maiores (3,14%).
550Oliveira, (2022), obteve na composição das farinhas de *Gryllus assimilis*, *Tenebrio molitor* e
551*Belostoma anurum*; o cálcio, representando o mineral mais expressivo, mas também
552concentrações de fósforo, potássio, sódio, magnésio, zinco, ferro, cobre e manganês,
553demonstrando o potencial para a aplicação em produtos alimentares, não obstante a
554necessidade também de mais estudos sobre a biodisponibilidade desses minerais presentes nos
555insetos comestíveis.

556 Micronutrientes como as vitaminas, estão presentes na maioria dos insetos
557comestíveis, com teores semelhantes ao dos peixes e da carne. No entanto, muitas espécies
558têm níveis muito baixos de vitamina B12. O *Zophobas atratus*, por exemplo, apresentou
559valores menores que 20 µg por 100 g e menores que 100 µg por 100 g, demonstrando não ser a
560melhor fonte de vitamina A (Van Huis *et al*, 2013). Em geral, os insetos possuem uma grande
561quantidade de vitaminas, incluindo riboflavina, biotina e ácido pantotênico e gafanhotos,
562besouros e grilos são especificamente ricos em ácido fólico. Ainda que outros tipos de

563vitaminas ocorram em pequenas quantidades, se relacionam a concentração de vitaminas e a
564influência da dieta (Imathiu, 2020).

565 A dieta ofertada aos insetos irá determinar a composição nutricional destes. Latney et
566al (2014), alimentaram as larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas atratus*, durante dois dias,
567com farelo de trigo, ração para aves, ração orgânica para aves e ração para grilos, rica em
568cálcio e concluíram que a qualidade nutricional dos insetos, foi influenciada pelas dietas.
569Harsányi *et al*, (2020) estudaram a bioconversão de resíduos orgânicos e ração para galinha,
570em três espécies de larvas de insetos: *Zophobas atratus*, *Tenebrio molitor* e *Acheta domesticus*
571e concluíram que a alimentação com dietas pobres em nutrientes trouxe como resultado,
572menor concentração de proteína e maior concentração de gordura nas larvas.

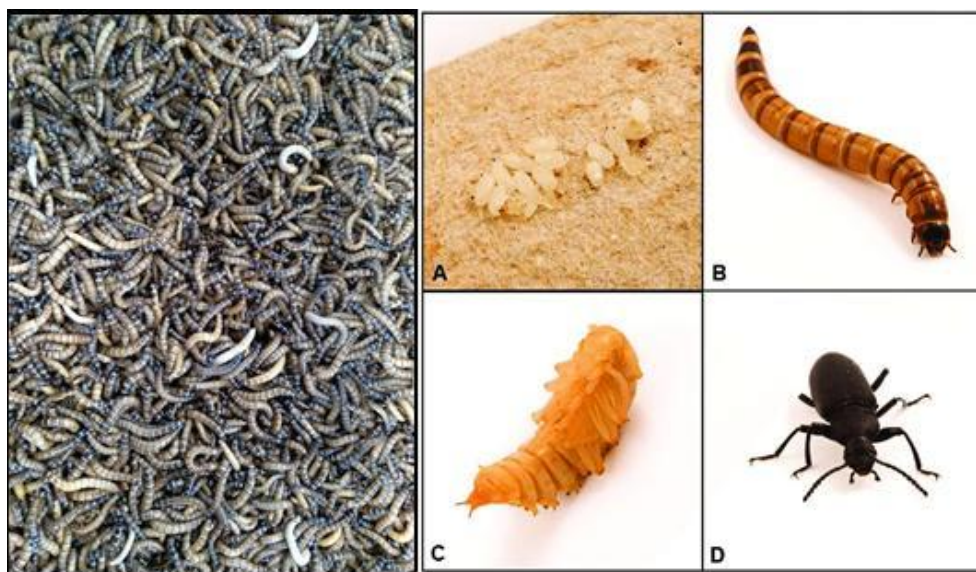
573

5743.4 *Zophobas atratus*

575 O *Zophobas atratus* ou Tenebrio gigante (Figura 2) vem despertando o interesse de
576pesquisadores e consumidores. O inseto pertence à Família Tenebrionidae, da Classe Insecta e
577Ordem Coleoptera. A Família Tenebrionidae reúne cerca de 12 famílias e 15.000 espécies,
578entre elas o *Tenebrio molitor* (Linnaeus) e o *Zophobas atratus* (Fabricius), vulgarmente
579conhecido como kaimano. Semelhantes, do ponto de vista etológico, diferem em relação ao
580maior tamanho e peso do *Z. atratus*, entre 3,81 cm a 5,72 cm de comprimento e até 0,7g
581(Backer et al 1997).

582

583 **Figura 2** – *Zophobas atratus* (Tenebrio gigante). Estágios de vida (A) ovos, (B) larva,
584(C) pupa e (D) adulto.



585

586

Fonte: acervo pessoal, 2021. Fonte: Rumbos e Athanassiou, 2021.

587

588 Segundo Spang (2013), o *Zophobas atratus* e o *Tenebrio molitor*, são parecidos e
589conspícuos em sua aparência, ou seja, suas características incomuns permitem a identificação
590taxonômica e atraem facilmente à atenção. São animais dóceis que não representam ameaça
591para os seres humanos e pertencente a uma grande família de besouros neotropicais (América
592Central e do Sul) que inclui os escaravelhos escuros (Rumbos e Athanassiou, 2021).

593 O *Zophobas atratus* e o *Tenebrio molitor* podem ser encontrados em todos os estágios
594em farinha de trigo e outras farinhas e produtos armazenados. São insetos noturnos que
595gostam de locais escuros e úmidos, como silos e instalações para grãos, sacos de ração e
596instalações de armazenamento de alimentos. Se alimentam de grãos de cereais quebrados ou
597danificados e produtos moídos sendo considerados pragas em alimentos armazenados
598(HEYLMANN, 2024).

599 O *Zophobas atratus* é uma fonte rica em proteínas, com concentrações que variam de
60035% a 55% do peso seco, dependendo das condições de criação e processamento (Rumpold &
601Schlüter, 2013). Suas proteínas apresentam um perfil de aminoácidos equilibrado, incluindo
602todos os aminoácidos essenciais, como leucina, lisina e treonina. Isso torna esse inseto uma
603excelente opção para complementar dietas baseadas em proteínas vegetais, que
604frequentemente são deficientes em alguns desses aminoácidos. Adicionalmente a
605digestibilidade proteica do *Zophobas atratus* é alta, variando de 77% a 88%, comparável a
606outras fontes animais como carne e ovos (VAN HUIS et al., 2013).

607 O teor lipídico do *Zophobas atratus* é considerado elevado, variando de 30% a 45% do
608peso seco (MERTENS et al., 2019). Esses lipídios incluem uma proporção significativa de
609ácidos graxos insaturados, como ácido oleico (C18:1) e ácido linoleico (C18:2), que são
610conhecidos por seus benefícios à saúde cardiovascular. A presença de ácidos graxos
611essenciais, como o ácido linoleico, torna o *Zophobas atratus* uma excelente fonte de lipídios
612bioativos para aplicações tanto na nutrição humana quanto na alimentação animal. Contudo, o
613elevado teor lipídico pode representar um desafio no armazenamento e processamento, devido
614à suscetibilidade à oxidação lipídica, especialmente em condições inadequadas (ROFFES et
615al., 2022).

616 A fração de cinzas, que representa o conteúdo mineral, varia de 2% a 5% do peso seco
617(OONINCX & DE BOER, 2012). Essa composição inclui minerais essenciais, como ferro,
618zinco, cálcio, fósforo e magnésio. O ferro, em particular, está presente em concentrações
619significativas, variando de 20 a 40 mg/100 g de peso seco, o que pode contribuir para a
620prevenção de anemias nutricionais, especialmente em populações com baixa ingestão de

621carnes. O zinco, outro mineral essencial, é abundante no *Zophobas atratus* e desempenha
622papel fundamental em processos enzimáticos e no fortalecimento do sistema imunológico
623(RUMPOLD & SCHLÜTER, 2013).

624 Outro componente que merece destaque no *Zophobas atratus* é sua fração de fibra,
625composta principalmente por quitina, um polissacarídeo estrutural encontrado no
626exoesqueleto dos insetos. A quitina representa cerca de 5% a 15% do peso seco do *Z. atratus*
627(MERTENS et al., 2019). Apesar de sua digestibilidade ser limitada em humanos, estudos
628indicam que a quitina pode atuar como fibra funcional, contribuindo para a saúde intestinal,
629promovendo o crescimento de bactérias benéficas no intestino e reduzindo os níveis de
630colesterol (ROFFES et al., 2022).

631

6323.5 Neofobia e aceitação dos insetos como alimento

633 Holt (1923) escreveu um manifesto intitulado, por que não comer insetos? Em que ele
634se pergunta por que a sociedade ocidental insiste em não considerar insetos como alimento. O
635autor exprime suas ideias, tentando reconstruir o conceito a favor desse tipo de alimento, cujo
636conteúdo nutricional é comparado ao da carne bovina. Ele define *cleanfeeder* como espécies
637que se alimentam inteiramente de vegetais e, em sendo assim, não haveria motivo de causar
638aversão ao consumidor. De acordo com Barrena e Sánchez (2013), a rejeição expressa pelos
639consumidores em relação a alimentos novos ou desconhecida é comumente definida como
640neofobia. Segundo De Foliart (1992), uma forte barreira cultural é representada pelo nojo
641como principal reação do consumidor diante da possibilidade de comer insetos _ eles não são
642considerados alimentos. No entanto, a possibilidade de transformá-lo em alimento atraente e
643aprazível a partir do uso da farinha em vez do inseto inteiro, parece ser mais desejável, até
644porque os insetos já são consumidos indiretamente, em farinhas de grãos e cereais, como
645traços de matéria indesejada. Van Huis (2020) sinaliza a importância de executar algumas
646etapas importantes para a elaboração de alimentos à base de insetos: a descontaminação, a
647secagem e o desengorduramento, a fim de permitir a moagem destes, outra estratégia para
648combater a neofobia, é de se incorporar as farinhas de insetos, em alimentos de aparência,
649textura e sabores, mais familiares aos consumidores.

650 Menozzi *et al* (2017), defende que somente o fato de os insetos representarem “*novel*
651*food*”, como recentemente reconhecido pelas principais instituições, é insuficiente para
652promover mudança de comportamento nos consumidores, para tanto será necessário
653direcionar o controle comportamental, desenvolvendo produtos semelhantes ao padrão

654alimento ocidental, como produtos de panificação contendo farinha de insetos. O estudo
655conduzido por Burt *et al* (2020), no qual, elaborou *muffins* com farinha de grilo e realizou a
656primeira degustação cega, com participantes de várias etnias, forneceu a primeira evidência,
657isenta de aversão e de desinteresse psicológico ou desgosto, que poderia influenciar ou
658confundir a percepção de prazer e foram igualmente apreciados em relação aos tradicionais
659com outras farinhas de uso geral.

660 De acordo com Koide (1998), a escassa aceitação dos insetos como alimento se deve
661também às questões alérgicas que surgem com a presença da quitina e com o
662desenvolvimento de novas alergias devido ao seu consumo. Frequentemente, a quitina causa
663indigestão aos humanos e os efeitos a longo prazo ainda não são exaustivamente conhecidos,
664no entanto, as informações disponíveis são de efeitos positivos para a saúde humana.

665 Segundo Christensen *et al* (2006), o alto valor biológico das proteínas contidas em
666algumas espécies de insetos também é um direcionador específico do produto que pode
667aumentar a aceitação. Fernqvist e Ekelund (2014), afirmam que os consumidores conscientes,
668ao lerem no rótulo do produto as certificações de sustentabilidade, optam por consumi-los.

669 Estudos indicam que os insetos são, via de regra, seguros e oferecem resultados
670positivos em comparação com outros alimentos e que o marketing direcionado ao acesso dos
671insetos na alimentação humana, poderá reduzir o futuro desconhecimento, inadequação e
672desgosto do consumidor (Stull, 2021; Mancini *et al.*, 2022).

673

6743.6 Técnicas de secagem e obtenção de farinha de insetos

675

676 A secagem é uma das etapas mais importantes na cadeia de processamento de
677alimentos, desempenhando papel essencial na conservação, estabilidade microbiológica e
678viabilidade econômica dos produtos. No contexto da indústria alimentícia, a escolha da
679técnica de secagem impacta diretamente a qualidade nutricional, funcional e organoléptica
680dos produtos. Entre as técnicas amplamente utilizadas, destacam-se a secagem em estufa e a
681liofilização, cada uma com características específicas, vantagens e desafios (CELESTINO,
6822010).

683 A secagem em estufa consiste em submeter o material a fluxos controlados de ar
684quente em temperaturas geralmente variando entre 40°C e 80°C. Esse método promove a
685remoção de água por evaporação, reduzindo significativamente a umidade do produto final. É
686amplamente utilizada devido à simplicidade operacional, custo relativamente baixo e
687capacidade de processar grandes volumes de alimentos de forma contínua (RUMPOLD &

SCHLÜTER, 2013). Além disso, a secagem em estufa é adaptável a diferentes matérias-primas, incluindo frutas, vegetais e proteínas alternativas, como insetos. Contudo, o uso de temperaturas elevadas pode ocasionar reações químicas indesejadas, como a reação de Maillard, que altera a coloração, o sabor e, em alguns casos, a biodisponibilidade de nutrientes, como aminoácidos essenciais (TINOCO ET AL., 2021). Além disso, a degradação de compostos sensíveis ao calor, como vitaminas e ácidos graxos poli-insaturados, é um desafio em aplicações que requerem alta qualidade nutricional. Para a secagem de insetos comestíveis, a estufa tem se mostrado eficiente na remoção rápida de água, com boa preservação de macronutrientes, mas com perda parcial de compostos bioativos sensíveis ao calor (MÜLLER ET AL., 2020).

698 A liofilização, também conhecida como secagem por congelamento, é um processo que
699 remove a água do material por sublimação. A técnica envolve três etapas principais:
700 congelamento rápido do alimento, redução da pressão ao vácuo e aquecimento controlado
701 para sublimação da água congelada. Esse método é amplamente reconhecido por preservar ao
702 máximo os atributos nutricionais, funcionais e sensoriais dos alimentos, uma vez que
703 minimiza a exposição ao calor (MERTENS ET AL., 2019). No entanto, a liofilização
704 apresenta desafios significativos relacionados ao custo elevado de equipamentos, alto
705 consumo energético e baixa capacidade de processamento em larga escala. Apesar disso, é
706 ideal para produtos de alto valor agregado, como alimentos funcionais, nutracêuticos e
707 ingredientes premium. No caso de insetos comestíveis, a liofilização preserva melhor as
708 propriedades organolépticas e a solubilidade das proteínas, atributos desejados para a
709 formulação de farinhas voltadas para o mercado humano (RUMPOLD & SCHLÜTER, 2013).

710 Os insetos comestíveis, como *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* e *Zophobas atratus*,
711 apresentam elevado teor de água (cerca de 60-75%), o que exige processos eficientes de
712 desidratação para evitar a deterioração microbiológica e facilitar o processamento posterior
713 (BARROZO ET AL., 2022). A escolha entre secagem em estufa e liofilização depende de
714 fatores econômicos, escala de produção e objetivo final do produto. A secagem em estufa é
715 mais indicada para aplicações em larga escala e produtos de menor valor agregado, enquanto
716 a liofilização se destaca na produção de ingredientes de alta qualidade. Estudos têm explorado
717 abordagens híbridas, como a combinação de pré-secagem em estufa seguida de liofilização,
718 para equilibrar custo e qualidade do produto final (MÜLLER et al., 2020).

719 A transformação de insetos comestíveis em farinha é uma etapa chave para a
720 incorporação desse recurso emergente como ingrediente na formulação de alimentos. Esse

721 processo envolve etapas de secagem, moagem e, em alguns casos, desengorduramento para
722 adequação às aplicações específicas na indústria alimentícia (ROFFES et al., 2022).

723 A produção de farinha de insetos inicia-se com a coleta e o processamento dos insetos
724 em sua forma natural ou após a criação em larga escala. As etapas subsequentes envolvem a
725 remoção de resíduos e, frequentemente, a aplicação de métodos de secagem. A moagem dos
726 insetos desidratados resulta em uma farinha fina e uniforme, com características ajustadas
727 para aplicações específicas. Em algumas formulações, técnicas como o desengorduramento
728 são empregadas para reduzir o teor lipídico, melhorando a estabilidade e funcionalidade do
729 produto final (TINOCO et al., 2021). A escolha das condições de processamento afeta
730 diretamente a qualidade nutricional e sensorial da farinha. A secagem em estufa, por exemplo,
731 é mais econômica, mas pode impactar a coloração e o perfil de sabor devido às reações
732 químicas induzidas pelo calor. Por outro lado, a liofilização preserva os nutrientes sensíveis
733 ao calor e mantém a solubilidade das proteínas, tornando-a ideal para produtos de alto valor
734 agregado (MERTENS et al., 2019).

735 A farinha de insetos apresenta grande potencial para aplicação em uma ampla
736 variedade de alimentos, incluindo produtos panificados, massas, barras proteicas, substitutos
737 de carne e alimentos funcionais. Estudos indicam que a incorporação de farinha de insetos
738 pode melhorar significativamente o perfil proteico dos produtos alimentícios, aumentando sua
739 densidade nutricional e conferindo benefícios adicionais, como alta digestibilidade e presença
740 de ácidos graxos benéficos (ROFFES et al., 2022). Em produtos panificados, como pães e
741 biscoitos, a farinha de insetos pode ser utilizada como substituta parcial da farinha de trigo,
742 contribuindo para o aumento do teor proteico e a redução da dependência de fontes vegetais
743 convencionais. Contudo, a incorporação em altas proporções pode impactar a textura, o sabor
744 e a aceitação sensorial, destacando a necessidade de estudos adicionais sobre formulação e
745 técnicas de mascaramento de sabor (VERDOUW et al., 2020).

746 A transformação de insetos comestíveis em farinha e sua utilização como ingredientes
747 em alimentos representam uma estratégia promissora para enfrentar desafios globais de
748 segurança alimentar e sustentabilidade. Com o avanço das tecnologias de processamento e a
749 adaptação de produtos às preferências dos consumidores, as farinhas de insetos têm o
750 potencial de se consolidar como um componente essencial na formulação de alimentos
751 saudáveis, inovadores e ecologicamente responsáveis.

752

753

754

755REFERÊNCIAS

- 756Adámková, A. *et al.* Nutritional values of edible coleoptera (*tenebrio molitor*, *zophobas morio*
757and *alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinárstvo ® Scientific Journal*
758for Food Industry, v. 10, n. 1, p. 663-671, dez. 2016. DOI:10.5219/609.
- 759Adámková, A. *et al.* Nutritional potential of selected insect species reared on the Island of
760Sumatra. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 14, p.521,
761Maio. 2017. DOI:10.3390/ijerph14050521.
- 762Alamu, O. T. *et al.* Diversity and nutritional status of edible insects in Nigeria: A review.
763*International Journal of Biodiversity and Conservation*, v. 5, n. 4, p. 215-222, Abril 2013.
764DOI: 10.5897/IJBC12.121.
- 765Alves, A. P. C. *et al.* Nile tilapia fed insect meal: growth and innate immune response in
766different times under lipopolysaccharide challenge. *Aquaculture Research*, v. 52, p. 529–540,
767Set. 2020. DOI: 10.1111/are.14911.
- 768Araújo, R. R. S. *et al.* Nutritional composition of insects *gryllus assimilis* and *zophobas*
769*morio*: potential foods harvested in brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, nov.
7702018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>.
- 771Backer, D. *et al.* Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, v.17, p.
772123-134, 1998.
- 773Barrena, R.; Sánchez, M. Neophobia, personal consumer values and novel food acceptance.
774*Food Quality and Preference*, v. 27, n. 1, p. 72-84, jan. 2013.
775<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.06.007>.
- 776Barroso, F. G. *et al.* The potential of various insect species for use as food for fish.
777*Aquaculture*, dez. 2013. p. 422-423 e 193-201. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.12.02.
- 778Barrozo, A. C., Silva, M. F., & Oliveira, J. R. (2022). Utilization of agricultural residues for
779the sustainable production of *Zophobas atratus* larvae: implications for circular economy.
780*Journal of Insect Science*, 22(4), 12.
- 781BRASIL. Ministério da Saúde/ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
782Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019, complementar a RDC nº 331.
783Estabelece padrões microbiológicos para alimentos prontos para oferta ao consumidor. *Diário*
784*Oficial da União*. Seção 1, Brasília, DF, p. 133, 26 Dez 2019.
- 785BRASIL. Ministério da Saúde/ANVISA. Resolução Rdc Nº 487, de 26 de Março de 2021.
786Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os
787princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de
788conformidade. *Diário Oficial Da União*.
- 789Broekhoven, S. van. Quality and safety aspects of mealworms as human food (2015), p. 178.
790Tese: (Doutorado), Wageningen University, p.178, 2015.
- 791Dragojlović, D. *et al.* Comparison of nutritional profiles of super worm (*Zophobas morio*) and
792yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as alternative feeds used in animal husbandry: is super
793worm superior? *Animals*, v. 12, maio. 2022. <https://doi.org/10.3390/ani12101277>.

794Ebenebe, C.I. *et al.* Survey of edible insect consumption in south-eastern Nigeria. *Journal of*
795*Insects as Food and Feed*, v. 3, n. 4, p. 241-252, 2017. DOI:10.3920/JIFF2017.0002.

796

797Fernqvist, F.; Ekelund, L. Credence and the effect on consumer liking of food – A review.
798*Food Quality and Preference*, v.32, p.340-353, mar. 2014. DOI:10.1016/j.foodqual.2013.10.

799Finke, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as
800food for insectivores. *Zoo Biology*, v.21, p. 269–285, 2002. DOI: 10.1002/zoo.10031..

801Finke, M. D. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, v. 26, p. 105–115 Abril.
8022007. DOI 10.1002/zoo.20123.

803Finke, M. D. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder
804insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*, v. 34, p. 554–564 set. 2015. DOI:
80510.1002/zoo.21246.

806

807Fursov, V. N.; Cherney, L. S. *Zophobas atratus* (Fabricius, 1775) - New genus and species of
808darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) for the fauna of Ukraine. *Ukraine Entomology*
809*Journal*. v. 1, p. 10–24, 2018.]

810Grabowski, N.T.; KLEIN, G. Microbiology of cooked and dried edible Mediterranean field
811crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*) submitted to four different
812heating treatments. *Food Science and Technology International*, v.0, n.0, p. 1-7, maio. 2016.
813DOI: 10.1177/1082013216652994.

814Govorushko, Sergey. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in*
815*Food Science & Technology*, 2019, v. 91, p. 436-445.

816Harsányi, E. *et al.* Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *zophobas morio*,
817*tenebrio molitor*, and *acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements. *Insects*, v. 11,
818n. 604, Set. 2020. DOI:10.3390/insects11090604.

819Heylmann, A. T. Propriedades nutricionais de insetos comestíveis e suas aplicações em
820produtos de panificação: uma revisão. 2024. 65p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de
821Curso em Engenharia de Alimentos) - Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade
822Federal do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2024.

823Hill, D. S. Pests: Class Insecta. Pests of stored foodstuffs and their control. p. 180-315.
8242003.

825Holt, V. M. Why not eat insects? *FoodReference.com*, Food Articles, News & Features
826Section, 1885. Disponível em: <http://www.foodreference.com/html/artinsects0.html>. Acesso
827em: 19 mai. 2022.

828KIM, T. *et al.* Public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of*
829*Animal Resources*, Wanju, Korea, v. 39, n. 4, p. 521-540, aug. 2019.

830Kulma, M. *et al.* Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A
831case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. *Journal of Food Composition and*
832*Analysis*, v. 92, jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103570>.

- 833Latney, La'Toya V. *et al.* Effects of various diets on the calcium and phosphorus composition
834of mealworms (*Tenebrio molitor* larvae) and superworms (*Zophobas morio* larvae). *American*
835*Journal of Veterinary Research*, v. 78, n. 2, p. 178–185. 2017. DOI:10.2460/ajvr.78.2.178.
- 836Mertens, E., Mertens, T., & Schlüter, O. (2019). Effects of drying and storage on the techno-
837functional properties of edible insect protein powders. *Innovative Food Science & Emerging*
838*Technologies*, 54, 73-82.
- 839Matandirotya, N. R. *et al.* Edible insects consumption in africa towards environmental health
840and sustainable food systems: a bibliometric study. *International Journal of Environmental*
841*Research and Public Health*, v. 19, p. 14823, nov. 2022.
842<https://doi.org/10.3390/ijerph192214823>.
- 843Menozzi, D. *et al.* Eating novel foods: An application of the theory of planned behaviour to
844predict the consumption of an insect-based product. *Food Quality And Preference*, v. 59, p.
84527-34, 2017. DOI:10.1016/j.foodqual.2017.02.001.
- 846Meyer-rochow, V. B.; Changkija, S. Uses of insects as human food in Papua New Guinea,
847Australia, and North-East India: Cross-cultural considerations and cautious conclusions.
848*Ecology of Food and Nutrition*, v. 36, p. 159-185, 2010.
- 849Müller, A., *et al.* (2020). Combined drying technologies for insect-based foods: A case study
850with *Tenebrio molitor* larvae. *Food Research International*, 132, 109053.
- 851Mozhui, L. *et al.* traditional knowledge of the utilization of edible insects in Nagaland,
852North-East India. *Foods, Nagaland*, v. 9, n. 7, p. 852, jun. 2020. DOI:10.3390/foods9070852.
- 853Mutungi, C. *et al.* Postharvest processes of edible insects in africa: a review of processing
854methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Critical*
855*Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 59, p. 276-298, 2017.
856DOI:10.1080/10408398.2017.1365330.
- 857Narzari,S; Sarmah, J. Nutritional aspects of an aquatic edible insect *Sympetrum* sp.
858(*Odonata:Libellulidae*) of Assam, v. 2, p. 38-42, July 2017. Bodoland University, Kokrajhar,
859Assam, India.
- 860Nepa– Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela Brasileira de Composição de
861Alimentos – TACO. Campinas: NEPA, 2011. 164 p.
- 862Oonincx, D. G. A. B., & De Boer, I. J. M. (2012). Environmental impact of the production of
863mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PLOS ONE*, 7(12),
864e51145.
- 865Oonincx, D.; Dierenfeld, E. An investigation into the chemical composition of alternative
866invertebrate prey. *Zoo Biology*, v. 3, n. 1, p. 40-54, 2012.
- 867
- 868Oonincx, D.; FINKE, M.D. Nutritional value of insects and ways to manipulate their
869composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, v.7, n. 5, p. 639-659, 2021.

870

871Payne, C.L.R. et al. Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed
872meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and
873undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, p. 1-7, set. 2015.

874

875Payne, C. L. R.; ITTERBEECK, J. V. Ecosystem services from edible insects in agricultural
876systems: a review. *Insects*, v.8, p. 24, fev. 2017. DOI:10.3390/insects8010024.

877Perez, R. Os pequenos insetos têm grande impacto! UE autoriza a utilização de insetos como
878alimento. Health and Food Safety, European Commission, 1049 Bruxelles/Brussel
879Belgium.

880Pires, C. V. *et al.* Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes
881protéicas. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, Campinas, v. 26, n.1, p. 179-187, jan./mar. 2006.

882

883Quennedey, A.; ARIBI, N.; EVERAERTS, C.; DELBECQUE, J. P. Postembryonic
884development of *Zophobas atratus* Fab. (Coleoptera: Tenebrionidae) under crowded or isolated
885conditions and effects of juvenile hormone analogue applications. *Journal of Insect*
886*Physiology*. v. 41, p. 143–152, 1995.

887

888Ramos-Elorduy J. Insects: a sustainable source of food? *Ecology of Food and Nutrition*, v 36,
889p 247–276, 1997.

890

891Ramos-Elorduy J.; MENZEL, P. *Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible*
892*Insects*. 1.ed. Rochester: Inner Traditions Bear and Company, 1998. 160 p.

893

894Raheem, D. *et al* Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation
895aspects, *Journal Pre-proof*, p.21, 9 set 2019, DOI:
896<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108672>

897

898Reis, D. R. *Gestão da inovação tecnológica*. 2. ed. Barueri: Manole, 2008. 206 p.

899

900Richards, C.I.; Athanassiou, C. G. The superworm, *Zophobas morio*
901(Coleoptera:Tenebrionidae): A 'sleeping giant' in nutrient sources. *Journal of Insect Science*,
902v 13, p 1-11, 2021. DOI: 10.1093/jisesa/ieab014.

903Roffes, F. M., Perez, M. E., & Crandell, K. (2022). Nutritional and functional applications of
904edible insect flours in food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 185

905Rumpold, B. A., & Schlüter, O. (2012). Potential and challenges of insects as an innovative
906source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*,
90717, 1–11.

908Rumpold, B. A., & Schlüter, O. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible
909insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823.

910Ramos-Elorduy, J. *Anthropo-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability*.
911*Entomological Research*, v. 39, p. 271–288 , 2009.

- 912Santos, J. C. Avaliação do potencial nutricional e funcional de insetos comestíveis: uma
913alternativa inovadora para o setor de alimentos. 2020. 70 p. Tese (Mestrado em Ciência de
914Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de
915Farmácia da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2020.
- 916Schluter, O. et al. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects.
917Molecular Nutrition & Food Research, v. 61, n. 6, 2017. DOI 10.1002/mnfr.201600520.
- 918Selestino, S. M.C. Princípios de Secagem de Alimentos. In: CELESTINO, S. M. C.
919Documentos 276. Planaltina: Editora Embrapa, 2010.
- 920Spang, B. Insects as food: Assessing the food conversion efficiency of the mealworm
921(*Tenebrio molitor*). Dissertação. (Mestrado em Estudos Ambientais). The Evergreen State
922College, Olympia, USA, 2013.
- 923Spiegel. V.D. M.; Noordam, M. Y.; Van Der Fels-klerX, H. J. Safety of novel protein sources
924(Insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their
925application in food and feed production. Compr Rev Food Sci Food Saf 12(6):662–678, 2013.
- 926Stull. V. J. Impacts of insect consumption on human health. Journal of Insects as Food and
927Feed, v. 7, n.5, p. 695-713, 2021. DOI 10.3920/JIFF2020.0115.
- 928Tinoco, F. A., Oliveira, D. C., & Silva, J. P. (2021). Effect of drying methods on the
929nutritional and functional properties of edible insects. Journal of Insect Science, 21(6), 18.
- 930UNIÃO EUROPEIA (EU). Regulation 2015/2283 on novel foods. Briefing paper on the
931provisions relevant to the commercialization of insect-based products intended for human
932consumption in the EU. Brussels: International Platform of Insects for Food and Feed, aug
9332019, v.2
- 934Yhoun-Aree, J. *et al.* Edible insects in Thailand: An unconventional protein source? Ecology
935of Food and Nutrition, v. 36, n. 2-4, p. 133-149, 199. DOI:10.1080/03670244.1997.9991511.
- 936Yi, L. C. *et al.* Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species.
937Food Chemistry, v. 141, p. 3341–3348, 2013.
- 938Van Broekhoven, S. Quality and safety aspects of mealworms as human food. (2015).
939Dissertação (Doutorado em Ecologia do Produto e Conservação de Recursos). Wageningen
940University, Wageningen, NL. p. 178, 2015. ISBN 978-94-6257-571-4.
- 941Van Huis, A., *et al.* (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO
942Forestry Paper, 171.
- 943Van Huis, A. *et al.* Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and
944agriculture organization of the United Nations, 2013.
- 945Van Huis, A. Edible insects are the future? Proceedings of the Nutrition Society, Nottingham,
946v. 75, p. 294-305, fev. 2016. Conference on ‘The future of animal products in the human diet:
947health and environmental concerns’, 2016, Droeendaalsesteeg 1, Wageningen, The
948Netherlands. DOI:10.1017/S0029665116000069.
- 949Van Huis, A.; OONINCX, D. G. A. B. The environmental sustainability of insects as food
950and feed. A review. Agronomy for Sustainable Development, v.37, n.43, set. 2017. DOI
95110.1007/s13593-017-0452-8.

952 Van Huis, A. Insects as human food. In: ALVES, R. R. N.; ALBUQUERQUE, U. P.
953 Ethnozoology: Animals in our lives. Wageningen: 2018. p. 195-213. DOI:10.1016/B978-0-
95412-809913-1.00011-9.

955 VAN Huis, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. Journal
956 of Insects as Food and Feed, v. 6, n. 1, p. 27-44, 2020.

957 Verdouw, M., *et al.* (2020). Consumer perceptions of insect-based ingredients in familiar
958 foods: A sensory analysis perspective. Food Quality and Preference, 86, 104012.

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

9894 MATERIAL E MÉTODO

990

991Elaboração das amostras

992 Larvas de *Zophobas atratus* (120 dias; $0,90 \pm 0,12$ g), alimentadas com farelo de trigo
993 como ração, foram adquiridas de um produtor local (Salvador-BA). Para esvaziamento do
994 trato gastrointestinal, as larvas permaneceram 24 horas sem alimentação, e posteriormente
995 foram separadas em lotes de mesma massa, lavadas com água destilada e abatidas por
996 congelamento (-80°C). Após o abate, foram submetidas ao processo de branqueamento a 100
997 $^{\circ}\text{C}$ por 1 minuto, seguida por imersão em água gelada pelo mesmo período para reduzir a
998 carga microbiana (Borremans et al., 2020). Posteriormente, foram processadas por secagem
999 em estufa e liofilização.

1000 Para secagem em estufa, as amostras foram previamente pesadas e desidratadas em
1001 estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/I) a $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Para a
1002 liofilização, as amostras foram pesadas e previamente congeladas em ultrafreezer (-80°C ; 24
1003 h), para posterior liofilização (Liofilizador L101, Liotop) por 72 h. Em seguida, para a
1004 obtenção das farinhas, as amostras foram trituradas em multiprocessador doméstico (Walita
1005 Power Shop 600w, R17630 de 20.000 r/min), por 5 minutos a 1.600 rpm (Selaledi;
1006 Mabelebele, 2021). Posteriormente as amostras foram fracionadas em sacos plásticos e
1007 congeladas em ultrafreezer a -80°C até a realização das análises.

1008

1009Análises físico-químicas

1010 A distribuição de tamanho de partícula das farinhas obtidas pelos diferentes métodos
1011 de secagem foi realizada por granulometria em agitador eletromagnético (MBL, AGMAGB
1012 220V), que consiste em seis malhas com aberturas de diferentes diâmetros (0,425, 0,6, 0,85,
1013 1,4 1,7 mm). Em todas as determinações, 100 g de farinha foram submetida a agitação com
1014 70% de vibração por 15 minutos, em seguida a 90% por mais 15 minutos. A quantidade de
1015 amostra retida em cada malha foi pesada e a retenção calculada em porcentagem.

1016 A umidade foi determinada em balança de infravermelho, (Bel Engineering Termo
1017 G163L). A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl usando fator de
1018 conversão de 4,76 para evitar a superestimação do conteúdo proteico em insetos (AOAC,
1019 2016; Janssen et al., 2017). Lipídios foram determinados pelo método de extração a quente
1020 (Soxhlet) (AOAC, 2016). Cinzas foram analisadas por incineração em forno mufla (Fornitec
1021 2011) a 550°C , e o teor de fibras por extração ácida e alcalina (AOAC, 2016). Carboidratos
1022 foram quantificados pelo método de diferença entre 100 e a soma dos percentuais de umidade,

1023proteína, lipídios, fibras e cinzas. O valor energético foi obtido pela soma das calorias
1024correspondentes para lipídios, proteínas e carboidratos, considerando 4 kcal por grama para
1025carboidratos e proteínas e 9kcal para lipídios (Buchholz & Schoeller, 2004). A atividade de
1026água (A_w) foi determinada por meio do analisador de bancada calibrado (Labmaster – a_w
1027neo/Novasina), o pH com potenciômetro digital calibrado (Five Easy Plus, Mettler Toledo), e
1028a acidez titulável foi calculada por concentração dos íons de hidrogênio livres (AOAC, 2016).
1029

1030Parâmetros de cor

1031 Para determinar a cor das farinhas, foi utilizado um colorímetro de bancada Konica
1032Micolta (CR5, Tóquio, Japão) em modo de transmitância, calibrado para branco a 100%,
1033utilizando o iluminante D65 e o sistema de leitura CIELAB, obtendo valores de L^*
1034(luminosidade), a^* (intensidade da cor verde a vermelho), b^* (intensidade da cor azul a
1035amarela) e o índice croma (C^*). Foi avaliado também o valor de ΔE , que expressa a diferença
1036de cor L^* , a^* , e b^* .

1037

1038Perfil de aminoácidos e qualidade proteica

1039 A determinação por cromatografia líquida de alta eficiência do perfil de aminoácidos
1040nas amostras de farinhas, seguiu a metodologia proposta por Machado et al. (2020). Hidrólise
1041alcalina (KOH 4M) foi realizada para determinar o teor de triptofano e hidrólise ácida (HCl
10426M - 110°C/22 horas) foi utilizada para a determinação dos aminoácidos remanescentes.
1043Norvalina (2mg/mL) foi utilizada como padrão interno. Os perfis de aminoácidos livres e
1044totais foram analisados em um sistema integrado (Jasco-Tóquio, Japão) que consiste em uma
1045interface de hardware LC-NetII/ADC, bomba binária (Jasco PU-980), amostrador automático
1046(Jasco AS-4150 RHPLC autosampler), detector de comprimento de onda múltiplo (Jasco MD-
10472015 Plus), detector de fluorescência (Jasco FP-2020 Plus) e forno (Modelo 7981, Hengood,
1048Reino Unido). Um procedimento de derivatização automática pré-coluna (Henderson et al.,
10492000) combinando dois reagentes de derivatização (o-phthaldialdehyde [OPA]/3-
1050mercaptopropionic acid [MPA] e 9-fluorenylmethyl chloroformate [FMOC]) foi utilizado no
1051amostrador. A separação dos aminoácidos foi realizada em uma coluna ZORBAX Eclipse
1052Plus C18 (4,6 × 250 mm, 5 μ m), mantida a 40 °C. O sistema de gradiente de solvente
1053consistia em (A) tampão fosfato/borato (10 mM Na_2HPO_4 :10 mM $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ (pH = 8,2):5 mM
1054 NaN_3) e (B) MeOH:ACN: H_2O (45:45:10, v/v/v), como segue: 0,85' min, 2% B; 33,4', 57%
1055B; 33,5 min 85% B; 39,3', 85% B; 39,4', 2% B; 40,0', 2% B (taxa de fluxo: 1,5 ml/min). A
1056detecção de fluorescência foi monitorada em λ excitação = 340 nm / λ emissão = 450 nm (de

10570,0 a 26,2 min) para derivados de OPA e em λ excitação = 266 nm / λ emissão = 305 nm (de 105826,2 a 40,0 min) para derivados de FMOC. Simultaneamente, os derivados de OPA foram 1059 monitorados a 338 nm e os derivados de FMOC a 262 nm.

1060 A avaliação da qualidade da proteína foi feita através dos cálculos do índice de 1061 aminoácidos essenciais (EAAI) (YI et al., 2013) e escore de aminoácidos (AAS) (Kowalski et 1062 al., 2022). O EAAI (Equação 1) é um índice único para cada alimento que se baseia no 1063 conteúdo de todos os aminoácidos essenciais comparados com o seu respectivo escore 1064 recomendado pela FAO/OMS (2013) para crianças maiores de 3 anos, adolescentes e adultos. 1065 O AAS (Equação 2) é a taxa (%) de adequação de cada aminoácido essencial na proteína 1066 estudada em relação ao escore padrão referência também preconizado pela FAO/OMS (2013). 1067

1068 Equação 1:

$$1069 \quad EAA = \sqrt[9]{\frac{(mg \text{ lisina em } 1g \text{ de proteína teste})}{(mg \text{ de lisina em } 1g \text{ de proteína referência})} \times (etc ** \text{ para os demais aminoácidos essenciais})}$$

1070

$$1071 \text{ Equação 2: } AAS (\%) = \frac{(mg \text{ de aminoácido em } 1g \text{ de proteína teste})}{(mg \text{ de aminoácido em } 1g \text{ de proteína referência})} \times 100$$

1072

1073 *Valor obtido através da pontuação de aminoácido recomendada FAO/OMS (2013) para calcular a qualidade de 1074 uma proteína a ser consumida por crianças maiores de 3 anos, adolescentes e adultos.

1075 **Repetição do cálculo até completar a fórmula com todos os aminoácidos essenciais.

1076

1077 Metais e não metais

1078 A determinação de metais e não metais nas farinhas foi realizada por espectrometria 1079 de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES; Agilent Technologies, 720 1080 series, EUA). Foram determinados os teores de cobre, sódio, manganês, magnésio, selênio, 1081 ferro, cálcio, zinco, potássio, fósforo, cobalto, arsênio, cádmio e níquel. As curvas analíticas 1082 para cada elemento foram lineares em toda a faixa de trabalho e cobriram as concentrações da 1083 amostra. A precisão do método foi estabelecida pela análise de material de referência e folhas 1084 de macieira certificadas (NIST 1515) nas mesmas condições de análise das amostras.

1085

1086

1087

1088

1089 Perfil de ácidos graxos

1090 O perfil qualiquantitativo dos ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa,
 1091 segundo a metodologia proposta por Souza et al. (2017). Uma alíquota dos lipídios totais
 1092 extraído a frio (Bligh & Dyer, 1959), foi submetida à reação de saponificação com NaOH em
 1093 metanol (0,5N), seguida de metilação com BF₃ (12% em metanol) e extração com isooctano.
 1094 A separação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo a gás
 1095 (Perkin Elmer Clarus 680) equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar DB
 1096 – FAST FAME (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O Hélio foi utilizado como gás de arraste com
 1097 fluxo de 1,0 mL/min⁻¹ e as injeções foram realizadas no modo split (1:50) com volume de 1,0
 1098 µL. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção
 1099 dos picos das amostras com o tempo de retenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos do
 1100 padrão mix (189-19, Sigma, EUA) e a quantificação por normalização de áreas. Ácidos
 1101 graxos saturados totais (SFA), ácidos graxos monoinsaturados totais (MUFA) e ácidos graxos
 1102 poliinsaturados totais (PUFA) foram calculadas com base no perfil de ácidos graxos. O índice
 1103 de aterogenicidade (IA), índice de trombogenicidade (IT) e índice hipocolesterolêmico
 1104 (h)/hipercolesterolêmico (H) foram calculados conforme as Equações 3 e 4 (Khaldari &
 1105 Ghiasi, 2022; Ulbricht & Southgate, 1991; Yi et al., 2013).

1106

1107 Equação 3
$$IA = \frac{(C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0)}{(\Sigma MUFA + \Sigma PUFA_{n-6} + \Sigma PUFA_{n-3})}$$

1108

1109 Equação 4
$$IT = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{0,5 * \Sigma MUFA + 0,5 * \Sigma PUFA_{n-6} + 3 * \Sigma PUFA_{n-3} + \frac{PUFA_{n-8}}{PUFA_{n-6}}}$$

1110

1111 Equação 5
$$\frac{h}{H} = \frac{(C18:1n-9cis + C18:2n-6 + C18:3n-3 + C20:4n-6 + C20:5n3 + C22:6n-3)}{(C14:0 + C16:0)}$$

1112

1113 Análises microbiológicas

1114 Para análise microbiológica, foram avaliados os microrganismos: *Bacillus cereus*,
 1115 *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp., bactérias
 1116 aeróbias mesófilas, coliformes termotolerantes a 35° C e 45° C e bolores e leveduras. As
 1117 análises seguiram a metodologia descrita no Compendium of Methods for the Microbiological
 1118 Examination of Foods da American Public Health Association (APHA, 2001) e para o
 1119 *Bacillus cereus* foi utilizado a norma ABNT NBR ISO 7932:2016, conforme proposto por
 1120 Schulten et al. (2000). Os resultados foram comparados de acordo com os padrões

microbiológicos estabelecidos através da Resolução RDC nº 161/2022 da ANVISA (ANVISA, 2022) e pela Portaria nº 724/2022 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2022), que estabelecem os padrões microbiológicos para produtos alimentícios.

1124

1125 Propriedades tecno-funcionais

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado de acordo com OKEZIE & BELLO (1988). Uma suspensão foi preparada em tubo de centrífuga previamente tarado, pela mistura de 0,5 g de farinha e 25 mL de água destilada, que posteriormente foi agitado em vórtex (Heidolph, Reax top) por 5 minutos e centrifugado (Hettich-Rotina 380R) a 4.400 rpm por 20 minutos. O líquido sobrenadante foi coletado e o material remanescente (farinha úmida) pesado. O líquido sobrenadante coletado foi utilizado para a determinação da solubilidade em água (SA) das farinhas (OKEZIE & BELLO, 1988). O líquido foi acondicionado em placa de petri previamente tarada e submetido à secagem em estufa (Quimis Q314M222) com circulação de ar (105 °C), até peso constante.

Para a determinação da capacidade de absorção de óleo (CAO) a metodologia usada foi a mesma do IAA, com substituição da água por óleo de soja comercial. O índice de absorção de água (IAA), capacidade de absorção de óleo (CAO) e solubilidade em água (SA) foram calculados conforme as Equações 6, 7 e 8.

1139

Equação 6:
$$IAA = \frac{\text{água absorvida pela amostra (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$$

Equação 7:
$$CAO = \frac{\text{óleo absorvido pela amostra (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$$

Equação 8:
$$SA = \frac{\text{resíduo de evaporação (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$$

1143

1144 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média e desvio padrão. As médias obtidas para as farinhas das larvas de *Zophobas atratus* secas por estufa e liofilização foram comparadas pelo teste T de Student com significância estatística de 5% utilizando o software Statistic 8.0.

1149

11505 RESULTADOS

Como resultado da presente dissertação foi produzido um (1) artigo científico.

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

11815.1

1182 *Potencial nutricional de produtos à base de insetos comestíveis: efeito do processamento*

1183 *térmico na obtenção de farinha de larvas de Zophobas atratus*

1184 **Potencial nutricional de produtos à base de insetos comestíveis: efeito do**
 1185 **processamento térmico na obtenção de farinha de larvas de *Zophobas***
 1186 ***atratus***

Periódico a ser submetido (1ª submissão): LWT, ISSN 0023-6438.

Maior percentil (Scopus): <https://www.scopus.com/sourceid/20744>

Periódico a ser submetido (2ª submissão): Foods, ISSN 2304-8158

Maior percentil (Scopus): <https://www.scopus.com/sourceid/21100898636>

1187

1188 **RESUMO**

1189 Os insetos comestíveis são considerados novas fontes de ingredientes alimentares sustentáveis
 1190 e de menor custo. No entanto, despertam repulsa e nojo, mas quando processados, a aceitação
 1191 sensorial é maior. Dentre algumas espécies, as larvas de *Zophobas atratus* são reconhecidas
 1192 pela qualidade nutricional e alta produtividade. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a
 1193 influência de diferentes métodos de secagem (estufa e liofilização) na elaboração de farinhas
 1194 de larvas de *Zophobas atratus*, bem como realizar a sua caracterização físico-química,
 1195 microbiológica e tecno-funcional. As farinhas obtidas por liofilização (AML) e estufa (AME)
 1196 apresentaram altos teores de proteínas (46,19 – 43,37%) e lipídios (29,82 – 23,69%),
 1197 respectivamente. Os parâmetros de cor L*, a* e b* foram influenciados pelo método de
 1198 secagem. Os aminoácidos essenciais em maiores concentrações foram leucina, lisina, valina e
 1199 isoleucina. Para ambas as farinhas, potássio e fósforo foram os minerais majoritários,
 1200 evidenciando que podem ser utilizadas para a suplementação de produtos. Os métodos de
 1201 secagem utilizados não afetaram o perfil de ácidos graxos, que apresentou percentuais
 1202 superiores para o somatório dos ácidos graxos insaturados (AME 55,83% – AML 55,84%). A
 1203 análise microbiológica indicou que houve ausência de bactérias patogênicas, porém maiores
 1204 contagem indicadoras foram observadas na AML. Para as propriedades tecno-funcionais, o
 1205 índice de absorção de água e capacidade de absorção de óleo foram similares entre as
 1206 amostras, mas com diferenças na solubilidade em água. Assim, as farinhas obtidas apresentam
 1207 potencialidade para a fortificação de novos alimentos, principalmente devido à sua qualidade
 1208 proteica e lipídica, independentemente do método de secagem.

1209

1210 **Palavras-chave:** Novos ingredientes, entomofagia, estufa, liofilização, valor nutricional.

1211

1212INTRODUÇÃO

1213 A produção mundial de alimentos possui grande impacto ambiental nas emissões de
1214gases de efeito estufa (GEE) e no uso de água e terra, sendo que aproximadamente 30% das
1215emissões antropogênicas de GEE advém da indústria alimentícia (González-García et al.,
12162018). Em paralelo, o consumo de carnes tem aumentado de forma significativa nas últimas
1217décadas, com registros de uma taxa global de crescimento anual composta de 1,6% entre 2007
1218e 2022 (Pinto et al., 2022).

1219 É de conhecimento que a produção e o fornecimento de proteína animal obtida por
1220métodos convencionais podem não ser suficientes para alimentar a crescente população, que
1221deve atingir 9,7 bilhões de pessoas em 2050 (United Nations, 2015a). Em adição,
1222considerando os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (United Nations,
12232015b), isto representa uma necessidade de aumentar a oferta de proteína de fonte sustentável
1224e gerar alternativas para atender às demandas da sociedade (Dicke, 2018).

1225 Os insetos estão incluídos na dieta regular de aproximadamente 2 bilhões de pessoas,
1226com cerca de 2.000 espécies comestíveis. Com o crescimento da população humana e
1227exigências nutricionais se tornando uma preocupação crescente, a entomofagia tem sido
1228proposta como uma fonte sustentável de alimentos (FAO, 2013).

1229 Do ponto de vista nutricional, os insetos comestíveis são excelentes fontes de
1230proteínas, ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais. No entanto, variações na
1231composição nutricional dependem da espécie, estágio de desenvolvimento, tipo de
1232alimentação e processamento para consumo (Yan, Laurent, Federighi, et al., 2023). O teor
1233proteico das espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas atratus* pode variar entre 34,20 e 48,60%
1234em base seca, próximo aos dos animais da pecuária tradicional, a exemplo do lombo bovino
1235(49,75%) (Lee et al., 2021; van Broekhoven et al., 2015). Além disso, o teor de gordura
1236desses animais se encontra entre 18,90 e 48,50% em matéria seca, com riqueza em ácidos
1237palmítico, oleico e linoleico (Van Broekhoven et al., 2015).

1238 Os insetos comestíveis podem ser consumidos de diferentes formas (cru, cozido,
1239assado, frito, salteado etc.) e em diferentes estágios de desenvolvimento (ovos, larvas, pupas,
1240adultos etc.). Infelizmente, grande parte da população mundial ainda possui rejeição quanto ao
1241seu consumo na forma *in natura*/integral, principalmente no ocidente (Yan, Laurent,
1242Federighi, et al., 2023). Sendo assim, o uso desses animais em formas processadas para o
1243desenvolvimento de produtos/ingredientes alimentícios, representa um potencial para inserção
1244gradual na dieta do público mais resistente. Resultados satisfatórios através da fortificação de
1245produtos alimentícios com insetos processados têm sido verificados nos últimos anos.

Exemplos incluem o desenvolvimento de biscoito e sorvete acrescidos da farinha de *Tenebrio molitor* (Xie et al., 2022; Zielińska et al., 2023), pães com farinha de *Acheta domesticus* (Bartkiene et al., 2023; Cappelli et al., 2020) e biscoitos fortificados com farinha de *Rhynchophorus phoenicis* (Ayensu et al., 2019).

Farinhas de insetos podem ser elaboradas a partir de diferentes espécies e em diferentes estágios de vida. No entanto, para o seu desenvolvimento, o processo de secagem torna-se imprescindível, pois trata-se de uma tecnologia aplicada em alimentos com o objetivo de aumentar o seu armazenamento através da redução da umidade (Grabowski & Klein, 2017). O processo é capaz de reduzir a atividade de água e, portanto, controlar reações de degradação química, enzimática ou causadas por microrganismos deteriorantes. Existem diferentes métodos de secagem de alimentos, que incluem os tradicionais (secagem ao sol ou em forno) e os mais modernos (liofilização, secagem assistida por micro-ondas) (Melgar-Lalanne et al., 2019). Porém, os diferentes métodos podem resultar em diferentes impactos nas condições físico-químicas do produto obtido (Selaledi & Mabelebele, 2021).

Alguns estudos têm avaliado a influência do método de secagem na qualidade nutricional de insetos inteiros da espécie *Tenebrio molitor* e de sua farinha (Selaledi & Mabelebele, 2021; Yan, Laurent, Federighi, et al., 2023). Selaledi e Mabelebele (2021) verificaram eficiência semelhante entre o método de secagem em forno e freeze-drying. As larvas secas resultaram em fontes ricas de proteína (entre 51,45 e 51,51% em base seca). Yan et al. (2023) também discorrem sobre a riqueza nutricional das larvas de *Tenebrio molitor*, onde suas farinhas apresentam teor proteico entre 55,62% e 70,04%, além de lipídios entre 16,84% e 28,21% (base seca). O *Tenebrio molitor* trata-se de uma espécie da ordem Coleoptera, família Tenebrionidae, que vem sendo extensivamente estudada do ponto de vista nutricional e de aplicabilidade como alimentação para humanos e animais (Tavares et al., 2022; Yang et al., 2020).

O *Zophobas atratus*, inseto da mesma família do *Tenebrio molitor*, é originado da América do Sul e Central, apresenta grande valor nutricional, boa digestibilidade e alta taxa de conversão alimentar. Em comparação ao *Tenebrio molitor*, depende de isolamento para o início da metamorfose, mas atinge tamanhos e peso superiores (Kim et al., 2015). Larvas de *Zophobas atratus* podem chegar a 0,750g após 90 dias de criação, enquanto o *Tenebrio molitor* alcança menos da metade deste valor (Harsányi et al., 2020). Em adição, o *Zophobas atratus* possui capacidade de se adaptar em diferentes sistemas de produção e diferentes dietas, o que, por sua vez, possibilita uma criação sustentável (Nascimento et al., 2022). Além disso, trata-se de uma espécie menos explorada que o *Tenebrio molitor* e, portanto, estudos

acerca do seu processamento precisam ser desenvolvidos de forma a esclarecer questões, tais como a influência do método de secagem nas suas características físico-químicas (Tavares et al., 2022; Yan, Laurent, Federighi, et al., 2023; Yan, Laurent, Hue, et al., 2023). Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes métodos de secagem (estufa e liofilização) na elaboração de farinhas de larvas de *Zophobas atratus*, bem como realizar a sua caracterização físico-química, microbiológica e tecno-funcional.

1286

1287 MATERIAL E MÉTODOS

1288 *Elaboração das amostras*

1289 Larvas de *Zophobas atratus* (120 dias; $0,90 \pm 0,12$ g), alimentadas com farelo de trigo
1290 como ração, foram adquiridas de um produtor local (Salvador-BA). Para esvaziamento do
1291 trato gastrointestinal, as larvas permaneceram 24 horas sem alimentação, e posteriormente
1292 foram separadas em lotes de mesma massa, lavadas com água destilada e abatidas por
1293 congelamento (-80°C). Após o abate, foram submetidas ao processo de branqueamento a 100°C
1294 por 1 minuto, seguida por imersão em água gelada pelo mesmo período para reduzir a
1295 carga microbiana (Borremans et al., 2020). Posteriormente, foram processadas por secagem
1296 em estufa e liofilização.

1297 Para secagem em estufa, as amostras foram previamente pesadas e desidratadas em
1298 estufa com circulação de ar forçada (Tecnal, TE-394/l) a $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Para a
1299 liofilização, as amostras foram pesadas e previamente congeladas em ultrafreezer (-80°C ; 24
1300 h), para posterior liofilização (Liofilizador L101, Liotop) por 72 h. Em seguida, para a
1301 obtenção das farinhas, as amostras foram trituradas em multiprocessador doméstico (Walita
1302 Power Shop 600w, R17630 de 20.000 r/min), por 5 minutos a 1.600 rpm (Selaledi;
1303 Mabelebele, 2021). Posteriormente as amostras foram fracionadas em sacos plásticos e
1304 congeladas em ultrafreezer a -80°C até a realização das análises.

1305

1306 *Análises físico-químicas*

1307 A distribuição de tamanho de partícula das farinhas obtidas pelos diferentes métodos
1308 de secagem foi realizada por granulometria em agitador eletromagnético (MBL, AGMAGB
1309 220V), que consiste em seis malhas com aberturas de diferentes diâmetros (0,425, 0,6, 0,85,
1310 1,1, 1,4, 1,7 mm). Em todas as determinações, 100 g de farinha foram submetida a agitação com
1311 70% de vibração por 15 minutos, em seguida a 90% por mais 15 minutos. A quantidade de
1312 amostra retida em cada malha foi pesada e a retenção calculada em porcentagem.

A umidade foi determinada em balança de infravermelho, (Bel Engineering Termo G163L). A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl usando fator de conversão de 4,76 para evitar a superestimação do conteúdo proteico em insetos (AOAC, 2016; Janssen et al., 2017). Lipídios foram determinados pelo método de extração a quente (Soxhlet) (AOAC, 2016). Cinzas foram analisadas por incineração em forno mufla (Fornitec 2011) a 550°C, e o teor de fibras por extração ácida e alcalina (AOAC, 2016). Carboidratos foram quantificados pelo método de diferença entre 100 e a soma dos percentuais de umidade, proteína, lipídios, fibras e cinzas. O valor energético foi obtido pela soma das calorias correspondentes para lipídios, proteínas e carboidratos, considerando 4 kcal por grama para carboidratos e proteínas e 9kcal para lipídios (Buchholz & Schoeller, 2004). A atividade de água (Aw) foi determinada por meio do analisador de bancada calibrado (Labmaster – aw neo/Novasina), o pH com potenciômetro digital calibrado (Five Easy Plus, Mettler Toledo), e a acidez titulável foi calculada por concentração dos íons de hidrogênio livres (AOAC, 2016).

1326

1327 ***Parâmetros de cor***

Para determinar a cor das farinhas, foi utilizado um colorímetro de bancada Konica Micolta (CR5, Tóquio, Japão) em modo de transmitância, calibrado para branco a 100%, utilizando o iluminante D65 e o sistema de leitura CIELAB, obtendo valores de L* (luminosidade), a* (intensidade da cor verde a vermelho), b* (intensidade da cor azul a amarela) e o índice croma (C*). Foi avaliado também o valor de ΔE , que expressa a diferença de cor L*, a*, e b*.

1334

1335 ***Perfil de aminoácidos e qualidade proteica***

A determinação por cromatografia líquida de alta eficiência do perfil de aminoácidos nas amostras de farinhas, seguiu a metodologia proposta por Machado et al. (2020). Hidrólise alcalina (KOH 4M) foi realizada para determinar o teor de triptofano e hidrólise ácida (HCl 6M - 110°C/22 horas) foi utilizada para a determinação dos aminoácidos remanescentes. Norvalina (2mg/mL) foi utilizada como padrão interno. Os perfis de aminoácidos livres e totais foram analisados em um sistema integrado (Jasco-Tóquio, Japão) que consiste em uma interface de hardware LC-NetII/ADC, bomba binária (Jasco PU-980), amostrador automático (Jasco AS-4150 RHPLC autosampler), detector de comprimento de onda múltiplo (Jasco MD-2015 Plus), detector de fluorescência (Jasco FP-2020 Plus) e forno (Modelo 7981, Hengood, Reino Unido). Um procedimento de derivatização automática pré-coluna (Henderson et al., 2000) combinando dois reagentes de derivatização (o-phthaldialdehyde [OPA]/3-

mercaptopropionic acid [MPA] e 9-fluorenylmethyl chloroformate [FMOC]) foi utilizado no amostrador. A separação dos aminoácidos foi realizada em uma coluna ZORBAX Eclipse Plus C18 (4,6 × 250 mm, 5 µm), mantida a 40 °C. O sistema de gradiente de solvente consistia em (A) tampão fosfato/borato (10 mM Na₂HPO₄:10 mM Na₂B₂O₇ (pH = 8,2):5 mM NaN₃) e (B) MeOH:ACN: H₂O (45:45:10, v/v/v), como segue: 0,85' min, 2% B; 33,4', 57% B; 33,5 min 85% B; 39,3', 85% B; 39,4', 2% B; 40,0', 2% B (taxa de fluxo: 1,5 ml/min). A detecção de fluorescência foi monitorada em λ excitação = 340 nm / λ emissão = 450 nm (de 40,0 a 26,2 min) para derivados de OPA e em λ excitação = 266 nm / λ emissão = 305 nm (de 26,2 a 40,0 min) para derivados de FMOC. Simultaneamente, os derivados de OPA foram monitorados a 338 nm e os derivados de FMOC a 262 nm.

A avaliação da qualidade da proteína foi feita através dos cálculos do índice de aminoácidos essenciais (EAAI) (YI et al., 2013) e escore de aminoácidos (AAS) (Kowalski et al., 2022). O EAAI (Equação 1) é um índice único para cada alimento que se baseia no conteúdo de todos os aminoácidos essenciais comparados com o seu respectivo escore recomendado pela FAO/OMS (2013) para crianças maiores de 3 anos, adolescentes e adultos. O AAS (Equação 2) é a taxa (%) de adequação de cada aminoácido essencial na proteína estudada em relação ao escore padrão referência também preconizado pela FAO/OMS (2013).

1364

1365Equação 1:

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{(mg \text{ lisina em } 1g \text{ de proteína teste})}{(mg \text{ de lisina em } 1g \text{ de proteína referência})} \times (etc ** \text{ para os demais aminoácidos essenciais})}$$

1367

$$Equação 2: AAS (\%) = \frac{(mg \text{ de aminoácido em } 1g \text{ de proteína teste})}{(mg \text{ de aminoácido em } 1g \text{ de proteína referência})} \times 100$$

1369

*Valor obtido através da pontuação de aminoácido recomendada FAO/OMS (2013) para calcular a qualidade de uma proteína a ser consumida por crianças maiores de 3 anos, adolescentes e adultos.

**Repetição do cálculo até completar a fórmula com todos os aminoácidos essenciais.

1373

1374Metais e não metais

A determinação de metais e não metais nas farinhas foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES; Agilent Technologies, 720 series, EUA). Foram determinados os teores de cobre, sódio, manganês, magnésio, selênio, ferro, cálcio, zinco, potássio, fósforo, cobalto, arsênio, cádmio e níquel. As curvas analíticas

para cada elemento foram lineares em toda a faixa de trabalho e cobriram as concentrações da amostra. A precisão do método foi estabelecida pela análise de material de referência e folhas de macieira certificadas (NIST 1515) nas mesmas condições de análise das amostras.

1382

1383 **Perfil de ácidos graxos**

O perfil qualitativo dos ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa, segundo a metodologia proposta por Souza et al. (2017). Uma alíquota dos lipídios totais extraído a frio (Bligh & Dyer, 1959), foi submetida à reação de saponificação com NaOH em metanol (0,5N), seguida de metilação com BF₃ (12% em metanol) e extração com isooctano. A separação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo a gás (Perkin Elmer Clarus 680) equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar DB-FAST FAME (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min⁻¹ e as injeções foram realizadas no modo split (1:50) com volume de 1,0 µL. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com o tempo de retenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos do padrão mix (189-19, Sigma, EUA) e a quantificação por normalização de áreas. Ácidos graxos saturados totais (SFA), ácidos graxos monoinsaturados totais (MUFA) e ácidos graxos poliinsaturados totais (PUFA) foram calculadas com base no perfil de ácidos graxos. O índice de aterogenicidade (IA), índice de trombogenicidade (IT) e índice hipocolesterolêmico (h)/hipercolesterolêmico (H) foram calculados conforme as Equações 3 e 4 (Khaldari & Ghiasi, 2022; Ulbricht & Southgate, 1991; Yi et al., 2013).

1400

1401 Equação 3
$$IA = \frac{(C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0)}{(\Sigma MUFA + \Sigma PUFA_{n-6} + \Sigma PUFA_{n-3})}$$

1402

1403 Equação 4
$$IT = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{0,5 * \Sigma MUFA + 0,5 * \Sigma PUFA_{n-6} + 3 * \Sigma PUFA_{n-3} + \frac{PUFA_{n-8}}{PUFA_{n-6}}}$$

1404

1405 Equação 5
$$\frac{h}{H} = \frac{(C18:1n-9cis + C18:2n-6 + C18:3n-3 + C20:4n-6 + C20:5n3 + C22:6n-3)}{(C14:0 + C16:0)}$$

1406

1407 **Análises microbiológicas**

Para análise microbiológica, foram avaliados os microrganismos: *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp., bactérias aeróbias mesófilas, coliformes termotolerantes a 35° C e 45° C e bolores e leveduras. As

análises seguiram a metodologia descrita no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods da American Public Health Association (APHA, 2001) e para o *Bacillus cereus* foi utilizado a norma ABNT NBR ISO 7932:2016, conforme proposto por Schulten et al. (2000). Os resultados foram comparados de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos através da Resolução RDC nº 161/2022 da ANVISA (ANVISA, 2022) e pela Portaria nº 724/2022 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2022), que estabelecem os padrões microbiológicos para produtos alimentícios.

1418

1419 **Propriedades tecno-funcionais**

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado de acordo com OKEZIE & BELLO (1988). Uma suspensão foi preparada em tubo de centrífuga previamente tarado, pela mistura de 0,5 g de farinha e 25 mL de água destilada, que posteriormente foi agitado em vórtex (Heidolph, Reax top) por 5 minutos e centrifugado (Hettich-Rotina 380R) a 4.400 rpm por 20 minutos. O líquido sobrenadante foi coletado e o material remanescente (farinha úmida) pesado. O líquido sobrenadante coletado foi utilizado para a determinação da solubilidade em água (SA) das farinhas (OKEZIE & BELLO, 1988). O líquido foi acondicionado em placa de petri previamente tarada e submetido à secagem em estufa (Quimis Q314M222) com circulação de ar (105 °C), até peso constante.

Para a determinação da capacidade de absorção de óleo (CAO) a metodologia usada foi a mesma do IAA, com substituição da água por óleo de soja comercial. O índice de absorção de água (IAA), capacidade de absorção de óleo (CAO) e solubilidade em água (SA) foram calculados conforme as Equações 6, 7 e 8.

1433

1434 Equação 6: $IAA = \frac{\text{água absorvida pela amostra (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$

1435 Equação 7: $CAO = \frac{\text{óleo absorvido pela amostra (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$

1436 Equação 8: $SA = \frac{\text{resíduo de evaporação (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$

1437 **Análise Estatística**

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média e desvio padrão. As médias obtidas para as farinhas das larvas de *Zophobas atratus* secas por estufa e liofilização foram comparadas pelo teste T de Student com significância estatística de 15% utilizando o software Statistic 8.0.

1442

1443 RESULTADOS E DISCUSSÃO

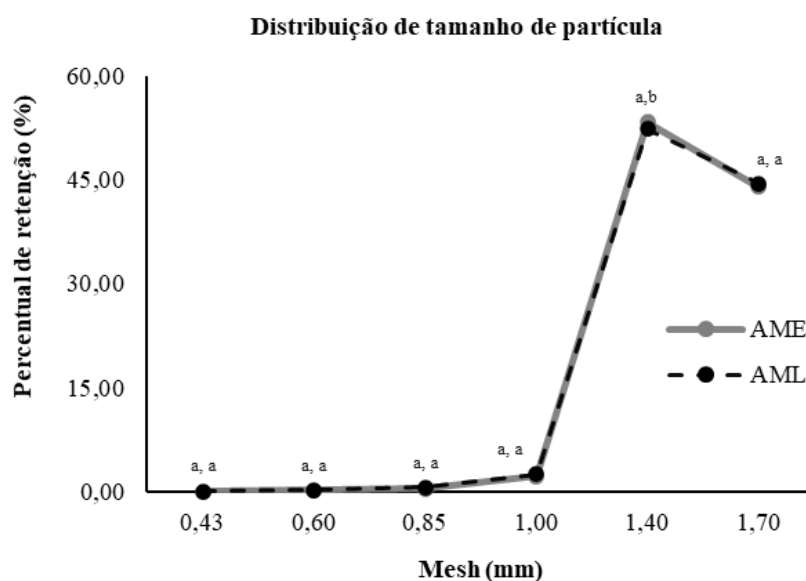
1444 Análises físico-químicas

1445 Após os processos de secagem, o rendimento das farinhas foi de 60,60% para a seca
1446 em estufa (AME) e 61,14% para a liofilizada (AML). Os valores foram semelhantes entre si,
1447 porém inferiores aos relatados por Bußler et al. (2016) para a farinha de *Tenebrio molitor*
1448 (96%) e farinha de *Heremtia illucens* (82%), o que pode ser explicado pelo valor de umidade
1449 inicial de cada espécie. Para a distribuição de tamanho de partícula, ambas as amostras
1450 apresentaram mais de 90% de retenção nas malhas de 1,4 mm e 1,7 mm (Figura 1), sugerindo
1451 farinhas granulosas e particuladas. A maior presença de partículas grandes pode ser atribuída
1452 à elevada concentração lipídica das amostras, que promove aglomeração e empacotamento de
1453 partículas menores, dificultando a obtenção de uma textura mais fina (Purschke, Brüggem, et
1454 al., 2018). Mugova et al (2021), ao analisarem o tamanho de partículas em farinha de grilo
1455 seca em estufa e seca ao sol, encontraram rendimentos de 47% e 45%, respectivamente e
1456 afirmam que o tamanho de partícula afeta as propriedades funcionais das farinhas, que por sua
1457 vez, tem influência considerável na aplicação em produtos alimentícios.

1458

1459 **Figura 1.** Distribuição de tamanho de partícula das farinhas de larvas de *Zophobas atratus*
1460 obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML). Letras diferentes indicam
1461 diferença estatística pelo teste T Student ($p < 0,05$).

1462



1463

1464

1465 No caso de farinhas com alto teor de lipídios, a redução de partículas pode ser limitada
1466 pela formação de grânulos aderentes e compactos, uma vez que os lipídios promovem coesão

entre as partículas menores, impactando diretamente a textura, reologia e estabilidade dos produtos finais (Purschke, Radtke, et al., 2018). Uma alternativa para superar as limitações relacionadas ao tamanho de partícula em farinhas de insetos é o desengorduramento prévio. A redução do teor lipídico minimiza a pegajosidade, facilitando a moagem e resultando em farinhas mais finas e homogêneas (Monisha & Loganathan, 2022). Nesse estudo, o objetivo foi avaliar a farinha integral, sem adição de outras etapas de processamento que geralmente são realizadas por meio da utilização de solventes orgânicos (desengorduramento).

Os resultados das demais análises físico-químicas para as farinhas de *Zophobas atratus* produzidas por diferentes métodos de secagem são apresentados na Tabela 1.

1476

Tabela 1. Análises físico-químicas das farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Parâmetros ¹	Amostras		p valor
	AME	AML	
Umidade* (%)	7,30 ± 0,16	4,53 ± 0,37	0,000
Proteína (%)	43,37 ± 0,29	46,19 ± 0,31	0,000
Lipídeos (%)	23,69 ± 0,51	29,82 ± 0,57	0,000
Carboidrato (%)	27,37 ± 0,35	18,40 ± 0,37	0,000
Cinzas (%)	2,93 ± 0,01	2,89 ± 0,00	0,000
Fibras (%)	2,64 ± 0,09	2,70 ± 0,11	0,500
Energia (Kcal)	496,17 ± 2,56	526,74 ± 2,56	0,000
A _w	0,16 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,000
pH	6,70 ± 0,05	6,59 ± 0,03	0,020
Acidez	5,30 ± 0,30	6,13 ± 0,15	0,010

1479

1480

1481

¹ Base seca; *Base úmida; A_w – atividade de água. Os valores foram expressos como média aritmética e desvio-padrão (n=3).

A farinha seca em estufa apresentou teor de umidade (7,30%) superior à liofilizada (4,53%) ($p < 0,05$). Devido à relação entre área superficial e volume, os materiais liofilizados tendem a ser mais secos em comparação aos que utilizam métodos convencionais, no entanto, tendem a reidratar mais rapidamente (Ward & Matejtschuk, 2021). Os resultados foram próximos aos relatado para farinhas de *Zophobas morio* obtida por liofilização (3,83%) (Zielińska, 2022) e de *Tenebrio molitor* obtida por secagem convencional em forno de rack (5,62%) (Vlahova-Vangelova et al., 2024). Valores baixos de umidade em farinhas de insetos representam vantagem, pois favorecem a qualidade e a vida de prateleira do produto

1490(Cortazar-Moya et al., 2023). Atualmente, não existe regulamentação técnica para farinha de
1491insetos, mas os valores encontrados nesse trabalho atendem à especificação de não mais que
149215,5% de umidade em farinha de trigo, conforme fornecido pelo Codex Alimentarius (Codex,
14931985).

1494 Os tratamentos de secagem afetaram significativamente a atividade de água (A_w) das
1495farinhas, sendo que o valor da amostra seca em estufa foi quatro vezes superior (0,16) em
1496comparação à liofilizada (0,04). No entanto, ambos os valores foram abaixo de 0,60,
1497referenciado como limite para atividade de água em produtos desidratados, pois reduz a
1498possibilidade de desenvolvimento microbiano e das reações que podem gerar deterioração,
1499como oxidação lipídica e escurecimento enzimático (Tapía et al., 2020).

1500 Proteínas e lipídios foram os nutrientes majoritários nas amostras. Os valores para as
1501farinhas foram próximos, mas significativamente maior na farinha liofilizada (46,19% e
150229,82%), do que na seca em estufa (43,37% e 23,69%), respectivamente. Kröncke et al.
1503(2019) ao avaliarem o efeito de diferentes métodos de secagem (secagem em forno rack,
1504secagem a vácuo e liofilização) na composição química de larvas de *Tenebrio molitor* (mesma
1505família do *Zophobas atratus*), também observaram diferenças significativas no conteúdo
1506desses macronutrientes. Os autores afirmam que perdas de lipídios durante a secagem em
1507forno, pode influenciar nos valores. Outro aspecto a ser avaliado é a granulometria, que pode
1508ter influenciado na homogeneidade das amostras.

1509 Nascimento et al. (2022) relataram valores de proteínas na faixa de 39,58 a
151042,60g/100g e lipídios de 40,50 a 45,58 g/100g para larvas de *Zophobas atratus* liofilizada.
1511Os valores de proteínas foram similares, mas lipídios foram superiores aos encontrados nesse
1512estudo. Assim como outros nutrientes, os teores de lipídios podem variar de acordo com a
1513alimentação ofertada aos insetos, estado de hidratação e estágio de crescimento. No geral, os
1514teores de proteínas e lipídios nas farinhas de insetos foram condizentes com fontes
1515tradicionais como carne bovina, ovos e soja (FAO, 2013).

1516 Tecnicamente, o conteúdo proteico em farinhas é mais importante, pois é
1517responsável pelas propriedades funcionais. Contudo, as propriedades funcionais também
1518podem estar associadas a outros constituintes das farinhas, como os lipídios. Os lipídios
1519podem interagir com aminoácidos hidrofóbicos alterando as propriedades, como capacidade
1520de retenção de óleo e propriedades emulsificantes (Bußler et al., 2016). González et al. (2019)
1521constataram que a adição de 5% de farinha de *Ancheta domestica* (grilo) em pães, resultou em
1522maior teor de proteínas e fibra alimentar, proporcionando pães com características
1523tecnológicas semelhantes aos pães de trigo, porém com melhor valor nutricional.

1524 Devido aos menores teores de proteínas e lipídios, a farinha AME apresentou maior
1525 ($p < 0,05$) teor de carboidrato (27,37%) em comparação com a amostra AML (18,40%). Para
1526 fibra, os resultados foram de 2,64% (AME) e 2,70% (AML) ($p > 0,05$). As fibras estão
1527 presentes, sobretudo, na forma de quitina no exoesqueleto dos insetos, e seu conteúdo pode
1528 ser diretamente influenciado pela dieta ofertada (Nascimento et al., 2022). Em humanos,
1529 dietas com maior teor de fibras estão associadas à redução de doenças cardiovasculares,
1530 índice glicêmico e obesidade (Satija & Hu, 2012). Quanto ao valor calórico, a AME
1531 apresentou 496,17 Kcal e a AML 526,74 Kcal. Valores semelhantes foram relatados para
1532 farinhas de *Zophobas atratus* (585Kcal) e *Tenebrio molitor* (518,57) (Wu et al., 2020;
1533 Zielińska, 2022). Os autores afirmam que o alto valor energético das farinhas de insetos é
1534 proveniente principalmente das proteínas e lipídios, como os insetos comestíveis são ricos
1535 nessas macromoléculas, eles têm um alto conteúdo energético.

1536 Os teores de cinzas nas farinhas (2,93% para a AME e 2,89% para a AML) foram
1537 condizentes aos relatados para farinha de *Zophobas morio* obtida por liofilização (2,32%) e
1538 inferiores para larvas e farinha de *Tenebrio molitor* (4,30 e 4,25%, respectivamente) utilizadas
1539 no desenvolvimento de produtos alimentícios (González et al., 2019; Wu et al., 2020).
1540 Nascimento et al. (2022), ao analisarem larvas de *Zophobas atratus* alimentadas com resíduo
1541 de uva, determinaram valores de cinzas, em base seca, variando de 3,0 a 3,9%, e afirmaram
1542 que as variações estão diretamente relacionadas a composição da dieta.

1543 O pH das farinhas variou de 6,70% (AME) a 6,59% (AML), sendo considerado
1544 levemente ácido. O pH ácido é benéfico ao produto final, favorecendo o aumento da vida de
1545 prateleira, uma vez que, promove um ambiente desfavorável para o desenvolvimento de
1546 microrganismos (Demodaran, Srinivasan; Parkin, 2018). Lucas-González et al. (2019)
1547 relataram resultados semelhantes para a farinha de *Acheta domesticus* (6,31–6,48). O pH das
1548 farinhas de insetos fornece informações essenciais, pois determina em que tipo de matriz
1549 alimentar podem ser adicionadas sem afetar o seu comportamento tecnológico. Assim,
1550 potenciais ingredientes alimentares com valores de pH próximos da neutralidade, como os
1551 obtidos neste estudo, serão mais adequados para aplicação em matrizes alimentares neutras,
1552 como substitutos de carne e produtos de panificação (Vanqa et al., 2022).

1553 A acidez titulável da AME foi de 5,30 %, enquanto a AML foi 6,13 %. Como as
1554 farinhas de insetos podem ser incorporadas em produtos de panificação, a acidez total
1555 titulável é um indicador de atividade microbiana, já que microrganismos produtores de ácido
1556 podem se desenvolver em massas úmidas (Biró et al., 2020).

Apesar de diferenças significativas, resultados próximos foram encontrados nos parâmetros avaliados para a composição nutricional das farinhas de larvas de *Zophobas atratus* produzidas pelos dois métodos de secagem. Os resultados apontam que as farinhas apresentam potencial para incorporação em diferentes produtos alimentícios, a exemplo, os panificáveis, pois demonstraram qualidade nutricional, principalmente devido ao conteúdo proteico que pode auxiliar de maneira positiva nas propriedades tecnológicas desses produtos.

Parâmetros de cor

O resultado da análise colorimétrica das amostras AME e AML estão apresentados na Tabela 2.

A luminosidade (L^*) da farinha AML (50,58) foi superior a AME (37,95), o que pode ser devido a temperatura utilizada durante a secagem na estufa, que favorece a formação de produtos coloridos da reação de Maillard, provavelmente responsáveis pela menor luminosidade (Kröncke et al., 2019). Em farinhas de *Tenebrio molitor*, a luminosidade também foi superior na amostra liofilizada (47,53), em comparação com a seca em forno rack (36,93) (Kröncke et al., 2019).

1573

Tabela 2. Parâmetros de cor das coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* e h_{ab}^0 , para as farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Parâmetros	Amostras		p valor
	AME	AML	
L^*	37,95 $\pm$ 0,01	50,58 $\pm$ 0,01	0,000
a^*	3,66 $\pm$ 0,01	3,79 $\pm$ 0,00	0,000
b^*	6,26 $\pm$ 0,01	13,12 $\pm$ 0,01	0,000
C^*	7,25 $\pm$ 0,01	13,65 $\pm$ 0,01	0,000
h^*	59,73 $\pm$ 0,01	73,88 $\pm$ 0,01	0,000

1576

Os valores foram expressos como média aritmética, desvio-padrão (n=3).

Os tons de vermelho, indicados por (a^*) foram de 3,66 para a AME e 3,79 para a AML ($p < 0,05$). Já os tons de amarelo (b^*) foram maiores para a AML (13,12) do que AME (6,26) ($p < 0,05$). O espaço de cor $L^*C^*h_{ab}^0$ resultou em um ΔC^* de 13,66 para a AML com cor mais saturada em relação a AME de 7,25 e com maior predominância do branco. O valor de ΔE foi mais luminoso para a AML e mais próximos do amarelo. Para a AML, o valor de ΔE indica que a amostra é mais luminosa e está mais próxima do amarelo, o que pode ser de interesse do ponto de vista sensorial, ao obter uma farinha mais clara, devido a menor

1584 formação de melanoidinas, resultantes da Reação de Maillard (Demodaran, Srinivasan;
1585 Parkin, 2018). Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* foram influenciados pelo método de
1586 secagem. A reação de Maillard favoreceu o escurecimento da farinha seca em estufa, mesmo
1587 em baixa temperatura (55 °C), sendo suficiente para prosseguir lentamente com a reação, que
1588 foi intensificada pela presença de altos teores de proteínas. Bußler et al. (2016), afirmaram
1589 que a formação da cor se deve a reações não enzimáticas de escurecimento e são dependentes
1590 da concentração proteica. Resultados próximos foram encontrados por Selaledi e Mabelebele
1591 (2021) ao avaliarem parâmetros de cor em amostras de farinhas de *Tenebrio molitor* secas em
1592 forno e liofilizadas, e que o valor de L^* das amostras liofilizadas foi maior ($p < 0,05$) em
1593 comparação com a amostra seca em forno, reafirmando que o desenvolvimento da cor pode
1594 ser devido à reação de Maillard, caramelização e degradação de fosfolípidos.

1595

1596 **Perfil de aminoácidos e qualidade proteica**

1597 A Tabela 3 descreve o perfil de aminoácidos das farinhas de *Zophobas atratus* secas
1598 em estufa e liofilizador. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativa entre
1599 amostras. Fombong et al. (2017) verificaram resultado semelhante, onde a concentração de
1600 aminoácidos em amostras de insetos *Ruspolia differens* liofilizados ou secos em forno não
1601 modificou.

1602 Para os aminoácidos não-essenciais, ambas as farinhas apresentaram maiores teores
1603 para ácido glutâmico, seguido de alanina e ácido aspártico. Os aminoácidos essenciais
1604 presentes em maiores concentrações em ambas as farinhas foram leucina, lisina, valina e
1605 isoleucina. Destes, três são considerados aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs)
1606 (leucina, isoleucina e valina) (Teepoo et al., 2023). Esses aminoácidos têm sido amplamente
1607 estudados por serem capazes de atuar no metabolismo humano e conferir certos benefícios,
1608 tais como modulação da microbiota intestinal, estimulação da secreção de insulina,
1609 adipogênese e melhora da resposta imunológica (Siddik & Shin, 2019).

1610

1611 **Tabela 3.** Perfil de aminoácidos das farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por
1612 secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Aminoácidos (mg/g de proteína)	Amostras		
	AME	AML	P
Ácido Aspártico	83,78 ± 3,97	83,88 ± 3,52	0,974
Ácido Glutâmico	129,71 ± 6,44	130,83 ± 5,40	0,829
Serina	47,96 ± 2,26	47,67 ± 1,88	0,871

Histidina	36,08 ± 1,74	36,00 ± 1,67	0,955
Glicina	47,27 ± 2,52	46,23 ± 1,82	0,595
Treonina	44,23 ± 1,61	44,38 ± 1,50	0,909
Arginina	76,14 ± 3,66	76,83 ± 3,03	0,814
Alanina	93,04 ± 4,46	90,73 ± 3,84	0,534
Tirosina	76,49 ± 3,57	76,20 ± 2,88	0,917
Valina	61,07 ± 2,76	60,24 ± 1,85	0,686
Metionina	12,43 ± 0,58	12,68 ± 0,56	0,627
Triptofano	10,70 ± 0,38	10,62 ± 0,35	0,802
Fenilalanina	37,00 ± 2,06	36,54 ± 1,27	0,757
Isoleucina	47,03 ± 2,69	46,81 ± 2,05	0,915
Leucina	72,98 ± 3,63	72,92 ± 2,74	0,980
Lisina	66,18 ± 2,15	69,90 ± 2,15	0,102
Hidroxiprolina	1,01 ± 0,02	1,02 ± 0,03	0,717
Prolina	56,79 ± 2,46	56,44 ± 2,62	0,873
ΣEAA	387,77 ± 17,65	390,13 ± 13,47	0,862
ΣNEAA	612,23 ± 29,39	609,87 ± 25,06	0,920
ΣAA	1000,00 ± 47,05	1000,00 ± 38,54	1,000
EAAI	1,62 ± 0,04	1,62 ± 0,05	0,905
E/NE	0,63 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,068

1613 ΣEAA: Somatório de aminoácidos essenciais; ΣNEAA: Somatório de aminoácidos não essenciais;
 1614 ΣAA: Somatório total de aminoácidos; EAAI: Índice de Aminoácidos Essenciais; E/NE: Razão entre
 1615 aminoácidos essenciais e não essenciais.
 1616

1617 A metionina e o triptofano foram os aminoácidos essenciais com menor concentração
 1618 nas farinhas. Resultados semelhantes foram descritos por Rumpold & Schlüter (2013), onde a
 1619 proteína da larva de *Zophobas atratus* apresentou níveis elevados de ácido glutâmico (122,8
 1620 mg/g) e alanina (72,6 mg/g), e menores de triptofano (9,1 mg/g). A razão entre aminoácidos
 1621 essenciais / não essenciais foi de 0,63 para a amostra AME e de 0,64 para a amostra AML,
 1622 abaixo dos valores verificados para fontes tradicionais de proteína, como peito de frango
 1623 (0,98) e o músculo *Longissimus dorsi* suíno ($\cong$ 0,91) (Li et al., 2022; Tang et al., 2021),
 1624 porém, acima dos valores encontrados para soja (0,49 (Vasconcelos et al., 2006)), feijão *Vicia*
 1625 *faba* (0,56 (Matilla et al., 2018)) e de insetos secos comercializados na Tailândia como,
 1626 *Patanga succincta* (0,49) e *Acheta domesticus* (0,53) (Köhler et al., 2019); e dentro do
 1627 requisito mínimo de 0,60 proposto pela *Energy and Protein Requirements* (FAO/WHO, 1973)
 1628 para fontes proteicas. Em adição, 38,77% e 39,01% dos aminoácidos das farinhas AME e
 1629 AML são essenciais e estão próximos ao valor mínimo descrito pela FAO/OMS (1973), de
 1630 40%. Resultados similares foram verificados para carne de porco (47,66%) (Li et al., 2022) e

1631para insetos prontos para consumo vendidos na Tailândia, *Holotrichia* sp. (36,68%) e *Bombyx*
1632*mori* (entre 42,64% e 43,94%) (Köhler et al., 2019).

1633 O EAAI é um indicador utilizado como comparativo geral entre todos os aminoácidos
1634essenciais em uma proteína alvo e aqueles na proteína de referência pela *Dietary Protein*
1635*Quality Evaluation in Human Nutrition* (Expert Consultation, 2013). Uma proteína com valor
1636de EAAI acima de 1,00 é considerada como de alta qualidade, o que ocorreu para as farinhas
1637estudadas. Além disso, os resultados encontrados são semelhantes aos verificados por Yi et al.
1638(2013), para a farinha da larva liofilizada de *Zophobas atratus* (1,66) e maiores que outras
1639fontes proteicas, como a carne *in natura* do camarão *Penaeus japonicus* (1,11) (Liu et al.,
16402021) e da microalga *Spirulina platensis* (1,05) (Terriente-Palacios & Castellari, 2022).

1641 Considerando os padrões de adequação dos teores de aminoácidos essenciais em
1642relação às necessidades de adolescentes e adultos apresentado pela *Dietary Protein Quality*
1643*Evaluation in Human Nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation* (2013) (Tabela 4),
1644ressalta-se que ambas as amostras cumprem mais de 100% da recomendação mínima para
1645alimentos quanto aos escores de aminoácidos analisados. Esses dados demonstram que a
1646ingestão das farinhas de *Zophobas atratus* obtidas por ambos os métodos de secagem é capaz
1647de fornecer todos os aminoácidos essenciais, sem necessidade de complementação da dieta
1648com outras fontes proteicas. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, ao
1649estudarem a proteína de *Zophobas atratus* (Yi et al., 2013) e *Tenebrio molitor* (Kowalski et
1650al., 2022). Assim, pode-se destacar que, as farinhas de *Zophobas atratus* obtidas pelos
1651processos de liofilização e secagem em estufa apresentam alta qualidade proteica, inclusive,
1652comparáveis com fontes tradicionais, tal como a caseína do leite, cujo perfil de aminoácidos
1653essenciais também é completo e é frequentemente utilizado como referência para avaliar a
1654qualidade de outras proteínas (Yi et al., 2013).

1655 Roncolini et al. (2019) elaboraram pães com concentrações diferentes de farinha de
1656*Tenebrio molitor*. O estudo verificou aumento considerável de aminoácidos essenciais no pão
1657preparado com 10% de farinha do inseto, destacando que tirosina, metionina, isoleucina e
1658leucina exibiram aumentos de 68%, 60%, 53% e 46%, respectivamente, em comparação com
1659o produto controle. Isto fortalece a possibilidade de substituição parcial de farinha de trigo
1660pela farinha de inseto, como forma de enriquecer o perfil de aminoácidos essenciais em
1661produtos convencionalmente consumidos pela população.

1662

1663

Tabela 4. Escore de aminoácidos (AAS) das proteínas presentes nas farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

1666

Aminoácidos	AAS (%)		p valor
	AME	AML	
Histidina	225,54 ± 10,93	225,02 ± 10,48	0,955
Treonina	176,92 ± 6,44	177,54 ± 6,01	0,909
Valina	152,69 ± 6,91	150,60 ± 1,03	0,686
Triptofano	162,24 ± 5,84	161,02 ± 5,34	0,802
Isoleucina	156,79 ± 8,97	156,06 ± 6,85	0,915
Leucina	119,65 ± 5,96	119,54 ± 4,49	0,980
Lisina	137,89 ± 4,48	145,64 ± 4,49	0,102
AAA*	302,94 ± 14,70	300,90 ± 11,00	0,856

1667

Resultados apresentados sob forma de percentual de adequação de aminoácidos em relação a recomendação para adolescentes e adultos, de acordo com a FAO (2013).

1668

*Aminoácidos aromáticos.

1669

1670

1671 *Metais e não metais*

1672

A Tabela 5 apresenta os metais e não metais encontrados nas farinhas de *Zophobas atratus* desenvolvidas no presente estudo. Dentre os macrominerais, os mais abundantes em ambas as farinhas e em maior concentração na amostra liofilizada ($p < 0,05$) foram potássio (465,20 mg/100g na AME e 480,70 mg/100g na AML), fósforo (236,00 mg/100g na AME e 299,50 mg/100g na AML), sódio (120,00 mg/100g na AME e 128,60 mg/100g na AML) e magnésio (86,20 mg/100g na AME e 91,90 mg/100g na AML). Já para os microminerais, as farinhas apresentaram altos valores de zinco (7,77 mg/100g na AME e 7,60 mg/100g na AML), ferro (3,00 mg/100g na AME e 3,47 mg/100g na AML), cobre (0,82 mg/100g na AME e 0,87 mg/100g na AML) e manganês (1,42 mg/100g na AME e 6,36 mg/100g na AML), onde, com exceção do zinco, foram maiores na amostra liofilizada. Os mesmos minerais foram relatados por Nascimento et al. (2022), ao avaliarem larvas de *Zophobas atratus* alimentadas com resíduo agroindustrial de uva. Estes autores verificaram, no entanto, quantidades diferentes para sódio, potássio e manganês, o que pode indicar que o tipo de dieta utilizada exerce influência direta no quantitativo de minerais nesses animais.

1686

1687

Tabela 5. Composição de metais e não-metais em farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Minerais (mg/100g)	Amostra		
	AME	AML	p valor
Fósforo (P)	236,00 ± 0,10	299,50 ± 0,10	0,000
Potássio (K)	465,20 ± 0,10	480,70 ± 0,10	0,000
Cálcio (Ca)	18,50 ± 0,10	20,20 ± 0,10	0,000
Magnésio (Mg)	86,20 ± 0,10	91,90 ± 0,10	0,000
Sódio (Na)	120,00 ± 0,10	128,60 ± 0,10	0,000
Alumínio (Al)	30,50 ± 0,10	20,10 ± 0,10	0,000
Cobre (Cu)	0,82 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,003
Ferro (Fe)	3,00 ± 0,10	3,47 ± 0,01	0,001
Zinco (Zn)	7,77 ± 0,01	7,60 ± 0,10	0,042
Manganês (Mn)	1,42 ± 0,01	6,36 ± 0,01	0,000

1690

1691 Kosečková et al. (2022) avaliaram o perfil mineral em farinhas de *Acheta domesticus*
 1692 (grilo) e identificaram riqueza mineral semelhante ao presente estudo, porém, com destaque
 1693 para concentrações superiores de cálcio (176-254 mg/100g) e zinco (25,40-26,30 mg/100g).
 1694 Djouadi et al. (2022) desenvolveram farinha de *Tenebrio molitor* e verificaram maiores teores
 1695 de potássio (917,80 mg/100g), cálcio (55,63 mg/100g), magnésio (238,29 mg/100g), fósforo
 1696 (740,09 mg/100g), cobre (2,00 mg/100g), ferro (19,38 mg/100g) e zinco (14,18 mg/100g).

1697 O perfil de minerais entre as farinhas estudadas no presente estudo é estatisticamente
 1698 diferente, porém, destaca-se que tais diferenças podem ter sido ocasionadas pela presença de
 1699 partículas grandes em ambas as farinhas. O processo de homogeneização e a granulometria
 1700 final podem ser elementos de influência nos resultados para as análises. De acordo com Zhang
 1701 et al. (2023), o processo de homogeneização é elemento de importância na análise de
 1702 alimentos e partículas aglomeradas podem resultar em composição nutricional distinta para
 1703 um mesmo alimento, com ênfase no uso de homogeneizadores de alta velocidade de rotação
 1704 em combinação com a força de cisalhamento de alta intensidade para favorecer a formação de
 1705 partículas mais finas e com melhor distribuição dos nutrientes. Devido ao alto conteúdo de
 1706 lipídios nas farinhas estudadas, o processo de homogeneização foi limitado para evitar a
 1707 obtenção de uma pasta.

1708 Considerando os valores de referência para o consumo diário de minerais (DRI
 1709 Committee, 1997, 2001, 2005) (8mg /dia de ferro; 400 mg/dia de magnésio; 700 mg/dia de

1710fósforo; 2,3 mg/dia de manganês; 11 mg/dia de zinco, considerando um jovem adulto entre 19
1711e 30 anos do sexo masculino); e as regras de rotulagem de alimentos definidas pelo Codex
1712Alimentarius (2007), as farinhas podem ser consideradas como ricas (ou “high”) em ferro
1713(>2,4 mg/100g), fósforo (>210 mg/100g), manganês (>0,69 mg/100g) e zinco (>3,3
1714mg/100g); e fonte (ou “source”) de magnésio (>60 mg/100g). Isto implica em uma elevada
1715riqueza de minerais das farinhas, que podem ser utilizadas como ingredientes para
1716suplementar o aporte destes nutrientes em diferentes produtos.

1717 Djouadi et al. (2022) desenvolveram biscoitos com 6% de farinha de *Tenebrio molitor*
1718em sua formulação e verificaram aumento significativo do teor de potássio (de 203,14
1719mg/100g para 278,17 mg/100g), cálcio (de 20,89 mg/100g para 22,60 mg/100g), magnésio
1720(de 24,29 mg/100g para 43,91 mg/100g), fósforo (de 96,23 mg/100g para 152,14 mg/100g),
1721cobre (de 0,24 mg/100g para 0,35 mg/100g) e zinco (de 0,83 mg/100g para 2,01 mg/100g),
1722quando comparado com os biscoitos controles. Desta forma, fica evidenciado a possibilidade
1723de inserção de farinhas de insetos, inclusive as desenvolvidas nesse estudo, em produtos
1724alimentícios com a finalidade de enriquecimento mineral.

1725

1726**Perfil de ácidos graxos**

1727 A Tabela 6 apresenta o perfil de ácidos graxos das farinhas produzidas a partir das
1728larvas de *Zophobas atratus*. Inicialmente foi possível observar que os métodos de secagem
1729utilizados na produção das farinhas não afetaram o perfil e os percentuais de ácidos graxos
1730dos produtos.

1731 Doze ácidos graxos foram identificados nas farinhas. Os ácidos palmítico (C16:0)
1732(AME – 33,38; AML – 33,13), oleico (C18:1n-9) (AME – 31,79; AML – 31,70) e linoleico
1733(C18:2n-6) (AME - 22,21; AML – 22,27) foram predominantes em ambas as amostras. O
1734perfil de ácidos graxos corrobora com estudos anteriores realizados com a mesma espécie,
1735ainda que os percentuais sejam variados devido à alimentação utilizada e estágio de
1736desenvolvimento (Nascimento et al., 2022; Rumbos & Athanassiou, 2021).

1737 Os insetos comestíveis, de forma geral, são fontes ricas de ácidos graxos poli-
1738insaturados (Kouřimská & Adámková, 2016). As farinhas produzidas neste estudo,
1739independentemente do tipo de processamento, apresentaram para os ácidos graxos essenciais
1740(C18:2n-6 e C18:3n3) teores superiores quando comparados a carne bovina (acém), que
1741possui baixas concentrações de poli-insaturados (0,15g/100g) (Taco, 2011), demonstrando
1742assim, a qualidade nutricional de suas gorduras. Contudo, ácidos graxos poli-insaturados, em
1743especial da família do C18, estão presentes nos insetos em teores relativamente altos

1744(Kouřimská & Adámková, 2016), podendo dessa forma, se tornar um fator limitante na
 1745conservação e processamento dessas farinhas, devido a reações oxidativas (FAO, 2013).
 1746Todavia, uma possibilidade para reduzir esse efeito é o desengorduramento das farinhas e
 1747utilização do óleo e da farinha desengordurada para fins alimentícios.

1748

1749**Tabela 6.** Perfil de Ácidos Graxos e índices de farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas
 1750por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Ácidos Graxos (%)	Amostras		p valor
	AME	AML	
C8:0	0,34 ± 0,03	0,37 ± 0,03	0,270
C10:0	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,641
C12:0	0,11 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,772
C14:0	1,13 ± 0,12	1,10 ± 0,02	0,685
C16:0	33,38 ± 0,15	33,13 ± 0,13	0,101
C16:1	0,46 ± 0,05	0,53 ± 0,02	0,080
C18:0	8,59 ± 0,05	8,91 ± 0,05	0,060
C18:1n9	31,79 ± 0,19	31,70 ± 0,57	0,800
C18:2n6	22,21 ± 0,31	22,27 ± 0,65	0,901
C18:3n3	1,23 ± 0,12	1,22 ± 0,05	0,902
C20:0	0,49 ± 0,05	0,42 ± 0,02	0,092
C20:1	0,12 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,682
n6/n3	18,12 ± 1,77	18,24 ± 1,22	0,931
Σ SFA	44,17 ± 0,21	44,16 ± 0,06	0,947
Σ IFA	55,83 ± 0,21	55,84 ± 0,06	0,945
IA	0,68 ± 0,14	0,67 ± 0,26	0,676
IT	1,38 ± 0,12	1,39 ± 0,17	0,068
h/H	1,60 ± 0,10	1,61 ± 0,10	0,060

1751 Σ SFA: Somatório de ácidos graxos saturados; Σ IFA: Somatório de ácidos graxos
 1752 insaturados; IA: Índice de aterogenicidade; IT: índice de trombogenicidade; h/H: Razão
 1753 entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos.

1754

1755 As farinhas AME e AML apresentaram valores em torno de 18 para a relação n6/n3,
 1756corroborando com os estudos realizados com larvas de *T. molitor* (15,90 e 34,1) (Van
 1757Broekhoven et al., 2015; Zhang et al., 2019). Os valores encontrados para as farinhas deste
 1758estudo são superiores ao recomendado pela OMS, que cita 10 como referência (WHO, 1995).

1759A alta proporção n6/n3 (18,12 para AME e 18,23 para AML) e de ácidos graxos
1760monoinsaturados (32,37% para AME e 32,34% para AML) é uma característica típica das
1761larvas da ordem Coleoptera (Paul et al., 2017), independentemente do tipo de processamento.

1762 Não houve diferença estatística para os valores de IA entre as farinhas, (AME 0,68 e
1763AML 0,69), e os valores foram semelhantes aos obtidos por Mlček et al. (2019) de 0,7 e
1764Barroso et al. (2014) de 0,6, em larvas de *Z. atratus*. O IT das farinhas foi de 1,3, valor
1765igualmente encontrado no estudo de Finke (2002) e Ramos-Bueno et al. (2016) para a mesma
1766espécie de inseto. A razão h/H não foi influenciada pelo método de secagem, e apresentou
1767valores de 1,60 e 1,61 para AME e AML. Para um produto de origem animal ser considerado
1768benéfico, deve ser caracterizado por baixos índices de IA e TI e um alto índice h/H. Em
1769termos de saúde humana, recomenda-se que IA e TI sejam inferiores a 1,0 e 0,5,
1770respectivamente, e superiores a 2–3 na dieta (Khalidari & Ghiasi, 2022). É importante ressaltar
1771que esses índices auxiliam na avaliação nutricional de um alimento e estão relacionados com
1772a incidência de doenças crônicas, podendo exercer efeitos promotores e/ou protetores dessas
1773doenças (Chen & Liu, 2020). Dessa forma, sugere-se que o tipo de secagem utilizado neste
1774estudo gerou índices dentro dos padrões aceitáveis de IT e IA.

1775

1776Análises microbiológicas

1777 Ao comparar os resultados das análises microbiológicas entre a farinha secas em
1778estufa (AME) e em liofilizador (AML), não foram observadas diferenças significativas nos
1779microrganismos analisados, contudo, houve variações nos resultados (Tabela 7).

1780 Para a amostra AME, os resultados indicaram que os microrganismos analisados
1781estavam dentro dos limites de segurança, conforme recomendado pela RDC 724/22 (BRASIL,
17822022) e a IN 161/2022 (ANVISA, 2022), que estabelecem padrões microbiológicos para
1783farinhas de cereais. Não foram observados crescimentos elevados de bactérias aeróbias
1784mesófilas e bolores e leveduras. Além disso, não foram detectadas presenças de
1785microrganismos indicadores, como coliformes a 35°C e coliformes a 45°C e microrganismos
1786patogênicos como *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, Estafilococos
1787coagulase positiva ou *Salmonella sp.* Esses resultados sugerem uma boa qualidade
1788microbiológica farinha AME.

1789

1790

1791

Tabela 7. Avaliação microbiológica das farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Microrganismos	Amostras	
	AME	AML
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	$< 1,0 \times 10^2 \pm 0,00$	$< 1,0 \times 10^2 \pm 0,00$
Bactérias aeróbias mesófilas (UFC/g)	$3,0 \times 10 \pm 3,54$	$1,1 \times 10^7 \pm 0,14$
Bolores e Leveduras (UFC/g)	$0,5 \times 10^2 \pm 0,00$	$1,08 \times 10^4 \pm 1,34$
<i>Clostridium perfringens</i> (UFC/g)	$< 1,0 \times 10 \pm 0,00$	$< 1,0 \times 10 \pm 0,00$
Coliformes a 35°C (NMP)	$0,9 \times 10 \pm 1,84$	$1,1 \times 10^4 \pm 0,00$
Coliformes a 45°C (NMP)	$< 3,0 \pm 0,00$	$< 3,0 \pm 0,00$
<i>Escherichia coli</i> (NMP)	$< 3,0 \pm 0,00$	$< 3,0 \pm 0,00$
Estafilococos coagulase positiva (UFC/g)	$< 1,0 \times 10^2 \pm 0,00$	$< 1,0 \times 10^2 \pm 0,00$
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 25g	Ausência em 25g

1794 UFC/g = Unidade Formadora de colônia por grama; NMP/g = Número Mais Provável por
 1795 grama.
 1796

1797 Por outro lado, a amostra AML, apresentou variações. Foram observadas contagens
 1798maiores para bactérias aeróbias, mesófilas e bolores e leveduras, com contagens acima de 10^4
 1799UFC/g, indicando um crescimento superior desses microrganismos. Além disso, na amostra
 1800AML, foi detectada a presença de coliformes totais, o que pode sugerir uma possível
 1801contaminação por falta de higienização ou na manipulação durante o processo de produção.
 1802No estudo de Belluco et al. (2013), conduzido em larvas vivas de *Zophobas atratus*, a espécie
 1803apresentou valores de 40×10^6 UFC/g para coliformes totais. Contudo, a análise
 1804microbiológica conduzida por Ravzanaadii et al. (2012) em larvas de *Z. atratus*, mostrou que
 1805não houve detecção de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp em larvas secas. A presença de
 1806coliformes totais na amostra AML pode estar relacionada a fatores ambientais durante a
 1807produção ou processamento da farinha e não são necessariamente indicativos de
 1808contaminação fecal. No entanto, é relevante destacar que os demais patógenos analisados,
 1809como *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, Estafilococos coagulase
 1810positiva e *Salmonella* sp., não apresentaram crescimento na amostra AML. Indicando que,
 1811apesar das contagens maiores de bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras, a presença
 1812de patógenos específicos não foi detectada na amostra.

1813 Embora não exista legislação específica para a farinha à base de insetos, é
 1814fundamental garantir a segurança microbiológica dos produtos alimentícios. Nesse sentido, é
 1815importante adotar boas práticas de fabricação, controle de qualidade e higiene durante todo o

processo de produção dessas farinhas, independentemente do método de secagem utilizado. Isso inclui o controle adequado de temperatura, umidade e condições de armazenamento para evitar o crescimento excessivo de microrganismos indesejáveis.

1819

1820 **Propriedades tecno-funcionais**

1821 Para avaliar as propriedades tecnológicas das farinhas desenvolvidas, foram analisados
1822 os parâmetros de índice de absorção de água (IAA), solubilidade em água (SA) e a capacidade
1823 de absorção de óleo (CAO), sendo este último, o único que não obteve diferença significativa
1824 entre as farinhas estudadas.

1825

1826 **Tabela 8.** Propriedades tecno-funcionais das farinhas de larvas de *Zophobas atratus* obtidas
1827 por secagem em estufa (AME) e liofilização (AML).

Parâmetros	Amostras		p
	AME	AML	
IAA (g/g)	2,16 ± 0,08	2,90 ± 0,07	0,00
SA (%)	9,06 ± 0,29	14,4 ± 0,70	0,00
CAO (g/g)	2,48 ± 0,23	2,7 ± 0,20	0,22

1828

IAA: Índice de Absorção de Água; SA: Solubilidade em Água; CAO:

1829

Capacidade de Absorção de Óleo.

1830

1831 O índice de absorção de água (IAA) foi maior para AML (2,90 g/g), podendo ter sido
1832 afetado pelo método de secagem, como relatado por Zielińska et al. (2018), que registraram
1833 um valor menor de IAA na farinha integral de *Tenebrio molitor* (1,29 g/g). Segundo
1834 Montevicchi et al. (2021) e Zielińska et al. (2015), altos índices de IAA são resultados do alto
1835 teor de aminoácidos hidrofílicos, corroborando com os resultados encontrados para
1836 aminoácidos nesse estudo.

1837 A solubilidade em água (SA) foi maior para a farinha liofilizada (14,4%) do que a
1838 farinha seca em estufa (9,06%). Uma possível explicação para essa diferença pode estar nas
1839 alterações ocorridas na estufa, devido ao calor e à reação de Maillard, responsáveis por
1840 reduzir a solubilidade das proteínas, devido à desnaturação pelo calor (Porto Barbosa et al.,
1841 2016). Stone et al. (2019) afirmaram que a SA de insetos pode estar relacionada com o tipo de
1842 proteína presente, ou seja, menos albumina e globulina e mais glutelina e prolamina.

1843 Segundo Purschke, Meinschmidt, et al. (2018), a solubilidade em água é considerada
1844 o fator importante para as características tecno-funcionais, influenciando na elaboração de

1845produtos, e pode afetar decisivamente outras propriedades como emulsificação, formação de
1846espuma e gelificação (Neves et al., 2008).

1847 Não houve diferença significativa entre as amostras AME (2,48g/g) e IML (2,70g/g)
1848para a capacidade de absorção de óleo (CAA). Zielińska et al. (2018) encontraram valores de
18491,71 g/g para farinha de *Tenebrio molitor*. Da mesma forma que Zielińska et al. (2015) e
1850Zielińska et al. (2018), este estudo apresentou uma menor capacidade de retenção de água e
1851menor capacidade de retenção de óleo para a farinha seca em estufa (AME). Segundo os
1852autores citados, isso pode ter ocorrido devido ao fato que larvas da família *Tenebrionidae*
1853contém substancialmente menos proteína e consideravelmente mais gordura que outros
1854insetos, demonstrando assim que o método de secagem influencia nesta propriedade.

1855

1856CONCLUSÃO

1857 O presente estudo avaliou a influência de diferentes métodos de secagem na
1858elaboração de farinhas de larvas de *Zophobas atratus*. Os valores obtidos para caracterização
1859físico-química foram próximos, evidenciando elevada riqueza proteica e lipídica. A qualidade
1860nutricional das farinhas demonstrou-se alta, pela adequação do seu perfil de aminoácidos
1861quanto às exigências da FAO/OMS, perfil mineral e elevado teor de ácidos graxos
1862poliinsaturados. O processo de liofilização foi capaz de reduzir a umidade e atividade de água
1863de forma mais significativa, porém, com presença de bactérias aeróbias mesófilas, bolores e
1864leveduras e coliformes a 35°C em comparação com a secagem em estufa. Isto indica a
1865necessidade de aplicação de outro método de processamento para controle destas variáveis.
1866Por outro lado, a farinha seca em estufa apresentou estabilidade microbiológica adequada para
1867consumo, de acordo com legislação Brasileira. As propriedades tecnológicas das farinhas
1868indicam perfis que diferem quanto ao método de secagem aplicado, indicando que a
1869liofilização é capaz de produzir farinha de *Zophobas atratus* mais solúvel em água, com maior
1870eficiência de redução de umidade e concentração de nutrientes, porém a um maior custo de
1871processamento e baixa eficácia no controle microbiológico. Os produtos obtidos no presente
1872estudo apresentam potencialidade na fortificação de novos alimentos, devido à sua qualidade
1873nutricional, principalmente, como elevada fonte proteica. Novas investigações precisam ser
1874conduzidas de forma a avaliar formas de controle microbiano para a amostra liofilizada, além
1875de verificar, sensorialmente, até que ponto as diferenças observadas para os métodos de
1876secagem são percebidas e relevantes do ponto de vista sensorial. Por fim, a aplicabilidade das
1877farinhas em produtos alimentícios também precisa ser estudada.

1878

1879REFERÊNCIAS

- 1880ANVISA. (2001). Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos.
- 1881*Diário Oficial Da União*, 11(15).
- 1882ANVISA. (2022). Instrução Normativa N° 161, de 1° de julho de 2022. In *Ministério da*
- 1883*Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária*.
- 1884AOAC. (2016). Official methods of analysis of AOAC International. *Association of Official*
- 1885*Analysis Chemists International*.
- 1886APHA. (2001). Compendium of Methods for The Microbiological Examination of Foods. In
- 1887*Compendium of Methods for The Microbiological Examination of Foods*.
- 1888<https://doi.org/10.2105/9780875531755>
- 1889Ayensu, J., Lutterodt, H., Annan, R. A., Edusei, A., & Loh, S. P. (2019). Nutritional
- 1890composition and acceptability of biscuits fortified with palm weevil larvae (*Rhynchophorus*
- 1891*phoenicis* Fabricius) and orange-fleshed sweet potato among pregnant women. *Food Science*
- 1892*and Nutrition*, 7(5). <https://doi.org/10.1002/fsn3.1024>
- 1893Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., &
- 1894Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish.
- 1895*Aquaculture*, 422–423. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024>
- 1896Bartkiene, E., Zokaityte, E., Starkute, V., Zokaityte, G., Kaminskaite, A., Mockus, E.,
- 1897Klupsaite, D., Cernauskas, D., Rocha, J. M., Özogul, F., & Guiné, R. P. F. (2023). Crickets
- 1898(*Acheta domesticus*) as Wheat Bread Ingredient: Influence on Bread Quality and Safety
- 1899Characteristics. *Foods*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/foods12020325>
- 1900Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013).
- 1901Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive*
- 1902*Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>
- 1903Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020).
- 1904Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*, 9(11).
- 1905<https://doi.org/10.3390/foods9111561>
- 1906Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification.
- 1907*Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(1). <https://doi.org/10.1139/y59-099>
- 1908Borremans, A., Bußler, S., Sagu, S. T., Rawel, H., Schlüter, O. K., & Leen, V. C. (2020).
- 1909Effect of blanching plus fermentation on selected functional properties of mealworm
- 1910(*Tenebrio molitor*) powders. *Foods*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/foods9070917>
- 1911BRASIL. (2004). Portaria N° 518/2004. *Ministério Da Saúde*.
- 1912BRASIL. (2022). Resolução - RDC N° 724, de 1° de julho de 2022. In *Resolução RDC N°*
- 1913*724, de 1° de julho de 2022*.
- 1914Buchholz, A. C., & Schoeller, D. A. (2004). Is a calorie a calorie? In *The American journal of*
- 1915*clinical nutrition* (Vol. 79, Issue 5). <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.899s>
- 1916Bußler, S., Rumpold, B. A., Jander, E., Rawel, H. M., & Schlüter, O. K. (2016). Recovery and
- 1917techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm

- 1918(Tenebrio molitor) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon*, 2(12).
 1919<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00218>
- 1920Cappelli, A., Oliva, N., Bonaccorsi, G., Lorini, C., & Cini, E. (2020). Assessment of the
 1921rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer*
 1922*arietinum*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat
 1923flour? *LWT*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108867>
- 1924Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. In
 1925*International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, Issue 16).
 1926<https://doi.org/10.3390/ijms21165695>
- 1927Codex. (1985). Codex Standard for Wheat Flour. *Packaging* (Boston, Mass.).
- 1928Codex Alimentarius Commission. (2007). *Food Labelling* (F. A. A. O. O. T. U. N. WORLD
 1929HEALTH ORGANIZATION, Ed.; Fifth edition).
- 1930Cortazar-Moya, S., Mejía-Garibay, B., López-Malo, A., & Morales-Camacho, J. I. (2023).
 1931Nutritional composition and techno-functionality of non-defatted and defatted flour of edible
 1932insect *Arsenura armida*. *Food Research International*, 173.
 1933<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113445>
- 1934Demodaran, Srinivasan; Parkin, K. L. (2018). Química de Alimentos de Fennema. In *Química*
 1935*de Alimentos de Fennema*.
- 1936Dicke, M. (2018). Insects as feed and the Sustainable Development Goals. *Journal of Insects*
 1937*as Food and Feed*, 4(3). <https://doi.org/10.3920/jiff2018.0003>
- 1938Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation.
 1939(2013). *FAO Food and Nutrition Paper*, 92.
- 1940Djouadi, A., Sales, J. R., Carvalho, M. O., & Raymundo, A. (2022). Development of Healthy
 1941Protein-Rich Crackers Using *Tenebrio molitor* Flour. *Foods*, 11(5).
 1942<https://doi.org/10.3390/foods11050702>
- 1943DRI Committee. (1997). Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium,
 1944Vitamin D, and Fluoride. In *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium,*
 1945*Vitamin D, and Fluoride*. <https://doi.org/10.17226/5776>
- 1946DRI Committee. (2001). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic,
 1947Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon,
 1948Vanadium, and Zinc. In *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron,*
 1949*Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and*
 1950*Zinc*. <https://doi.org/10.17226/10026>
- 1951DRI Committee. (2005). Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and
 1952sulfate. In *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*.
 1953<https://doi.org/10.17226/10925>
- 1954Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO ad hoc expert committee.
 1955(1973). *World Health Organization - Technical Report Series*, No.522.
- 1956FAO. (2013). Edible insects. Future prospects for food and feed security. In *Food and*
 1957*Agriculture Organization of the United Nations* (Vol. 171).

- 1958Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates
1959used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3). <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>
- 1960Fombong, F. T., Van Der Borgh, M., & Broeck, J. Vanden. (2017). Influence of freeze-
1961drying and oven-drying post blanching on the nutrient composition of the edible insect
1962Ruspolia differens. *Insects*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/insects8030102>
- 1963González, C. M., Garzón, R., & Rosell, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods.
1964A comparison study of H. illucens, A. domestica and T. molitor flours. *Innovative Food
1965Science and Emerging Technologies*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>
- 1966González-García, S., Esteve-Llorens, X., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2018). Carbon
1967footprint and nutritional quality of different human dietary choices. In *Science of the Total
1968Environment* (Vol. 644). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.339>
- 1969Grabowski, N. T., & Klein, G. (2017). Microbiology of cooked and dried edible
1970Mediterranean field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*)
1971submitted to four different heating treatments. *Food Science and Technology International*,
197223(1). <https://doi.org/10.1177/1082013216652994>
- 1973Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z. I., Aleksza,
1974L., & Gyuricza, C. (2020). Evaluation of organic wastes as substrates for rearing zophobas
1975morio, tenebrio molitor, and acheta domesticus larvae as alternative feed supplements.
1976*Insects*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- 1977Janssen, R. H., Vincken, J. P., Van Den Broek, L. A. M., Fogliano, V., & Lakemond, C. M.
1978M. (2017). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: Tenebrio
1979molitor, Alphitobius diaperinus, and Hermetia illucens. *Journal of Agricultural and Food
1980Chemistry*, 65(11). <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>
- 1981Khalidari, M., & Ghiasi, H. (2022). Fatty acids composition and health indices in different fat
1982and muscle locations of lambs from crossbreeding between Lori-Bakhtiari and Romanov
1983sheep breeds. *Small Ruminant Research*, 216.
1984<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106786>
- 1985Kim, S. Y., Kim, H. G., Song, S. H., & Kim, N. J. (2015). Developmental characteristics of
1986Zophobas atratus (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. *International
1987Journal of Industrial Entomology*, 30(2). <https://doi.org/10.7852/ijie.2015.30.2.45>
- 1988Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C., & Biesalski, H. K. (2019). Protein, amino acid and
1989mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific
1990Entomology*, 22(1). <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.02.002>
- 1991Kosečková, P., Zvěřina, O., Pěchová, M., Krulíková, M., Duborská, E., & Borkovcová, M.
1992(2022). Mineral profile of cricket powders, some edible insect species and their implication
1993for gastronomy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107.
1994<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104340>
- 1995Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. In
1996*NFS Journal* (Vol. 4). <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>

- 1997Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, M., & Mazurek, A. (2022). Wheat
1998bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition
1999on nutritional and technological aspects. *LWT*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>
- 2000Kröncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A. F., Benning,
2001R., & Haase, H. (2019). Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow
2002mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/insects10040084>
- 2003Lee, S., Jo, K., Yong, H. I., Choi, Y. S., & Jung, S. (2021). Comparison of the in vitro protein
2004digestibility of *Protaetia brevitarsis* larvae and beef loin before and after defatting. *Food*
2005*Chemistry*, 338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128073>
- 2006Li, J., Zhang, S., Gu, X., Xie, J., Zhu, X., Wang, Y., & Shan, T. (2022). Effects of alfalfa
2007levels on carcass traits, meat quality, fatty acid composition, amino acid profile, and gut
2008microflora composition of Heigai pigs. *Frontiers in Nutrition*, 9.
2009<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.975455>
- 2010Liu, Z., Liu, Q., Zhang, D., Wei, S., Sun, Q., Xia, Q., Shi, W., Ji, H., & Liu, S. (2021).
2011Comparison of the proximate composition and nutritional profile of byproducts and edible
2012parts of five species of shrimp. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112603>
- 2013Lucas-González, R., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2019).
2014Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and
2015antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domesticus*). *European*
2016*Food Research and Technology*, 245(7). <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>
- 2017Machado, S., Costa, A. S. G., Pimentel B., F., Oliveira, M. B. P. P., & Alves, R. C. (2020). A
2018study on the protein fraction of coffee silverskin: Protein/non-protein nitrogen and free and
2019total amino acid profiles. *Food Chemistry*, 326.
2020<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126940>
- 2021Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A. J., & Salinas-Castro, A. (2019). Edible Insects
2022Processing: Traditional and Innovative Technologies. In *Comprehensive Reviews in Food*
2023*Science and Food Safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- 2024Mlček, J., Adámková, A., Adámek, M., Borkovcová, M., Bednářová, M., & Knížková, I.
2025(2019). Fat from Tenebrionidae bugs – Sterols content, fatty acid profiles, and cardiovascular
2026risk indexes. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(3).
2027<https://doi.org/10.31883/pjfn/109666>
- 2028Monisha, C., & Loganathan, M. (2022). Impact of drying methods on the physicochemical
2029properties and nutritional composition of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*)
2030pre-pupae flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16184.
- 2031Montevecchi, G., Licciardello, F., Masino, F., Miron, L. T., & Antonelli, A. (2021).
2032Fortification of wheat flour with black soldier fly prepupae. Evaluation of technological and
2033nutritional parameters of the intermediate doughs and final baked products. *Innovative Food*
2034*Science and Emerging Technologies*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102666>
- 2035Mugova K, Zvidzai J, & Musundire R. (2021). Techno-functional Properties of Armoured
2036Cricket (*Acanthopplus discoidalis*) Flour. *Scholars Journal of Engineering and Technology*,
20379(8). <https://doi.org/10.36347/sjet.2021.v09i08.001>

- 2038Nascimento, R. Q., Di Mambro Ribeiro, C. V., Colauto, N. B., da Silva, L., Lemos, P. V. F.,
2039de Souza Ferreira, E., Linde, G. A., Machado, B. A. S., Tavares, P. P. L. G., Biasoto, A. C. T.,
2040Umsza Guez, M. A., Carvalho, N., de Jesus Assis, D., da Silva, J. B. A., & de Souza, C. O.
2041(2022). Utilization of Agro-Industrial Residues in the Rearing and Nutritional Enrichment of
2042Zophobas atratus Larvae: New Food Raw Materials. *Molecules*, 27(20).
2043<https://doi.org/10.3390/molecules27206963>
- 2044Neves, G. A. da R., Santana, M. de F. S. de, & Valença, R. do S. F. (2008). *Capacidade*
2045*higroscópica de farinhas de diferentes frutas*. VI Seminário de Iniciação Científica Da UFRA
2046e XII Seminário de Iniciação Científica Da EMBRAPA Amazônia Oriental.
- 2047OKEZIE, B. O., & BELLO, A. B. (1988). Physicochemical and Functional Properties of
2048Winged Bean Flour and Isolate Compared with Soy Isolate. *Journal of Food Science*, 53(2).
2049<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb07728.x>
- 2050Paul, A., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F.,
2051Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G., & Danthine, S. (2017). Insect fatty acids: A
2052comparison of lipids from three Orthopterans and Tenebrio molitor L. larvae. *Journal of Asia-*
2053*Pacific Entomology*, 20(2). <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>
- 2054Pinto, J., Boavida-Dias, R., Matos, H. A., & Azevedo, J. (2022). Analysis of the Food Loss
2055and Waste Valorisation of Animal By-Products from the Retail Sector. In *Sustainability*
2056*(Switzerland)* (Vol. 14, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/su14052830>
- 2057Porto Barbosa, J. H., Souza, I. T., Santana, A. E. G., & Goulart, M. O. F. (2016). A
2058determinação dos produtos avançados de glicação (AGEs) e de lipoxidação (ALEs) em
2059alimentos e em sistemas biológicos: avanços, desafios e perspectivas. In *Química Nova* (Vol.
206039, Issue 5). <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160048>
- 2061Purschke, B., Brügggen, H., Scheibelberger, R., & Jäger, H. (2018). Effect of pre-treatment and
2062drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm
2063larvae (Tenebrio molitor L.). *European Food Research and Technology*, 244(2).
2064<https://doi.org/10.1007/s00217-017-2953-8>
- 2065Purschke, B., Meinschmidt, P., Horn, C., Rieder, O., & Jäger, H. (2018). Improvement of
2066techno-functional properties of edible insect protein from migratory locust by enzymatic
2067hydrolysis. *European Food Research and Technology*, 244(6).
2068<https://doi.org/10.1007/s00217-017-3017-9>
- 2069Ramos-Bueno, R. P., González-Fernández, M. J., Sánchez-Muros-Lozano, M. J., García-
2070Barroso, F., & Guil-Guerrero, J. L. (2016). Fatty acid profiles and cholesterol content of
2071seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and*
2072*Technology*, 242(9). <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2647-7>
- 2073Ravzanaadii, N., Kim, S.-H., Choi, W.-H., Hong, S.-J., & Kim, N.-J. (2012). Nutritional
2074Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source. *International Journal of Industrial*
2075*Entomology*, 25(1). <https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>
- 2076Roncolini, A., Milanović, V., Cardinali, F., Osimani, A., Garofalo, C., Sabbatini, R.,
2077Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F., Minazzato,
2078G., Trombetta, M. F., Van Buitenen, A., Van Campenhout, L., & Aquilanti, L. (2019). Protein
2079fortification with mealworm (Tenebrio molitor L.) powder: Effect on textural,

- 2080microbiological, nutritional and sensory features of bread. *PLoS ONE*, 14(2).
2081<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211747>
- 2082Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2021). The superworm, *Zophobas morio*
2083(Coleoptera:Tenebrionidae): A ‘sleeping giant’ in nutrient sources. *Journal of Insect Science*,
208421(2). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
- 2085Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of
2086edible insects. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 57, Issue 5).
2087<https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- 2088Satija, A., & Hu, F. B. (2012). Cardiovascular benefits of dietary fiber. In *Current*
2089*Atherosclerosis Reports* (Vol. 14, Issue 6). <https://doi.org/10.1007/s11883-012-0275-7>
- 2090Schulten, S. M., In't Veld, P. H., Nagelkerke, N. J. D., Scotter, S., De Buyser, M. L., Rollier,
2091P., & Lahellec, C. (2000). Evaluation of the ISO 7932 standard for the enumeration of
2092*Bacillus cereus* in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 57(1–2).
2093[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00233-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00233-6)
- 2094Selaledi, L., & Mabelebele, M. (2021). The influence of drying methods on the chemical
2095composition and body color of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 12(4).
2096<https://doi.org/10.3390/insects12040333>
- 2097Siddik, M. A. B., & Shin, A. C. (2019). Recent progress on branched-chain amino acids in
2098obesity, diabetes, and beyond. In *Endocrinology and Metabolism* (Vol. 34, Issue 3).
2099<https://doi.org/10.3803/EnM.2019.34.3.234>
- 2100Souza, C. O. De, Leite, M. E. Q., Lasekan, J., Baggs, G., Pinho, L. S., Druzian, J. I., Ribeiro,
2101T. C. M., Mattos, Â. P., Menezes-Filho, J. A., & Costa-Ribeiro, H. (2017). Milk protein-based
2102formulas containing different oils affect fatty acids balance in term infants: A randomized
2103blinded crossover clinical trial. *Lipids in Health and Disease*, 16(1).
2104<https://doi.org/10.1186/s12944-017-0457-y>
- 2105Stone, A. K., Tanaka, T., & Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical
2106properties of commercial cricket and mealworm powders. *Journal of Food Science and*
2107*Technology*, 56(7). <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03818-2>
- 2108Taco. (2011). Tabela brasileira de composição de alimentos. *NEPA - Unicamp*.
2109<https://doi.org/10.1007/s10298-005-0086-x>
- 2110Tang, X., Liu, X., & Liu, H. (2021). Effects of Dietary Probiotic (*Bacillus subtilis*)
2111Supplementation on Carcass Traits, Meat Quality, Amino Acid, and Fatty Acid Profile of
2112Broiler Chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8.
2113<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.767802>
- 2114Tapía, M. S., Alzamora, S. M., & Chirife, J. (2020). Effects of Water Activity (aw) on
2115Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation. In *Water Activity in Foods:*
2116*Fundamentals and Applications*. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14>
- 2117Tavares, P. P. L. G., dos Santos Lima, M., Pessôa, L. C., de Andrade Bulos, R. B., de
2118Oliveira, T. T. B., da Silva Cruz, L. F., de Jesus Assis, D., da Boa Morte, E. S., Di Mambro
2119Ribeiro, C. V., & de Souza, C. O. (2022). Innovation in Alternative Food Sources: A Review

- 2120of a Technological State-of-the-Art of Insects in Food Products. In *Foods* (Vol. 11, Issue 23).
2121<https://doi.org/10.3390/foods11233792>
- 2122Teepoo, S., Sannok, T., Arsawiset, S., & Sansenya, S. (2023). A portable device as a paper
2123test strip platform with smartphone application for detection of branched-chain amino acids in
2124edible insects. *Food Chemistry*, 405. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134560>
- 2125Terriente-Palacios, C., & Castellari, M. (2022). Levels of taurine, hypotaurine and
2126homotaurine, and amino acids profiles in selected commercial seaweeds, microalgae, and
2127algae-enriched food products. *Food Chemistry*, 368.
2128<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130770>
- 2129Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary
2130factors. *The Lancet*, 338(8773). [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- 2131United Nations. (2015). World Population Prospects: The 2015 Revision. In *United Nations*
2132*Economic and Social Affairs: Vol. XXXIII* (Issue 2).
- 2133van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., & van Loon, J. J. A. (2015). Growth
2134performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera:
2135Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73.
2136<https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2014.12.005>
- 2137Vanqa, N., Mshayisa, V. V., & Basitere, M. (2022). Proximate, Physicochemical, Techno-
2138Functional and Antioxidant Properties of Three Edible Insect (Gonimbrasia belina, Hermetia
2139illucens and Macrotermes subhyllanus) Flours. *Foods*, 11(7).
2140<https://doi.org/10.3390/foods11070976>
- 2141Vlahova-Vangelova, D., Balev, D., Kolev, N., Dragoev, S., Petkov, E., & Popova, T. (2024).
2142Comparison of the Effect of Drying Treatments on the Physicochemical Parameters,
2143Oxidative Stability, and Microbiological Status of Yellow Mealworm (Tenebrio molitor L.)
2144Flours as an Alternative Protein Source. *Agriculture*, 14(3).
2145<https://doi.org/10.3390/agriculture14030436>
- 2146Ward, K. R., & Matejtschuk, P. (2021). The principles of freeze-drying and application of
2147analytical technologies. In *Methods in Molecular Biology* (Vol. 2180).
2148https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_3
- 2149WHO. (1995). Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO
2150Expert Committee. *World Health Organization Technical Report Series*, 854.
2151[https://doi.org/10.1002/\(sici\)1520-6300\(1996\)8:6<786::aid-ajhb11>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1520-6300(1996)8:6<786::aid-ajhb11>3.0.co;2-i)
- 2152Wu, R. A., Ding, Q., Yin, L., Chi, X., Sun, N., He, R., Luo, L., Ma, H., & Li, Z. (2020).
2153Comparison of the nutritional value of mysore thorn borer (Anoplophora chinensis) and
2154mealworm larva (Tenebrio molitor): Amino acid, fatty acid, and element profiles. *Food*
2155*Chemistry*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126818>
- 2156Xie, X., Yuan, Z., Fu, K., An, J., & Deng, L. (2022). Effect of Partial Substitution of Flour
2157with Mealworm (Tenebrio molitor L.) Powder on Dough and Biscuit Properties. *Foods*,
215811(14). <https://doi.org/10.3390/foods11142156>

- 2159Yan, X., Laurent, S., Federighi, M., Boué, G., & Jury, V. (2023). Processing edible insects
2160into powders: a review of available processes and potential microbial inactivation methods.
2161*Journal of Insects as Food and Feed*, 9(3). <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0203>
- 2162Yan, X., Laurent, S., Hue, I., Cabon, S., Grua-Priol, J., Jury, V., Federighi, M., & Boué, G.
2163(2023). Quality of *Tenebrio molitor* Powders: Effects of Four Processes on Microbiological
2164Quality and Physicochemical Factors. *Foods*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/foods12030572>
- 2165Yang, Y., Wang, J., & Xia, M. (2020). Biodegradation and mineralization of polystyrene by
2166plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. *Science of the Total Environment*, 708.
2167<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135233>
- 2168Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., Huis, A. Van, & Boekel,
2169M. A. J. S. V. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect
2170species. *Food Chemistry*, 141(4). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115>
- 2171Zhang, J., Ström, A., Bordes, R., Alminger, M., Undeland, I., & Abdollahi, M. (2023). Radial
2172discharge high shear homogenization and ultrasonication assisted pH-shift processing of
2173herring co-products with antioxidant-rich materials for maximum protein yield and
2174functionality. *Food Chemistry*, 400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133986>
- 2175Zhang, X., Tang, H., Chen, G., Qiao, L., Li, J., Liu, B., Liu, Z., Li, M., & Liu, X. (2019).
2176Growth performance and nutritional profile of mealworms reared on corn stover, soybean
2177meal, and distillers' grains. *European Food Research and Technology*, 245(12).
2178<https://doi.org/10.1007/s00217-019-03336-7>
- 2179Zielińska, E. (2022). Evaluating the Functional Characteristics of Certain Insect Flours (Non-
2180Defatted/Defatted Flour) and Their Protein Preparations. *Molecules*, 27(19).
2181<https://doi.org/10.3390/molecules27196339>
- 2182Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., & Jakubczyk, A. (2015). Selected
2183species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77.
2184<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>
- 2185Zielińska, E., Karaś, M., & Baraniak, B. (2018). Comparison of functional properties of
2186edible insects and protein preparations thereof. *LWT*, 91.
2187<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.058>
- 2188Zielińska, E., Pečová, M., & Pankiewicz, U. (2023). Impact of Mealworm Powder (*Tenebrio*
2189*molitor*) Fortification on Ice Cream Quality. *Sustainability*, 15(22), 16041.
2190<https://doi.org/10.3390/su152216041>
- 2191
- 2192
- 2193
- 2194
- 2195
- 2196