

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DE INSETOS COMESTÍVEIS E SUAS  
APLICAÇÕES EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO: UMA REVISÃO**

Amanda Thais Heylmann

**Porto Alegre**

**2024**



Amanda Thais Heylmann

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DE INSETOS COMESTÍVEIS E SUAS  
APLICAÇÕES EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro de  
Alimentos do Instituto de Ciência e  
Tecnologia da Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul.

Orientador(a): Roberta Cruz Silveira Thys

**Porto Alegre**

**2024**

## Trabalho de Conclusão de Curso

# PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DE INSETOS COMESTÍVEIS E SUAS APLICAÇÕES EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO: UMA REVISÃO

Amanda Thais Heylmann

Aprovada em: 08/02/2024

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roberta Cruz Silveira Thys  
ICTA/UFRGS  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giovana Domeneguini Mercali  
ICTA/UFRGS

---

Mestre Gabriel Siqueira Novo  
PPGCTA/UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a minha família, em especial meus pais, minha irmã e minhas tias maternas, que sempre me apoiaram, incentivaram e auxiliaram no decorrer da minha formação. Obrigada por sempre estarem do meu lado em todos os momentos difíceis, me aconselhando e acolhendo quando eu mais precisei.

Agradeço também aos meus colegas de curso, com os quais dividi tantos sofrimentos e alegrias ao longo desses 6 anos de faculdade. Em especial agradeço à minha amiga Jéssica, minha eterna dupla de estudos.

Agradeço também à minha Professora Orientadora, Roberta Cruz Silveira Thys, uma profissional exemplar e professora maravilhosa, e a quem eu admiro muito. Muito obrigada pela atenção e pelos ensinamentos.

E, por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

As projeções de crescimento populacional indicam que, em 2050, o planeta será ocupado por 9,1 bilhões de pessoas, o que irá exigir um aumento da produção global de alimentos de cerca de 70% entre 2005/07 e 2050. Para atender às necessidades alimentares da população, seria necessária uma maior exploração dos recursos agrícolas, provocando grandes impactos ambientais. Assim, novas fontes de alimentos devem ser exploradas, como a antropofagia (uso de insetos para alimentação humana). Os consumidores apresentam uma resistência quanto ao consumo de insetos inteiros, portanto, a utilização de farinha de insetos aplicada em produtos de panificação se torna uma ótima alternativa. Sendo assim, o presente estudo teve como principal objetivo elaborar uma revisão bibliográfica das propriedades nutricionais de farinhas das espécies de insetos *Tenebrio molitor* (besouro da farinha), *Acheta domestica* (grilo doméstico), *Hermetia illucens* (mosca soldado-negro), *Gryllus assimilis* (grilo preto) e *Bombyx mori* (bicho-da-seda), e indicar as melhores aplicações destas matérias-primas na formulação de produtos de cereais. A revisão foi realizada utilizando os bancos de dados *Science Direct* e *Scopus*, selecionando artigos publicados nos últimos quatro anos. Com a presente revisão, foi possível observar que os insetos avaliados possuem um perfil nutricional equilibrado e apresentam um bom perfil de aminoácidos essenciais. O inseto mais estudado foi o *Tenebrio molitor*, seguido do grilo *Acheta domestica* e o menos estudado no período foi o *Gryllus assimilis*. O perfil de compostos bioativos dos insetos ainda não foi muito pesquisado. A adição de insetos como novos ingredientes em produtos de panificação deve considerar as propriedades tecnológicas e funcionais de seus macronutrientes e o percentual de substituição ou enriquecimento, visando garantir um bom equilíbrio entre benefícios nutricionais e qualidade sensorial. Os insetos com maior potencial de aplicação em produtos de panificação foram o grilo doméstico, devido ao seu teor de proteína com todos os aminoácidos essenciais, as larvas amarelas da farinha, que apesar de não contribuírem com o teor de lisina do produto, fornecem qualidades sensoriais interessantes, e as larvas de bicho-da-seda, que possuem proteínas completas. Substituições de mais de 15% apresentam um nível mais elevado de rejeição.

**Palavras-chave:** perfil nutricional, insetos comestíveis, produtos de panificação.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxograma do processo de seleção dos artigos pesquisados.....	15
<b>Figura 2</b> - Ciclo de vida do <i>T. molitor</i> .....	20
<b>Figura 3</b> - Ciclo de vida do <i>A. domesticus</i> .....	22
<b>Figura 4</b> - Ciclo de vida da <i>H. illucens</i> .....	24
<b>Figura 5</b> - Ciclo de vida da <i>B. mori</i> .....	27

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Descritores utilizados no levantamento da pesquisa bibliográfica.....	14
---	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição nutricional das espécies <i>T. molitor</i> , <i>A. domesticus</i> , <i>H. illucens</i> , <i>G. assimilis</i> e <i>B. mori</i> .....	29
<b>Tabela 2</b> - Perfil de aminoácidos essenciais (mg/g de proteína) das espécies <i>T. molitor</i> , <i>A. domesticus</i> , <i>H. illucens</i> , <i>G. assimilis</i> e <i>B. mori</i> .....	34
<b>Tabela 3</b> - Perfil de ácidos graxos dos insetos <i>T. molitor</i> , <i>A. domesticus</i> , <i>H. illucens</i> , <i>G. assimilis</i> e <i>B. mori</i> .....	37
<b>Tabela 4</b> - Proporção de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados dos insetos <i>T. molitor</i> , <i>A. domesticus</i> , <i>H. illucens</i> e <i>G. assimilis</i> .....	39
<b>Tabela 5</b> - Perfil mineral das espécies <i>T. molitor</i> , <i>A. domesticus</i> , <i>G. assimilis</i> e <i>B. mori</i> .....	42
<b>Tabela 6</b> - Perfil vitamínico das espécies <i>T. molitor</i> , <i>G.assimilis</i> e <i>B. Mori</i> .....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
3.1 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DOS ARTIGOS.....	13
<b>3.1.1 Inclusão.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2 Exclusão.....</b>	<b>13</b>
3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	14
<b>3.2.1 Bases de dados.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.2 Método de busca.....</b>	<b>14</b>
3.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	15
<b>4 ANTROPOENTOMOFAGIA.....</b>	<b>16</b>
4.1 BESOURO DA FARINHA ( <i>Tenebrio molitor</i> ).....	19
4.2 GRILO DOMÉSTICO ( <i>Acheta domesticus</i> ).....	21
4.3 MOSCA SOLDADO-NEGRO ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	23
4.4 GRILO PRETO ( <i>Gryllus assimilis</i> ).....	25
4.5 BICHO-DA-SEDA ( <i>Bombyx mori</i> ).....	26
<b>5 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DOS INSETOS COMESTÍVEIS.....</b>	<b>29</b>
5.1 PERFIL DE AMINOÁCIDOS.....	32
5.2 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS.....	36
5.3 MINERAIS.....	41
5.4 VITAMINAS.....	43
5.5 COMPOSTOS BIOATIVOS.....	44
<b>6 APLICAÇÃO DE INSETOS COMESTÍVEIS NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE CEREAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o relatório “Perspectivas Mundiais de População 2022: Sumário de Resultados”, publicado pela Divisão de População do Departamento da ONU de Assuntos Econômicos e Sociais, projeta-se que a população mundial irá crescer até 8,5 bilhões de pessoas no ano de 2030 e atingirá um pico, em 2080, de cerca de 10,4 bilhões de pessoas (ONU, 2022). Projeções da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) afirmam que alimentar uma população mundial de 9,1 bilhões de pessoas em 2050 exigiria um aumento na produção global de alimentos de cerca de 70% entre 2005/07 e 2050. Isto implica em aumentos significativos na produção de vários produtos essenciais. A produção anual de cereais, por exemplo, teria de crescer quase um bilhão de toneladas e a produção de carne de mais de 200 milhões de toneladas, para um total de 470 milhões de toneladas em 2050 (FAO, 2009).

Para atender às necessidades alimentares da população, seria necessária uma maior exploração dos recursos agrícolas, florestais, pesqueiros, hídricos e da biodiversidade, provocando grandes impactos ambientais (Varelas & Langton, 2017). Assim, faz-se necessário encontrar e desenvolver novas maneiras de cultivar alimentos, corrigir as ineficiências, reduzir o desperdício e considerar a adoção de novos hábitos alimentares, como a antropofagia, o uso de insetos para alimentação humana (Chen *et al.*, 2009; FAO, 2013).

Essa é uma prática adotada em várias regiões do mundo, pois os insetos são considerados altamente nutritivos, sendo reconhecidos como fonte de proteínas, lipídeos e minerais (Rumpold & Schlüter, 2013), podendo ser consumidos em diferentes estágios de vida. (de Castro *et al.*, 2018). A larva amarela do besouro da farinha (*Tenebrio molitor*) é uma das espécies de insetos mais cultivadas em todo o mundo, possuindo uma quantidade relevante de proteína e ácidos graxos insaturados. Já os grilos doméstico (*Acheta domesticus*) e preto (*Gryllus assimilis*) têm como principal componente a proteína, sendo que o doméstico apresenta todos os aminoácidos essenciais em boa quantidade. As larvas da mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) apresentam uma grande quantidade de minerais e lipídeos, em sua maioria saturada. Porém já existem estudos que mostram que o perfil de ácidos graxos dessas moscas podem ser modificados através da dieta fornecida a esses insetos. As larvas do bicho-da-seda (*Bombyx mori*) apresentam uma quantidade

elevada de proteínas ricas em todos os aminoácidos essenciais, porém as quantidades de alguns aminoácidos diminuem quando o inseto se transforma em pupa.

A adoção dos insetos como fonte alternativa de proteínas pode compensar a crescente demanda por proteína de origem animal, evitando o desmatamento de florestas para uso como pastagem. Ainda, a alta eficiência de conversão alimentar dos insetos em comparação com a pecuária convencional resultaria em uma diminuição considerável das emissões de gases do efeito estufa (Gere *et al.*, 2017; Poma *et al.*, 2017).

No Brasil, o mercado de insetos comestíveis está em constante ascensão (Rodrigues, 2019). A inserção dos insetos na alimentação tem se dado como ingredientes de produtos, contudo, a falta de legislação sobre o assunto gera uma barreira para a maior aplicação dos insetos em alimentos. Segundo a ANVISA, o consumo de insetos não possui histórico de uso como alimento pela população brasileira, porém, as empresas interessadas em utilizar insetos na produção de alimentos podem solicitar junto à Anvisa, a avaliação da sua segurança (Bassette, 2018).

Além da falta de legislação sobre o uso de insetos em alimentos, outra barreira dessa aplicação é a baixa aceitação dos consumidores. Devido ao fato de a grande parte da população não considerar os insetos como alimento, seu consumo tende a ser imediatamente rejeitado, não por questões sensoriais, mas pela falta de familiaridade. O grau de visibilidade do inseto afeta diretamente sua aceitação, sendo o processamento destes uma maneira de facilitar a sua inserção na dieta diária (de Castro *et al.*, 2018; Gere *et al.*, 2017). Como os produtos de panificação são amplamente consumidos e já fazem parte da dieta da população, a aplicação dos insetos na forma de farinha em produtos de panificação se torna uma ótima alternativa para inserir o consumidor na antropentomofagia. Para que essa aplicação possa ser realizada, é necessário conhecer as características nutricionais de cada espécie de inseto e qual o efeito que essa substituição terá no produto final.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como principal objetivo elaborar uma revisão bibliográfica sistemática das propriedades nutricionais de farinhas das espécies de insetos *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Hermetia illucens*, *Gryllus assimilis* e *Bombyx mori*, com o intuito de indicar as melhores aplicações dessas matérias-primas na formulação de produtos de cereais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os estudos relevantes sobre os perfis de aminoácidos, ácidos graxos, minerais, vitaminas e compostos bioativos de 5 farinhas de insetos diferentes.
- Analisar a possível influência da composição nutricional dos insetos nas características tecnológicas para aplicação de cada farinha em produtos de cereais.

### **3 METODOLOGIA**

Após a determinação do tema, foi realizada a seleção dos artigos científicos que entrariam na revisão de literatura proposta. Esse tipo de revisão utiliza métodos sistemáticos e explícitos para recuperar, selecionar e avaliar os resultados de estudos relevantes, reunindo e sistematizando os dados dos estudos primários (unidades de análise) e gerando evidência científica relevante (UNESP, 2015). Para isso, foram previamente definidos os critérios de busca em relação ao tipo de estudo, ao período de tempo, os descritores a serem utilizados para a busca, assim como, os critérios de inclusão e exclusão.

#### **3.1 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DOS ARTIGOS**

##### **3.1.1 Inclusão**

Foram selecionados artigos em inglês publicados nos últimos 4 anos, ou seja, entre primeiro de janeiro de 2020 e 31 de dezembro de 2023 (incluindo aqueles disponíveis online em 2023 que poderiam ser publicados em 2024). Além disso, foram incluídos aqueles que analisaram as farinhas de insetos em qualquer fase de desenvolvimento das espécies selecionadas, em relação a composição centesimal, perfil de aminoácidos, perfil de ácidos graxos, conteúdo de vitaminas, perfil de minerais, presença de compostos bioativos e/ou propriedades tecnológicas.

##### **3.1.2 Exclusão**

Foram excluídos do estudo todos os artigos publicados há mais de 6 anos, e todos aqueles que:

- não apresentaram o texto completo;
- não estavam em revistas indexadas;
- não abordaram as análises da farinha integral.

## 3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

### 3.2.1 Bases de dados

As pesquisas foram conduzidas e realizadas em duas bases de dados bibliográficas: *Science Direct* e Scopus. Essas bases foram selecionadas por possuírem maior densidade de periódicos com avaliação A1 pela Capes, e por serem as mais utilizadas pelo setor acadêmico das áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

### 3.2.2 Método de busca

A pesquisa foi segmentada conforme a espécie do inseto: besouro da farinha, grilo doméstico, mosca soldado-negro, grilo preto e bicho-da-seda, e, para cada uma delas, foi utilizado seu nome científico combinado com termos referentes a nutrição e propriedades funcionais e tecnológicas, como demonstra o Quadro 1. A busca foi conduzida combinando os termos da primeira coluna com os termos da terceira coluna, para cada categoria.

**Quadro 1** - Descritores utilizados no levantamento da pesquisa bibliográfica.

Besouro da farinha	<i>Tenebrio molitor, T. molitor</i>	Nutrition, nutritional, technological properties, function, functional
Grilo doméstico	<i>Acheta domesticus, A. domesticus</i>	
Mosca soldado-negro	<i>Hermetia illucens, H. illucens</i>	
Grilo preto	<i>Gryllus assimilis, G. assimilis</i>	
Bicho-da-seda	<i>Bombyx mori, B. mori</i>	

Fonte: A autora (2024)

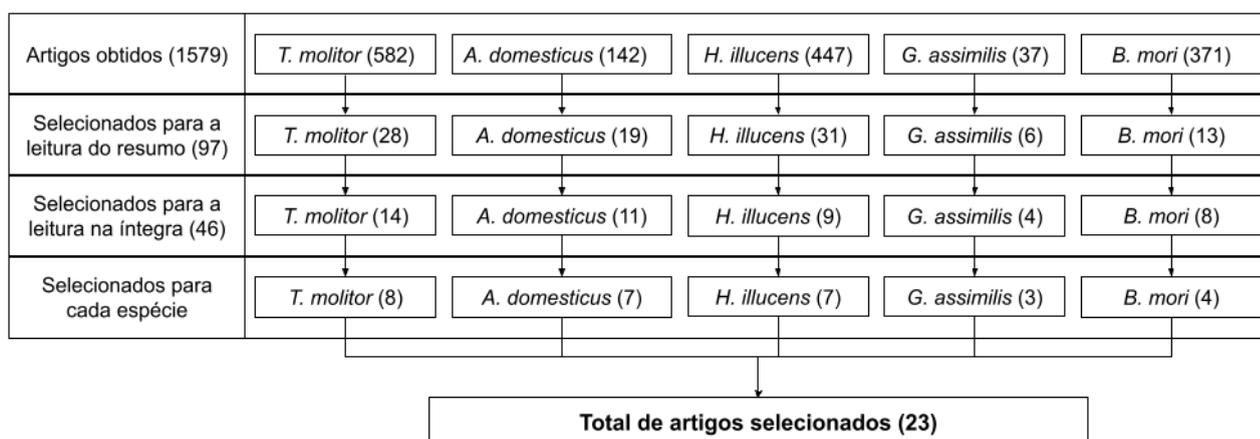
O operador booleano AND foi utilizado para a combinação dos descritores apresentados acima nos campos de busca das bases de dados.

### 3.3 PROCESSO DE SELEÇÃO E ANÁLISE DOS ARTIGOS

Os artigos obtidos através da pesquisa realizada nas bases de dados foram selecionados através de 3 etapas subsequentes: (1) leitura do título; (2) leitura do resumo e (3) leitura na íntegra. Essas etapas tiveram como objetivo facilitar o processo de inclusão e exclusão dos artigos de interesse para a revisão.

A Figura 1 ilustra este processo, onde é possível observar que a pesquisa retornou um total de 1579 artigos para leitura do título, 97 artigos para leitura do resumo e 46 para a leitura na íntegra.

**Figura 1** - Fluxograma do processo de seleção dos artigos pesquisados.



Fonte: A autora (2024)

Após realizado o processo de seleção obteve-se 23 artigos para a presente revisão, sendo que 6 deles mencionam 2 ou mais das espécies selecionadas para este trabalho. Os artigos foram separados em bibliotecas no gerenciador de referências Mendeley (Elsevier, Amsterdam, NL) para auxiliar na leitura dos mesmos.

### 3.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Primeiramente, é apresentada uma revisão sobre o conceito de antropofagia, sua história e motivações. Em seguida, as características biológicas e de criação de cada inseto são apresentadas, para posteriormente apresentar a revisão das suas características nutricionais e aplicações em produtos de cereais.

#### 4 ANTROPOENTOMOFAGIA

A antroponentomofagia (uso de insetos como alimento humano) faz parte da existência humana há milhões de anos (DeFoliart, 1999; Kinyuru *et al.*, 2010). Existem evidências arqueológicas que revelam que a humanidade evoluiu como uma espécie comedora de insetos (Madsen e Schmitt, 1998; Ramos-Elorduy, 2009). Os gregos e os romanos praticavam a entomofagia (Harris, 1985), assim como os astecas, os egípcios e inúmeras outras culturas (Premalatha *et al.*, 2011; Van Itterbeeck e Van Huis, 2012). Existem vestígios de antroponentomofagia em várias partes do mundo, principalmente nas Américas, no sudeste da Ásia e na África. Em 88 países dessas regiões, cerca de 1.700 espécies de insetos são consumidas pelos humanos (Raubenheimer e Rothman, 2013).

Acredita-se que o crescimento das religiões organizadas durante os últimos 3.500 anos causou o declínio do consumo de insetos, pois desviou uma grande parte da população global da antroponentomofagia (Premalatha *et al.*, 2011; Van Huis *et al.*, 2013). Isto porque, em algumas religiões, os adeptos são aconselhados a comer apenas certos tipos de carne vermelha ou branca, enquanto em outras religiões é desencorajado o consumo de qualquer forma de proteína animal para evitar o sacrifício de animais (Premalatha *et al.*, 2011). A colonização da Ásia, da África e das Américas, bem como a disseminação de europeus étnicos na Austrália, corroeu a antroponentomofagia nessas regiões (Ramos-Elorduy, 2009).

Mesmo que a antroponentomofagia seja um conceito estranho para uma grande parte da população global, ela ainda é muito praticada em todo o mundo. Apesar de muitas vezes ser considerada um “alimento de subsistência dos pobres”, em muitos lugares, é uma iguaria altamente valorizada e cobiçada. Alguns dos alimentos mais caros no Japão, China, Austrália e alguns outros países possuem insetos como ingredientes (Paoletti e Dreon, 2005). No Nordeste da Índia, nos países do Sudeste Asiático e em partes da Austrália e da Europa, algumas das espécies de insetos são altamente valorizadas e fazem parte de cozinha de elite (DeFoliart, 1999; Ramos-Elorduy, 2009; Van Huis *et al.*, 2013). Por exemplo, certas espécies de vespas, lagartas de bambu, grilo e gafanhotos são vendidas como iguarias em restaurantes na Tailândia. As rainhas dos cupins são consideradas comidas requintadas e são servidas em ocasiões especiais em diversas partes da África (Owen, 1973). As vendas anuais de formigas comestíveis na China chegam a

100 milhões de dólares. Os gafanhotos são consumidos com prazer em algumas partes do Paquistão e nos países árabes (DeFoliart, 2002). No nordeste da Índia os bichos-da-seda são frequentemente criados mais para consumo humano do que para a produção de seda (Sarmah, 2011).

Os insetos são uma escolha alimentar nutritiva, deliciosa e viável. O potencial dos insetos comestíveis está crescendo devido às tendências atuais em relação à diversidade cultural e um reconhecimento global dos impactos causados pelos sistemas agrícolas contemporâneos. Para cada quilograma de vegetação consumido, mais proteína animal é gerada pelos insetos do que pela pecuária convencional (Gullan e Cranston, 2005; Van Huis, 2013). São necessários 10 vezes mais nutrientes para a produção da mesma quantidade de proteína de gado e de insetos (Nakagaki e DeFoliart, 1991; Smil, 2002). Isso ocorre porque os insetos são capazes de transformar biomassa vegetal em animal com muito mais eficiência do que a pecuária convencional (Nakagaki e DeFoliart, 1991). Uma das explicações mais relevantes para esta eficiência é a maior fração de peso comestível dos insetos. Por exemplo, 80% de um grilo é comestível, em comparação com 58% de frango e 40% de carne bovina (Nakagaki e Defoliart, 1991; Van Huis *et al.*, 2013). Além disso, os insetos podem alterar a temperatura do seu corpo para corresponder à do ambiente, e, portanto, gastam muito menos energia e nutrientes para manter a temperatura corporal do que os animais de sangue quente (Lindroth, 1993; Oonincx *et al.*, 2010). Isso aumenta ainda mais a eficiência energética geral dos insetos.

Outro ponto que contribui para a eficiência da produção de proteína de inseto, é que estes se reproduzem muito mais rapidamente e também atingem a idade adulta muito mais rapidamente do que os animais convencionais. Por exemplo, cada indivíduo produz milhares de descendentes, em comparação com apenas alguns produzidos pela pecuária convencional. Esses filhotes atingem a idade adulta em questão de dias, em comparação com os meses levados pelas aves e os anos pelos ruminantes (Tabassum-Abbasi *et al.*, 2016).

Com relação ao "cultivo" de insetos, estes podem ser reproduzidos e criados em espaços muito menores do que o essencial para a pecuária convencional. Por exemplo, o cultivo de grilos, comum na Tailândia, no Vietnã e na República Democrática Popular do Laos, é feito principalmente nos quintais das famílias, utilizando materiais baratos como anéis de concreto ou tigelas de plástico (Van Huis *et al.*, 2013). Os recipientes possuem uma camada de palha de arroz colocada no

fundo e alimentos como ração para aves, resíduos de vegetais, flores e gramíneas são usados para nutrir os insetos (Yhoung-Aree e Viwatpanich, 2005; Van Huis *et al.*, 2013). Segundo Oonincx e de Boer (2012), para cada hectare (ha) de terra necessário para produzir proteína de larva da farinha, são necessários 2.5, 2–3.5 e 10 ha para proteína de leite, carne de porco/frango e carne bovina, respectivamente. Estes números são diferentes para diferentes espécies de insectos, mas fornecem uma indicação ampla de que a área de terra necessária para produzir proteínas à base de insectos é significativamente menor do que a área de terra necessária para a agricultura convencional (Tabassum-Abbasi *et al.*, 2016).

Outra grande vantagem dos insetos como fonte de proteína é que os insetos podem ser criados em uma infinidade de resíduos biodegradáveis. Como observou De Foliart (1989), para praticamente toda substância de origem orgânica, existem uma ou mais espécies de insetos especializados em se alimentar dela. Caso a dieta do inseto seja passível de contaminação por patógenos, estes ainda podem ser usados para alimentação animal. A importância disso pode ser avaliada pelo fato de que 60% do custo total da criação de animais para alimentação humana vem de sua alimentação, e a maior parte dos alimentos desses animais são cereais adequados para consumo humano. Nos EUA, cerca de 91% dos estimados 27,1 milhões de toneladas de cereais, leguminosas e proteínas vegetais produzidas, são destinados à alimentação do gado todos os anos. Em troca são obtidas apenas 5,3 milhões de toneladas de proteína animal (Pimentel *et al.*, 1975). Insetos herbívoros podem ser criados para consumo humano direto na serapilheira (camada de folhas em decomposição) e na biomassa de plantas invasoras (Abbasi e Nipanay, 1986). Isso reduz ainda mais a necessidade de comprometer grãos para a produção de proteína animal.

Ainda, a produção de insetos emite menos gases de efeito estufa do que a agropecuária convencional. Segundo Oonincx *et al.* (2010), em um estudo realizado com cinco espécies diferentes de insetos, a emissão de gases de efeito estufa de quatro das cinco espécies foi muito menor do que o documentado para suínos e ruminantes. Por outro lado, o ganho médio diário de massa dos insectos, que é indicativo da eficiência da produção de proteína do gado, foi 25% superior ao dos suínos e 600% superior ao dos bovinos. As espécies de insetos também emitiram menos  $\text{NH}_3$  do que o relatado para a pecuária convencional. Além disso, a produção de insetos utiliza uma quantidade muito menor de água. Para produzir 1 kg de

animal, os grilos precisam de menos de 1 L de água. Já para a mesma quantidade de carne bovina são necessários 22.000 L de água (incluindo irrigação de grãos forrageiros) (Jongema, 2015; Van Huis *et al.*, 2013). Os itens a seguir abordarão aspectos relacionados a alguns insetos que apresentam potencial de aplicação como farinha em produtos de panificação, sendo eles: larva amarela da farinha, grilo doméstico, mosca soldado-negro, grilo preto e bicho-da-seda.

#### 4.1 BESOURO DA FARINHA (*Tenebrio molitor*)

O besouro da farinha (*Tenebrio molitor*), pertence à família *Tenebrionidae* ou “besouros escuros”, que é a quinta maior família da ordem *Coleoptera*, com mais de 14.000 espécies no mundo todo. É um inseto noturno que prefere locais escuros e úmidos, como elevadores de grãos, gaiolas de pássaros, galinheiros, silos de grãos, sacos de ração e instalações de armazenamento de alimentos (Ghaly & Alkoik, 2009). Esses insetos estão distribuídos nas regiões temperadas do hemisfério norte e se alimentam de grãos de cereais quebrados ou danificados e produtos moídos (Robinson, 2005), sendo considerados pragas em alimentos armazenados.

O ciclo de vida deste inseto consiste em quatro estágios, sendo eles ovos, larvas, pupas e adultos (Figura 2) que ocorrem no mesmo ecossistema (Robinson, 2005; Roos, 2018). O ciclo geralmente é concluído em cerca de 60 dias, mas pode demorar muito mais dependendo das condições ambientais, como temperatura, umidade relativa, dieta e tamanho da população (Robinson, 2005; Selaledi *et al.*, 2019).

**Figura 2** - Ciclo de vida do *T. molitor*



Fonte: Adaptado de Gkinali *et al.* (2022)

Os ovos possuem em torno de 1,7–1,8 mm de comprimento, são de cor branca e brilhante e em formato de feijão. Eles são cobertos por um fluido secretor pegajoso e postos individualmente ou em cachos. A eclosão dos ovos é muito afetada pela temperatura e pode variar de 4 dias (a 26 - 30°C) a 34 dias (a 15°C), sendo o ideal 2 semanas a 25°C (Ghaly & Alkoaik, 2009; Selaledi *et al.*, 2019).

As larvas são de forma cilíndrica alongada com o adulto atingindo aproximadamente 25 mm de comprimento, possuem 6 patas atrás da cabeça e 2 apêndices curtos nas pontas do abdômen (Ghaly & Alkoaik, 2009; Hahn *et al.*, 2018). Logo que eclodem, as larvas são brancas, tornando-se marrom-amarelada com o passar do tempo. O período larval pode durar de 3 - 6 meses a 2 anos, caso as condições não favoreçam a transição para pupa, normalmente no inverno (Ghaly & Alkoaik, 2009). A fase larval é seguida pela fase de “metamorfose”, durante a qual as larvas adquirem o formato de “C” antes de se tornarem pupas (Selaledi *et al.*, 2019). A pupação ocorre na primavera e pode durar de 7 dias a 25 – 35 °C a 48 dias a 15°C (Robinson, 2005). As pupas são amarelas, com 1 cm de comprimento, e não

podem comer porque não têm boca e ânus. No início do verão, eles se transformam em adultos de casca dura marrom-escuro brilhante, com cerca de 1 a 1,4 cm de comprimento e uma expectativa de vida entre 16 a 173 dias (Selaledi et al., 2019). As fêmeas adultas põem cerca de 40 ovos por dia (Robinson, 2005), e sua fecundidade varia de 250 a 1.000 ovos (Ghaly & Alkoik, 2009).

A larva amarela da farinha é considerada uma das espécies de insetos mais cultivadas em todo o mundo. A agricultura em recipientes plásticos ventilados e sob condições ambientais controladas aumentou sua disponibilidade e a sustentabilidade da produção (Melgar-Lalanne et al., 2019). A taxa de crescimento é altamente influenciada pelo equilíbrio da dieta, temperatura (faixa de 25 – 27,5°C é considerada ideal), densidade populacional, umidade relativa e exposição à luz. De acordo com dados da literatura, as larvas crescem mais rápido quando a umidade relativa (UR) é alta, ou seja, acima de 70% (Grau et al., 2017; Selaledi et al., 2019).

De acordo com Varelas (2019), a inclusão na dieta dos insetos de subprodutos orgânicos, como resíduos de alimentos, subprodutos da fabricação de cerveja, entre outros, pode contribuir para melhorar a relação custo-benefício e sustentabilidade do processo de criação do *T. molitor*, além de enriquecer nutricionalmente os insetos.

#### 4.2 GRILO DOMÉSTICO (*Acheta domesticus*)

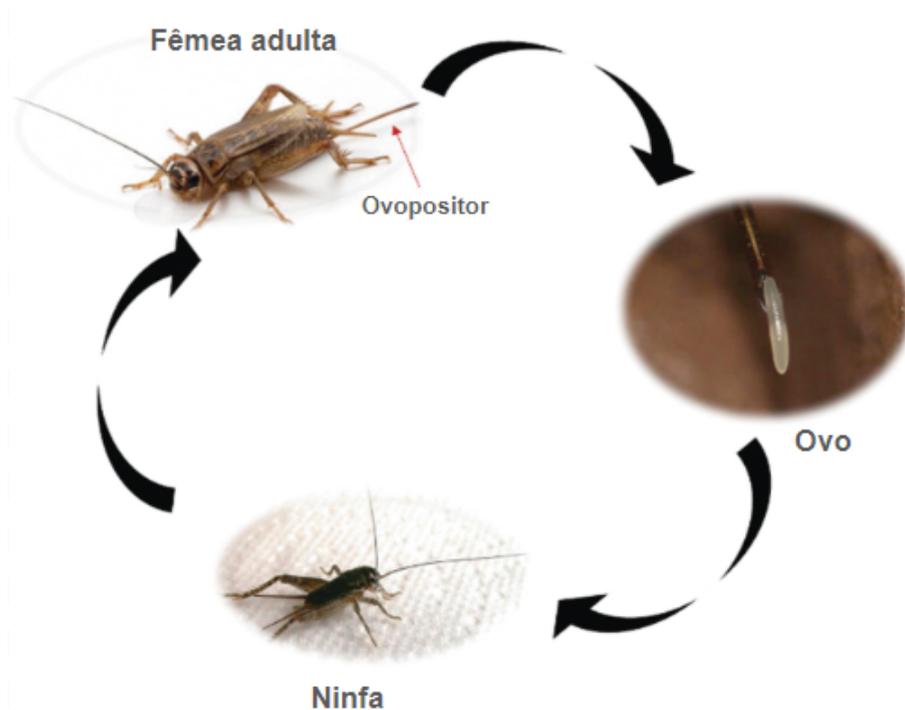
O grilo doméstico (*Acheta domesticus*), pertencente à família Gryllidae, da ordem Orthoptera, é nativo do sudoeste da Ásia, porém comum no mundo inteiro. Ele foi introduzido na América do Norte vindo da Europa no século XVIII. Esses insetos completam seu ciclo de vida em cerca de 2 meses; os juvenis atingem a idade adulta após cerca de 30 dias a 28 – 30°C e os adultos vivem 2 – 3 meses (Szelei et al., 2011).

Entre as espécies de insetos que são consumidas pelos seres humanos, o grilo doméstico é um inseto com elevado potencial comercial no mercado da União Europeia (EFSA Journal, 2015; FASFC, 2014). Na Tailândia, um país considerado líder na indústria de grilos comestíveis (Halloran et al., 2016), o *A. domesticus* é uma das espécies predominantes de insetos comestíveis criados em massa, preferida pelos criadores de insetos locais em detrimento de outras espécies (Hanboonsong et al., 2013). Isto ocorre pois há relatos de que os atributos sensoriais desta espécie

podem ser influenciados pelo substrato alimentar durante a reprodução (House, 2018), dando a ele um maior potencial para mais usos e aplicações tecnológicas no setor alimentar.

O ciclo de vida do *A. domesticus* (Figura 3) nas fazendas de insetos se inicia logo após a eclosão dos ovos. As ninfas crescem em recipientes dedicados sob condições de cultivo controladas como dieta, temperatura, luz e umidade (Hanboonsong *et al.*, 2013; Fernandez-Cassi *et al.*, 2019) para otimizar o tempo de crescimento. Quando o tamanho desejado é atingido, geralmente adultos, cerca de 2 meses após a eclosão, os grilos são colhidos (Fernandez-Cassi *et al.*, 2019).

**Figura 3** - Ciclo de vida do *A. domesticus*



Fonte: Adaptado de Ferreira *et al.* (2023)

O método de morte mais comum é o congelamento (Fernandez-Cassi *et al.*, 2019) e, em seguida, uma etapa de fervura é implementada para reduzir a presença de riscos biológicos, como patógenos. Então, os grilos são secos, para serem consumidos como insetos inteiros desidratados, ou para serem posteriormente processados para obter pó ou frações de grilo, como concentrados de proteínas e gorduras (Fernandez-Cassi *et al.*, 2019; Pasini *et al.*, 2022, EFSA Panel, 2022). Os

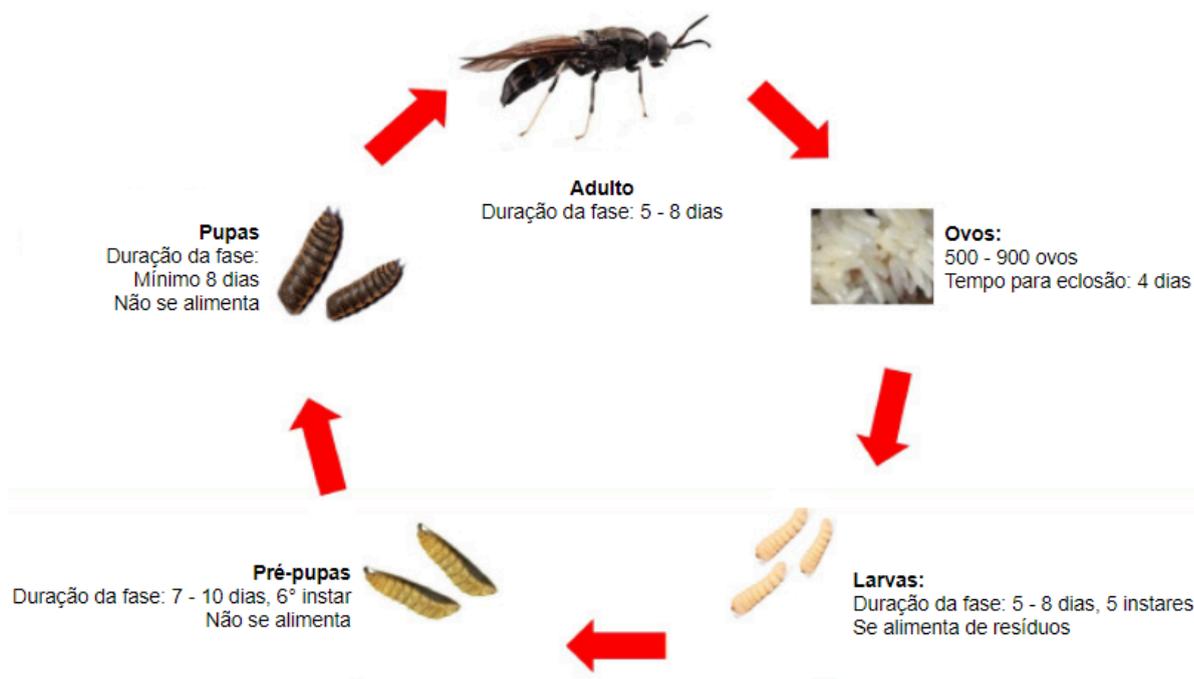
grilos cozidos também podem ser armazenados e vendidos como insetos inteiros congelados (EFSA Panel, 2021).

#### 4.3 MOSCA SOLDADO-NEGRO (*Hermetia illucens*)

A mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*), é uma espécie nativa da região Neotropical. Atualmente, ela está distribuída mundialmente, concentrada principalmente em regiões mais quentes (Marshall *et al.*, 2015; Schiavone *et al.*, 2017). As fêmeas de *H. illucens* geralmente podem produzir de 320 a 800 ovos (Dortmans *et al.*, 2017; Ritika *et al.*, 2015). A larva deste inseto pode medir até 27 mm de comprimento, pesando até 220 mg ao final de sua fase larval. As larvas podem comer rapidamente de 25 a 500 mg de material fresco por dia e podem se alimentar de uma variedade de resíduos orgânicos e materiais em decomposição, como frutas e vegetais podres, grãos de destilaria e até excrementos de animais. Elas são capazes de converter matéria em decomposição em uma fonte de nutrientes de alta qualidade devido à sua alta atividade de lipase, amilase e protease (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017).

A mosca soldado-negro passa por cinco estágios principais em seu ciclo de vida: ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto. As moscas fêmeas adultas tendem a procurar pequenas fendas perto do substrato de alimentação. Tanto os ovos como as larvas apresentam uma cor branco-amarelada; esta característica é uma indicação do seu estágio de vida atual, pois as larvas passam por um processo de melanização próximo ao final do estágio larval e começam a pupar (Hall & Gerhardt, 2002 ; Newton *et al.*, 2005). A maior parte do ciclo de vida é passada nos estágios larval e pupal (Figura 4).

**Figura 4 - Ciclo de vida da *H. illucens***



Fonte: Adaptado de Iñaki *et al.* (2022)

O estágio larval pode ser usado para fins alimentares, uma vez que a biomassa é mais elevada. Devido aos hábitos alimentares do inseto, a pré-pupa esvazia seu trato digestivo, diminuindo o risco de estar contaminado por patógenos que possam estar presentes na sua alimentação (Sheppard *et al.*, 2002).

A composição da alimentação durante os estágios larvais é um dos fatores que afetam os estágios de desenvolvimento da espécie (van Schoor *et al.*, 2020). A sobrevivência e a fecundidade da *H. illucens* adulta é afetada diretamente pela qualidade da dieta durante sua fase larval (Moreau *et al.*, 2006). As moscas adultas não precisam se alimentar e dependem principalmente do armazenamento de energia acumulado durante a fase larval (Diclaro e Kaufman, 2009; Newton *et al.*, 2005). Uma dieta de baixa qualidade reduz o período de oviposição das fêmeas, enquanto uma dieta nutritiva é capaz de prolongar este período e aumentar a produção de ovos sem afetar a taxa de eclodibilidade dos mesmos (Bertinetti *et al.*, 2019).

As moscas soldado-negro são conhecidas por sua tolerância à temperatura, umidade e substratos, o que é altamente valioso para a produção de proteínas e conversão de resíduos (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017). O teor de proteína e gordura é altamente dependente da quantidade e qualidade dos alimentos ingeridos pelas larvas (Nguyen *et al.*, 2015). Quando alimentadas com ingredientes vegetais, como a soja, as larvas possuem maiores quantidades de vários aminoácidos essenciais e alguns ácidos graxos essenciais, dependendo do substrato (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017). Os substratos à base de grãos podem variar em composição, e essa variação pode ter um efeito significativo na composição corporal das larvas.

Outra fonte alimentar promissora para a criação de larvas de *H. illucens* são os resíduos de frutas e vegetais (Spranghers *et al.*, 2017). Embora essa alimentação possa causar diminuição das taxas de crescimento e também resultar em uma conversão de resíduos menos eficiente quando comparados aos resíduos alimentares mistos (Lalander *et al.*, 2019), eles podem conter níveis mais elevados de ômega-3 em comparação com outros substratos de origem terrestre (Spranghers *et al.*, 2017).

#### 4.4 GRILO PRETO (*Gryllus assimilis*)

O grilo preto, também conhecido como grilo comum, é um inseto da espécie *Gryllus assimilis* pertencente à ordem Orthoptera. O primeiro registro de ocorrência dessa espécie foi na Jamaica em 1775 (Cigliano *et al.*, 2022). Esses grilos podem ser encontrados em diferentes ambientes como campos, pastagens, florestas e áreas urbanas. Para se protegerem, constroem galerias no solo sob pedras, troncos e cascas de árvores. Quanto à alimentação, são insetos onívoros, ou seja, se alimentam tanto de plantas quanto de outros animais (Godé *et al.*, 2015).

Os grilos estão entre os insetos mais consumidos pelos humanos por conta de suas características nutricionais. Nas fazendas de criação, estes insetos geralmente são alimentados com flocos de aveia, comida para peixes de aquário, frutas e vegetais frescos. Sua dieta geralmente é enriquecida com proteína animal, o que limita seu comportamento canibal (Hermansa *et al.*, 2022). Eles são frequentemente mantidos em recipientes de vidro ou plástico providos com ventilação adequada, bebedouros, comedouros e caixas de postura, onde as fêmeas

depositam seus ovos. A fêmea de *G. assimilis* pode botar de 150 a 400 ovos durante sua vida e a postura ocorre alguns dias após o acasalamento (Hermansa *et al.*, 2022). Os ovos podem ser postos individualmente ou em pequenos grupos, geralmente no solo ou em algum substrato suficientemente macio (Hermansa *et al.*, 2022). Em criações de laboratório, o ciclo de vida desses insetos é de aproximadamente cinco meses após a eclosão dos ovos, dos quais três meses são de período ninfal e dois meses de vida adulta (Limberger, 2018).

A incubação dos ovos dura em média 15 dias (LIMBERGER, 2018), mas a duração deste período depende, entre outros fatores, da temperatura ambiente (Hermansa *et al.*, 2022). Ainda, os fatores que influenciam a frequência da ecdise (troca do exoesqueleto) e, portanto, também a taxa de crescimento dos insetos, são a quantidade, composição e qualidade dos alimentos, a infecção do corpo por bactérias ou parasitas, e parâmetros ambientais como fotoperíodo, umidade e temperatura do ar (Hermansa *et al.*, 2022).

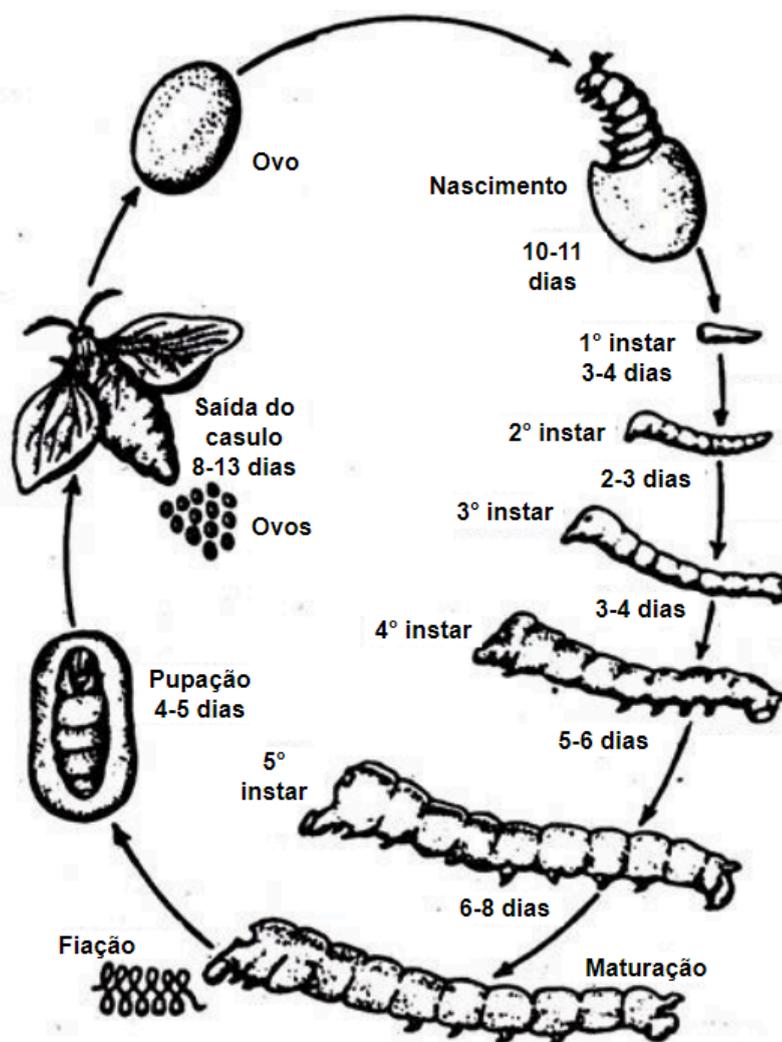
#### 4.5 BICHO-DA-SEDA (*Bombyx mori*)

O bicho-da-seda (*Bombyx mori*) pertence à família *Bombycidae* e é um inseto herbívoro que se alimenta principalmente de folhas de amoreira. O *B. mori* é originário da China, sendo um inseto economicamente importante, domesticado há milhares de anos para maximizar a produtividade da fibra de seda (Xia *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2014). Nessa produção, as larvas de último estágio secretam os fios de seda e tecem seus casulos para então se tornarem pupas. Os casulos são cozidos para matar a pupa e a seda é colhida. Portanto, a pupa do bicho-da-seda é um valioso subproduto da indústria da seda, contendo proteínas, ácidos graxos, vitaminas e minerais (Sadat *et al.*, 2022). É considerado comestível e altamente nutritivo, o que o torna popular em vários países asiáticos, incluindo Índia, Japão, Tailândia e, principalmente, China (Zuo *et al.*, 2015). Além de seu alto valor nutricional, a pupa tem sido associada a vários efeitos positivos, como melhora do sistema imunológico, propriedades antitumorais e redução da glicemia e pressão arterial (Zhou *et al.*, 2022)

O bicho-da-seda passa por seu ciclo de vida completo (Figura 5) em cerca de seis a oito semanas, dependendo das suas características genéticas e das

condições climáticas (Mahesha, 2013). Ele passa por quatro fases de metamorfose diferentes: ovo, larva, pupa e adulto (Asakura & Williamson, 2023).

Figura 5 - Ciclo de vida da *B. mori*



Fonte: Adaptado de Mahesha (2013)

Características como tamanho, peso, formato e cor dos ovos, variam entre as diferentes linhagens. O peso de um único ovo é de cerca de 0,55 a 0,6 mg e com 1 a 1,3 mm de comprimento (Mahesha, 2013). A larva do bicho-da-seda, quando recém-eclodida, é preta ou marrom escura e seu corpo é coberto de cerdas. Conforme a larva cresce, ela fica mais lisa e mais clara devido ao rápido estiramento da pele do animal. Metade do ciclo de vida do *B. mori* é o estágio larval. Esse período pode durar de 20 a 28 dias dependendo da linhagem e das condições climáticas (Mahesha, 2013). Ainda, nesse estágio o verme muda de pele quatro vezes para poder crescer. Depois disso, ele atinge o quinto e último ínstar, quando

atinge seu peso máximo um dia antes da maturidade e antes de parar de se alimentar. No seu peso máximo é cerca de 10.000 vezes o seu próprio peso no momento da eclosão (Mahesha, 2013). Quando a larva está totalmente madura, ela perde o apetite, para de se alimentar, e esvazia seu trato digestivo

Após essa etapa começa a fiação do casulo, que dura em torno de 48-72 horas. Em mais um ou dois dias, o verme se transforma na pupa dentro do casulo. Logo após a pupação, a pupa é branca e macia, mas gradualmente torna-se marrom e sua pele fica mais dura. O período pupal pode durar de 8 a 14 dias, após os quais a mariposa adulta emerge cortando a pupa pele e perfurando a casca fibrosa do casulo (Mahesha, 2013).

As mariposas adultas estão prontas para copular imediatamente após saírem do casulo e a fêmea então põe os ovos. A vida adulta é curta, durando de 3 a 10 dias. Os adultos não se alimentam e também são incapazes de voar devido à domesticação ao longo de milhares de anos. Uma fêmea pode botar entre 400 e 600 ovos (Mahesha, 2013).

## 5 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DOS INSETOS COMESTÍVEIS

O perfil nutricional dos insetos comestíveis depende da espécie e pode ser altamente variável. Mesmo dentro do mesmo grupo de espécies de insetos, o valor nutricional pode diferir devido à dieta, estágio metamórfico, habitat e condições ambientais (Lange & Nakamura, 2021). A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelos estudos publicados nos últimos 4 anos sobre a composição nutricional dos insetos escolhidos para esta revisão. A unidade é representada em g/100g base úmida e o restante em g/100g base seca.

**Tabela 1** - Composição nutricional das espécies *T. molitor*, *A. domesticus*, *H. illucens*, *G. assimilis* e *B. mori*

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Umidade (% b.u.)	Proteínas totais (% b.s.)	Lipídeos totais (% b.s.)	Carb. (% b.s.)	Fibras (% b.s.)	Cinzas (% b.s.)	Fonte
<i>T. molitor</i> (Besouro da farinha)	Larva	-	-	52,23 ± 0,81	29,42 ± 0,20	11,22 ± 1,60	-	4,30 ± 0,24	Wu <i>et al.</i> , 2020
		Farelo de trigo	-	45,6 ± 2,8	34,5 ± 3,2	-	-	4,08 ± 0,19	Costa <i>et al.</i> , 2020
		Farinha de trigo refinada (48%), farinha de trigo integral (29%), leite em pó integral (15%) e grãos de trigo (8%)	-	35,62 ± 0,06	28,84 ± 1,14	-	-	4,00 ± 0,38	Lawal <i>et al.</i> , 2022
		-	6,39 ± 0,18	49,89 ± 0,01	29,64 ± 0,76	-	8,54 ± 0,08	3,65 ± 0,01	Kowalski <i>et al.</i> , 2022
		Aveia	-	41,7 ± 0,94	27,2 ± 1,21	-	7,78 ± 0,321	4,91 ± 0,176	Khanal <i>et al.</i> , 2023
		Farelo de trigo	-	40,2 ± 0,94	31,6 ± 1,10	-	7,57 ± 0,321	5,42 ± 0,176	Khanal <i>et al.</i> , 2023
		Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	4,96 ± 0,35	57,36 ± 3,82	32,46 ± 0,31	-	-	3,88 ± 0,06	Oliveira <i>et al.</i> , 2024
		Farelo de trigo	-	40,4 ± 0,54	28,5 ± 0,956	-	3,11 ± 0,71	3,59 ± 0,24	Khanal <i>et al.</i> , 2023
		Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	4,33 ± 0,23	57,78	31,21 ± 1,05	-	-	3,63 ± 0,06	Oliveira <i>et al.</i> , 2024
		Adulto	Farelo de trigo	-	47,2 ± 0,50	18,47 ± 0,956	-	20,64 ± 0,71	3,3 ± 0,24

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Umidade (% b.u.)	Proteínas totais (% b.s.)	Lípidos totais (% b.s.)	Carb. (% b.s.)	Fibras (% b.s.)	Cinzas (% b.s.)	Fonte
<i>A. domesticus</i> (Grilo doméstico)	Adulto	-	2,46 ± 0,45	62,51 ± 0,05	8,37 ± 0,21	-	9,48 ± 0,05	3,39 ± 0,01	Kowalski <i>et al.</i> , 2022
		Mistura de grãos e vegetais	4,72 ± 0,07	72,00 ± 0,33	15,40 ± 1,06	-	4,41 ± 0,08	-	Brogan <i>et al.</i> , 2021
		-	10,97 ± 2,41	72,45 ± 1,30	18,19 ± 0,63	6,64 ± 0,15	-	3,97 ± 0,96	Psarianos <i>et al.</i> , 2022
		Mistura de grãos e vegetais	8,00 ± 0,07	71,96 ± 0,32	15,39 ± 1,05	-	-	4,79 ± 0,08	Rose <i>et al.</i> , 2023
<i>H. illucens</i> (Mosca soldado-negro)	Larva	Farelo de trigo	-	23,58 ± 0,02	42,65 ± 3,74	-	-	4,34 ± 0,36	Lawal <i>et al.</i> , 2022
		Grãos com 70% de umidade	-	27,54 ± 0,22	51,53 ± 0,56	-	-	6,59 ± 0,35	Traksele <i>et al.</i> , 2021
		-	9,48 ± 0,34	44,47 ± 1,77	22,60 ± 1,39	21,13 ± 0,57	-	10,81 ± 0,26	Mshayisa; Wyk & Zozo, 2022
	Larva de 5º estágio	Pera (40%), banana (45%), tomate (5%) e vegetais de folhas verdes (10%)	-	36,70 ± 2,69	32,97 ± 0,16	-	-	5,00 ± 0,03	Giannetto <i>et al.</i> , 2020
	Larva de 6º estágio	Resíduos frescos de coalhada de soja e de endosperma de coco (1:1)	-	48,60	9,61	35,41	-	6,40	Abduh <i>et al.</i> , 2022
	Pré-pupa	Pera (40%), banana (45%), tomate (5%) e vegetais de folhas verdes (10%)	-	39,88 ± 1,11	30,80 ± 0,20	-	-	5,66 ± 0,07	Giannetto <i>et al.</i> , 2020
<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)	Ninfa	Ração para frango e farelo de soja	-	60,59 ± 1,67	33,37 ± 1,89	-	-	3,20 ± 0,13	Škvorová <i>et al.</i> , 2023
	Ninfa de último estágio	Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	3,45 ± 0,12	67,97 ± 1,62	22,15 ± 0,63	-	-	4,63 ± 0,48	Oliveira <i>et al.</i> , 2024

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Umidade (% b.u.)	Proteínas totais (% b.s.)	Lipídeos totais (% b.s.)	Carb. (% b.s.)	Fibras (% b.s.)	Cinzas (% b.s.)	Fonte
<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)	Adulto	Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	5,48 ± 0,08	67,39 ± 5,35	23,23 ± 0,90	-	-	4,88 ± 0,03	Oliveira <i>et al.</i> , 2024
	Larva	Folhas de amoreira	0,47 ± 0,08	53,07 ± 0,10	33,30 ± 16,00	-	2,59 ± 0,06	-	Brogan <i>et al.</i> , 2021
<i>B. mori</i> (Bicho-da-seda)	-	-	-	60,7 ± 0,20	23,5 ± 0,21	11,3 ± 0,42	1,1 ± 0,16	0,9 ± 0,56	Akande <i>et al.</i> , 2020
	Pupa	-	-	54,50 ± 0,5	28,03 ± 6,4	4,7 ± 0,07	-	4,5 ± 0,8	Yeruva <i>et al.</i> , 2023
	-	Folhas de amoreira	8,00 ± 0,09	53,07 ± 0,11	37,52 ± 0,03	-	-	2,81 ± 0,63	Rose <i>et al.</i> , 2023

Fonte: A autora (2024).

Geralmente, os insetos são considerados uma rica fonte de proteínas, e lipídeos, porém, o valor nutricional varia de acordo com a dieta, estágio de desenvolvimento, sexo, espécie, ambiente de crescimento e métodos de medição (van Huis & Oonincx, 2017). Em média, o teor de proteína dos insetos estudados variou entre 23,58 e 72,45% do peso seco (Lawal *et al.*, 2022; Psarianos *et al.*, 2022). Ou seja, mesmo no valor inferior da faixa, os insetos possuem uma quantidade comparável a outras fontes de proteína animal, que variam entre 18 e 32% (TBCA, 2023). Deve-se salientar que insetos contêm quitina em seu exoesqueleto, e este carboidrato normalmente é identificado como proteína durante testes de laboratório, já que estes quantificam nitrogênio. Portanto, é de extrema importância a quantificação da quitina presente nos insetos para corrigir a quantidade de proteínas.

O segundo maior componente da composição de nutrientes dos insetos são os lipídeos. Vários fatores, como espécie, sexo, estágio de reprodução, estação, dieta e habitat, individualmente ou em combinação, podem influenciar o teor de gordura dos insetos (Schlüter *et al.*, 2017). Os teores médios de lipídeos totais das espécies *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Hermetia illucens*, *Gryllus assimilis* e *Bombyx mori* são 26,77%, 14,33%, 30,97%, 26,25% e 30,59%, respectivamente. Em geral, larvas e pupas têm mais gordura que insetos adultos (Schlüter *et al.*, 2017). Cada espécie possui um perfil de ácidos graxos específico, que será detalhado no item 5.2 desta revisão.

Os carboidratos nos insetos existem principalmente em duas formas: quitina e glicogênio. A quitina é um polímero de N-acetil-d-glucosamina que é o principal componente do exoesqueleto, enquanto o glicogênio é uma fonte de energia armazenada nas células e tecidos musculares (Ojha *et al.*, 2021). A literatura disponível não fornece muitos dados sobre o teor de carboidratos e fibras das espécies selecionadas, como é possível observar na Tabela 1.

Como esperado, a maioria dos insetos contém apenas pequenas quantidades de cinzas, isso ocorre pois não possuem o esqueleto calcificado encontrado na maioria dos vertebrados. Dentre as espécies selecionadas, a larva da mosca soldado-negro apresentou a maior porcentagem, com 10,81% (Mshayisa; Wyk & Zozo, 2022), e a pupa do bicho da seda apresentou a menor, com 0,9% (Akande *et al.*, 2020).

Assim, podemos observar que os adultos de *A. domesticus* alimentados com uma mistura de grãos e vegetais são os insetos que possuem o maior teor de proteínas, seguido dos adultos e ninfas de último estágio de *G. assimilis*, alimentados com farelo de trigo, ração de codorna e cenoura. Já as larvas de *H. illucens* alimentadas com grãos com 70% de umidade são os insetos que possuem a maior porcentagem de lipídeos, seguidas pelas pupas de *B. mori* alimentadas com folhas de amoreira. As larvas de *H. illucens* também se destacam por sua quantidade alta de minerais.

## 5.1 PERFIL DE AMINOÁCIDOS

Como mencionado anteriormente, os insetos têm sido apresentados como uma das fontes alternativas de proteína mais promissoras para resolver o problema global de produção de proteína (Van Huis *et al.*, 2013). Além disso, existem dados suficientes para mostrar que os insetos são uma boa fonte de aminoácidos e fornecem boas quantidades dos aminoácidos essenciais (Tabela 2).

Os dados obtidos para a larva do *T. molitor* indicam que ela possui quantidades suficientes de histidina, tirosina e treonina. Segundo Wu *et al.* (2020) e Oliveira *et al.* (2024), as larvas possuem quantidades insuficientes de isoleucina, leucina, lisina, triptofano e valina. Já segundo Costa *et al.* (2020), o único aminoácido limitante da larva é a lisina, porém este autor não realizou as análises para quantificar os aminoácidos metionina + cisteína e triptofano. Na pesquisa

realizada por Khanal *et al.* (2023), as larvas analisadas apresentaram quantidades suficientes de todos os aminoácidos essenciais para a alimentação humana. Ainda de acordo com este autor, as pupas de *T. molitor* também apresentam quantidades de aminoácidos bem próximas das larvas. Oliveira *et al.* (2024) determinou que o aminoácido limitante das pupas é a lisina. Com relação aos besouros adultos, Khanal *et al.* (2023) determinaram que somente os aminoácidos metionina + cisteína não atingem o mínimo indicado.

Os grilos domésticos adultos possuem todos os aminoácidos essenciais em quantidades suficientes para que sua proteína seja considerada de boa qualidade (Brogan *et al.*, 2021), o que torna a farinha deste inseto uma boa opção para melhorar nutricionalmente os alimentos.

Segundo Traksele *et al.* (2021), as larvas da mosca soldado-negro apresentam quantidades suficientes de todos os aminoácidos essenciais exceto a lisina. Já no trabalho realizado por Mshayisa, Wyk e Zozo (2022), as quantidades de isoleucina, leucina, lisina e valina não atingem o mínimo necessário. As larvas de sexto estágio, avaliadas por Abduh *et al.* (2022), apresentaram quantidades significativas de todos os aminoácidos avaliados pelos pesquisadores, porém metionina, cisteína e triptofano não foram analisados. O mesmo resultado foi obtido para pré-pupas por Škvorová *et al.* (2023), em que a cisteína e o triptofano não foram avaliados.

Ao analisar as ninfas de grilo preto (*G. assimilis*), Škvorová *et al.* (2023) determinou que o principal aminoácido limitante é a leucina, seguido da lisina. Quando analisados estágios mais avançados desse inseto (ninfas de última fase e adultos), Oliveira *et al.* (2024) determinou que a quantidade de isoleucina e valina também estão abaixo do valor adequado, e esses dois estágios apresentam perfis de aminoácidos muito parecidos.

Segundo Brogan *et al.* (2021), as larvas de bicho-da-seda apresentam quantidades adequadas de todos os aminoácidos essenciais, como pode ser observado na Tabela 2. Já as pupas, possuem várias deficiências de aminoácidos, principalmente leucina e valina. Isso ressalta ainda mais as variações que ocorrem na composição nutricional dos insetos com a mudança dos estágios de vida.

Tendo em vista a aplicação de farinhas destes insetos em produtos de panificação, vale destacar que a maioria dos cereais tem como aminoácido limitante

**Tabela 2** - Perfil de aminoácidos essenciais (mg/g de proteína) das espécies *T. molitor*, *A. domesticus*, *H. illucens*, *G. assimilis* e *B. mori*

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Cisteína	Fenilalanina	Tirosina	Treonina	Triptofano	Valina	Fonte
<i>T. molitor</i> (Besouro da farinha)		-	16,03 ± 0,82	25,08 ± 1,65	42,24 ± 1,97	30,27 ± 3,33	11,51 ± 3,22	22,71 ± 9,19	25,06 ± 2,74	41,09 ± 2,18	24,23 ± 1,11	5,71 ± 1,53	36,2 ± 1,78	Wu et al., 2020
	Larva	Farelo de trigo	28,9 ± 1,2	32,1 ± 1,1	75,9 ± 2,4	26,2 ± 1,4	-	-	34,3 ± 1,6	67,2 ± 2,1	54,8 ± 2,0	-	49,2 ± 1,6	Costa et al., 2020
		-	32,67 ± 0,14	39,95 ± 0,56	66,74 ± 0,20	51,51 ± 0,16	18,69 ± 0,11	-	35,66 ± 0,38	-	35,76 ± 0,20	-	57,09 ± 0,54	Kowalski et al., 2022
		Farelo de trigo	39,3 ± 0,67	46,52 ± 0,67	79,85 ± 1,20	66,42 ± 1,97	13,38 ± 0,46	9,77 ± 0,27	40,30 ± 1,05	75,12 ± 9,03	42,79 ± 0,57	11,42 ± 0,26	49,75 ± 1,90	Khanal et al., 2023
		Farelo de trigo, ração e cenoura	27,24 ± 0,19	26,51 ± 0,0	50,97 ± 0,37	32,25 ± 0,37	15,01 ± 0,0	11,12 ± 0,37	35,56 ± 0,19	64,13 ± 0,93	30,03 ± 0,37	-	38,55 ± 0,19	Oliveira et al., 2024
		Farelo de trigo	39,85 ± 0,82	47,03 ± 0,81	82,43 ± 1,47	64,85 ± 2,40	13,49 ± 0,55	8,66 ± 0,33	42,08 ± 1,28	68,81 ± 10,99	43,56 ± 0,65	14,43 ± 0,34	50,25 ± 2,32	Khanal et al., 2023
	Pupa	Farelo de trigo, ração e cenoura	31,29 ± 0,72	31,47 ± 0,18	58,79 ± 0,36	30,39 ± 13,02	15,01 ± 1,45	10,13 ± 0,36	40,34 ± 0,18	73,08 ± 1,99	34,19 ± 0,54	-	45,77 ± 1,27	Oliveira et al., 2024
Adulto	Farelo de trigo	44,49 ± 0,65	47,88 ± 0,64	88,14 ± 1,16	51,27 ± 1,90	11,23 ± 0,44	7,92 ± 0,26	33,26 ± 1,02	86,02 ± 8,71	38,35 ± 0,51	13,62 ± 0,25	53,18 ± 1,84	Khanal et al., 2023	
<i>A. domesticus</i> (Grilo doméstico)		-	23,37 ± 0,25	40,91 ± 0,33	72,09 ± 0,73	55,84 ± 0,55	19,67 ± 0,29	-	34,68 ± 0,35	-	36,84 ± 0,11	-	59,48 ± 0,46	Kowalski et al., 2022
	Adulto	Mistura de grãos e vegetais	21,11 ± 0,69	40,42 ± 0,14	67,08 ± 0,28	54,17 ± 0,42	15,28 ± 0,14	7,64 ± 0,14	32,5 ± 0,28	44,17 ± 0,97	35,28 ± 0,28	9,44 ± 0,28	53,33 ± 1,25	Brogan et al., 2021

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Cisteína	Fenilalanina	Tirosina	Treonina	Triptofano	Valina	Fonte
<i>H. illucens</i> (Mosca soldado-negro)		Grãos	46,11 ± 3,99	49,02 ± 5,08	61,73 ± 7,99	42,12 ± 8,35	34,46 ± 9,08	4,36 ± 2,90	40,30 ± 6,90	52,65 ± 5,81	37,40 ± 5,45	10,53 ± 2,90	67,18 ± 8,35	Traksele <i>et al.</i> , 2021
	Larva	-	18,2 ± 0,1	24,9 ± 0,1	40,1 ± 1,2	37,3 ± 0,1	25,3 ± 0,0	-	41,4 ± 0,1	68,9 ± 0,0	28,7 ± 5,3	-	33,9 ± 0,1	Mshayisa; Wyk & Zozo, 2022
	Larva de 6º estágio	Resíduos de coalhada de soja e endosperma de coco (1:1)	31,1	53,9	85,7	76,2	-	-	42,0	54,9	49,5	-	71,3	Abduh <i>et al.</i> , 2022
	Pré-pupa	Farelo de trigo	30,8 ± 0,4	40,0 ± 0,4	69,2 ± 1,3	62,5 ± 0,4	36,8 ± 0,9	-	42,4 ± 2,0	67,9 ± 1,8	42,2 ± 0,6	-	56,9 ± 0,4	El-Dakar; Ramzy & Ji, 2021
<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)	Ninfa	Ração para frango e farelo de soja	20,4 ± 6,1	29,6 ± 2,7	50,2 ± 5,5	42,3 ± 6,7	9,7 ± 0,6	12,1 ± 1,0	25,0 ± 2,0	43,7 ± 4,6	28,3 ± 2,8	-	43,8 ± 5,4	Škvorová <i>et al.</i> , 2023
	Ninfa de último estágio	Farelo de trigo, ração e cenoura	18,90 ± 0,76	22,86 ± 0,30	46,93 ± 0,15	27,28 ± 1,22	15,69 ± 0,46	11,28 ± 0,46	37,79 ± 12,80	38,70 ± 1,68	26,21 ± 0,15	-	33,07 ± 0,46	Oliveira <i>et al.</i> , 2024
	Adulto	Farelo de trigo, ração e cenoura	18,21 ± 2,04	22,61 ± 1,57	45,06 ± 4,40	30,62 ± 2,04	15,23 ± 1,26	10,83 ± 0,79	28,58 ± 2,51	48,83 ± 5,81	26,06 ± 2,83	-	33,60 ± 2,83	Oliveira <i>et al.</i> , 2024
<i>B. mori</i> (Bicho-da-seda)	Larva	Folhas de amoreira	31,84 ± 0,57	44,28 ± 0,19	69,72 ± 0,19	69,34 ± 0,75	28,08 ± 0,38	13,57 ± 0,19	50,50 ± 1,13	60,11 ± 0,75	42,77 ± 0,38	16,96 ± 0,38	40,14 ± 0,19	Brogan <i>et al.</i> , 2021
	Pupa	-	17,1 ± 3,2	-	25,6 ± 0,0	40,6 ± 9,2	35,7 ± 10,4	4,4 ± 0,5	27,2 ± 0,0	30,5 ± 4,0	11,7 ± 3,2	14,9 ± 4,0	15,2 ± 3,3	Yeruva <i>et al.</i> , 2023
Perfil de aminoácidos para alegações nutricionais de proteína			15	30	59	45	22		38		23	6	39	Brasil, 2020

Fonte: A autora (2023)

a lisina. Portanto, utilizar insetos que são ricos neste aminoácido, como o *A. domesticus*, para enriquecer os produtos de panificação garante a presença de todos os aminoácidos essenciais no alimento.

## 5.2 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

Os perfis de ácidos graxos dos insetos também dependem da espécie e da dieta do inseto (Schlüter *et al.*, 2017), como demonstrado na Tabela 3. A Tabela 4 traz os totais de ácidos graxos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA).

Os ácidos graxos saturados mais presentes no besouro da farinha (*T. molitor*) e no grilo doméstico (*A. domesticus*), em todas as fases avaliadas do ciclo de vida, são o ácido palmítico (C16:0), seguido do mirístico (C14:0) e do esteárico (C18:0). Já na mosca soldado-negro (*H. illucens*) o ácido graxo saturado em maior quantidade é o láurico (C12:0), seguido do palmítico. O grilo preto (*G. assimilis*) e o bicho-da-seda (*B. mori*) possuem o ácido palmítico como maior contribuinte da porcentagem de ácidos graxos saturados, seguido pelo ácido esteárico. O ácido esteárico não produz colesterol, pois quando ingerido sofre transformação para ácido oléico, que tem dupla ligação e não participa da produção de colesterol no organismo humano. Já os ácidos palmítico, mirístico e láurico produzem colesterol e seu consumo deve ser evitado (Manco & Carvalho, s.d.).

Quanto aos ácidos graxos mono-insaturados, o de maior contribuição para todos os insetos avaliados, exceto no bicho-da-seda, foi o ácido oleico (C18:1), um dos ácidos graxos do grupo ômega-9. Dos poli-insaturados, o ácido linoleico (C18:2, parte do grupo ômega-6) é o que está presente em maior quantidade em todos os insetos, exceto no bicho-da-seda. Os estudos existentes sobre o perfil de ácidos graxos do *B. mori* são escassos e não avaliam uma grande quantidade de ácidos. Os ácidos graxos ômega-3, 6, 7 e 9 não são sintetizados pelo organismo humano, devendo ser consumidos na dieta. Estes ácidos são responsáveis pela constituição e manutenção das membranas celulares, regularizando diversas disfunções do organismo e restabelecendo o equilíbrio (Lamin, 2006).

*T. molitor*, *A. domesticus* e *G. assimilis* possuem quantidades equilibradas de SFAs, MUFAs e PUFAs (Tabela 4). No entanto, *H. illucens* apresenta uma quantidade elevada de ácidos graxos saturados, chegando a um máximo de 84,51%

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos dos insetos *T. molitor*, *A. domesticus*, *H. illucens*, *G. assimilis* e *B. mori*

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Unidade	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3	Fonte	
<i>T. molitor</i> (Besouro da farinha)	Larva	Farelo de trigo	mg/g	4,79 ± 0,19	31,62 ± 2,02	3,21 ± 0,19	257,24 ± 17,04	3,77 ± 0,13	10,23 ± 0,64	28,91 ± 1,75	655,78 ± 86	438,60 ± 27,7	33,78 ± 1,61	Wu <i>et al.</i> , 2020	
			g/100g	-	0,39 ± 0,07	-	1,47 ± 0,14	-	0,26 ± 0,01	0,27 ± 0,03	3,63 ± 0,15	3,19 ± 0,14	0,14 ± 0,01	Costa <i>et al.</i> , 2020	
			% molar	0,46 ± 0,20	1,63 ± 0,65	0,18 ± 0,13	18,89 ± 0,75	0,30 ± 0,06	3,51 ± 0,92	1,26 ± 0,38	37,95 ± 3,73	34,31 ± 2,72	1,47 ± 0,35	Lawal <i>et al.</i> , 2022	
				% dos ácidos graxos	0,34 ± 0,02	2,89 ± 0,07	0,29 ± 0,01	24,93 ± 0,24	0,32 ± 0,01	4,86 ± 0,01	2,31 ± 0,03	42,95 ± 0,14	18,19 ± 0,06	1,14 ± 0,01	Kowalski <i>et al.</i> , 2022
			Farelo de trigo	g/kg de matéria seca	0,65 ± 0,044	11,88 ± 0,662	0,307 ± 0,0140	43,16 ± 2,01	0,489 ± 0,0464	7,80 ± 0,439	6,69 ± 0,328	139,10 ± 4,88	71,9 ± 2,00	1,230 ± 0,121	Khanal <i>et al.</i> , 2023
			Farelo de trigo e vegetais frescos	% do total de lipídeos	0,25 ± 0,026	2,48 ± 0,064	0,13 ± 0,004	13,78 ± 0,386	0,12 ± 0,003	1,94 ± 0,056	1,85 ± 0,045	32,03 ± 0,784	32,27 ± 0,764	1,64 ± 0,045	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
			Farelo de trigo	g/kg de matéria seca	0,976 ± 0,0515	14,03 ± 0,783	0,33 ± 0,0166	43,86 ± 2,37	0,452 ± 0,0549	8,74 ± 0,519	6,27 ± 0,388	134,43 ± 5,78	67,2 ± 2,32	1,398 ± 0,143	Khanal <i>et al.</i> , 2023
		Pupa	Farelo de trigo e vegetais frescos	% do total de lipídeos	0,28 ± 0,026	3,01 ± 0,064	0,16 ± 0,004	13,14 ± 0,386	0,14 ± 0,003	2,19 ± 0,056	1,85 ± 0,045	29,86 ± 0,784	34,92 ± 0,764	1,77 ± 0,045	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
		Adulto	Farelo de trigo	g/kg de matéria seca	0,19 ± 0,044	5,07 ± 0,662	0,251 ± 0,0140	30,60 ± 2,01	0,393 ± 0,0464	9,01 ± 0,439	2,75 ± 0,328	74,59 ± 4,88	42,3 ± 10,8	0,679 ± 0,12	Khanal <i>et al.</i> , 2023

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Unidade	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3	Fonte
A. <i>domesticus</i> (Grilo doméstico)	Ninfa	Ração para frango	% dos ácidos graxos	-	0,69 ± 0,07	-	26,14 ± 1,57	0,25 ± 0,03	9,11 ± 0,39	0,43 ± 0,02	23,93 ± 0,21	35,04 ± 1,04	1,54 ± 0,10	Tzompa-Sosa <i>et al.</i> , 2021
	Adulto	-	% dos ácidos graxos	0,06 ± 0,00	0,68 ± 0,01	0,07 ± 0,00	26,02 ± 0,15	0,18 ± 0,00	9,27 ± 0,04	1,11 ± 0,01	28,79 ± 0,09	31,26 ± 0,13	0,99 ± 0,02	Kowalski <i>et al.</i> , 2022
<i>H. illucens</i> (Mosca soldado-negro)	Larva	Farelo de trigo		31,12 ± 1,74	6,08 ± 0,19	0,22 ± 0,02	14,14 ± 0,42	0,14 ± 0,01	2,38 ± 0,16	2,69 ± 0,04	25,06 ± 1,05	12,14 ± 0,2	3,33 ± 0,06	Lawal <i>et al.</i> , 2022
		Resíduos do descascamento de vegetais	% do total de lipídeos	20,84 ± 2,1	4,96 ± 0,397	0,18 ± 0,017	11,73 ± 0,682	0,19 ± 0,006	2,24 ± 0,096	1,85 ± 0,086	23,53 ± 1,091	9,06 ± 0,377	0,98 ± 0,035	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
	Larva de 5º estágio	Pera, banana, tomate e vegetais de folhas verdes	%p/p	28,10	3,85	0,81	5,78	33,62	0,72	1,65	4,27	1,27	10,30	Giannetto <i>et al.</i> , 2020
	Larva de 6º estágio	Resíduos frescos de coalhada de soja e de endosperma de coco (1:1)	%p/p	61,68	8,91	-	7,62	-	1,18	0,89	6,77	8,53	-	Abduh <i>et al.</i> , 2022
Pré-pupa	Pera, banana, tomate e vegetais de folhas verdes	%p/p	61,87	9,07	0,03	7,90	3,22	1,15	2,44	5,26	2,38	4,75	Giannetto <i>et al.</i> , 2020	
		Farelo de trigo	%p/p	41,96 ± 3,56	7,05 ± 0,75	-	12,59 ± 0,59	-	1,48 ± 0,05	5,82 ± 0,68	11,19 ± 0,64	12,36 ± 1,01	1,08 ± 0,13	El-Dakar; Ramzy & Ji, 2021
	Pupa	Resíduos do descascamento de vegetais	% do total de lipídeos	30,96 ± 2,1	7,18 ± 0,397	0,16 ± 0,017	11,42 ± 0,682	0,14 ± 0,006	1,58 ± 0,096	2,07 ± 0,086	24,50 ± 1,091	9,49 ± 0,377	1,02 ± 0,035	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Unidade	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3	Fonte
<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)	Ninfa	Ração para frango	% dos ácidos graxos	-	0,82 ± 3,03	0,05 ± 0,09	24,50 ± 0,51	0,20 ± 0,01	7,44 ± 0,19	0,55 ± 0,01	25,29 ± 0,54	35,34 ± 0,55	1,38 ± 0,03	Tzompa-Sosa <i>et al.</i> , 2021
		Ração para frango e farelo de soja	% dos ácidos graxos	<0,01	0,63 ± 0,04	<0,01	23,62 ± 0,65	0,25 ± 0,01	8,11 ± 0,16	0,95 ± 0,03	29,00 ± 0,35	28,45 ± 0,53	0,29 ± 0,03	Škvorová <i>et al.</i> , 2023
<i>B. mori</i> (Bicho-da-seda)	Pupa	-	mg/g	0,001	0,006	-	1,52	-	0,53	0,028	-	-	3,52	Yeruva <i>et al.</i> , 2023

\* Ácidos graxos avaliados: Ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecanóico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido heptadecanóico (C17:0) ácido esteárico (C18:0), ácido palmitoléico (C16:1), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2) e Ácido α-linolênico (C18:3)

Fonte: A autora (2024)

**Tabela 4** - Proporção de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados dos insetos *T. molitor*, *A. domesticus*, *H. illucens* e *G. assimilis*

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Unidade	Saturados	Monoinsaturados	Poli-insaturados	Fonte
<i>T. molitor</i> (Besouro da farinha)	Larva	Farinha de trigo refinada e integral, leite em pó integral e grãos de trigo	% molar	25,01 ± 0,28	39,21 ± 3,35	35,78 ± 3,06	Lawal <i>et al.</i> , 2022
		Farelo de trigo e vegetais frescos	% do total de lipídeos	18,73 ± 0,503	34,21 ± 0,835	34,08 ± 0,815	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
	Pupa	Farelo de trigo e vegetais frescos	% do total de lipídeos	18,83 ± 0,503	32,09 ± 0,835	37,03 ± 0,815	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
<i>A. domesticus</i> (Grilo doméstico)	Ninfa	Ração para frango	% do total de ácidos graxos detectados	36,36 ± 1,32	25,94 ± 0,22	37,03 ± 1,19	Tzompa-Sosa <i>et al.</i> , 2021

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Unidade	Saturados	Monoinsaturados	Poli-insaturados	Fonte
<i>A. domesticus</i> (Grilo doméstico)	Adulto	-	% do total de ácidos graxos detectados	36,69	30,53	32,78	Kowalski <i>et al.</i> , 2022
	Larva	Farelo de trigo	% molar	55,83 ± 1,26	28,26 ± 1,06	15,91 ± 0,27	Lawal <i>et al.</i> , 2022
		Resíduos do descascamento de vegetais	% do total de lipídeos	40,68 ± 0,604	26,34 ± 1,203	12,21 ± 0,392	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
	Larva de 5° estágio	Pera, banana, tomate e vegetais de folhas verdes	%p/p	73,48	14,95	11,57	Giannetto <i>et al.</i> , 2020
<i>H. illucens</i> (Mosca soldado-negro)	Larva de 6° estágio	Resíduos frescos de coalhada de soja e de endosperma de coco (1:1)	%p/p	83,48	7,98	8,53	Abduh <i>et al.</i> , 2022
	Pré- pupa	Pera, banana, tomate e vegetais de folhas verdes	%p/p	84,51	8,36	7,13	Giannetto <i>et al.</i> , 2020
		Farelo de trigo	%p/p	64,36 ± 3,66	17,70 ± 1,35	13,43 ± 1,13	El-Dakar; Ramzy & Ji, 2021
	Pupa	Resíduos do descascamento de vegetais	% do total de lipídeos	52,40 ± 0,604	27,22 ± 1,203	11,93 ± 0,392	Tognocchi <i>et al.</i> , 2023
<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)	Ninfa	Ração para frango	% do total de ácidos graxos detectados	33,38 ± 0,71	27,64 ± 0,60	36,75 ± 0,48	Tzompa- Sosa <i>et al.</i> , 2021
		Ração para frango e farelo de soja	% do total de ácidos graxos detectados	32,95 ± 0,23	30,90 ± 0,14	36,31 ± 0,18	Škvorová <i>et al.</i> , 2023

Fonte: A autora (2024)

dos ácidos graxos da pré-pupa do inseto (Giannetto *et al.*, 2020). Esta característica torna a mosca soldado-negro um ingrediente não muito interessante para adição em produtos que já contenham ácidos graxos saturados, como os cárneos.

### 5.3 MINERAIS

Os insetos são uma fonte comprovada de muitos minerais. De acordo com Rumpold e Schluter (2013), a maioria dos insetos comestíveis possui altos níveis de fósforo capazes de atender às necessidades dietéticas dos adultos. Também há relatos de que vários tipos de insetos fornecem quantidades significativas de magnésio (Köhler *et al.*, 2019). Os insetos também são geralmente considerados boas fontes de manganês, cobre, selênio, zinco, ferro e cálcio. A Tabela 5 traz o perfil de minerais dos insetos escolhidos para esta revisão.

A IN n°75 (Brasil, 2020) estabelece os valores diários recomendados para ingestão de minerais na alimentação. Comparando os resultados obtidos pelos estudos com a legislação, pode-se verificar que os insetos são capazes de contribuir significativamente com a ingestão diária de minerais através da alimentação. Para alguns dos minerais, como o zinco, os insetos possuem até mais do que o recomendado.

Tabela 5 - Perfil mineral das espécies *T. molitor*, *A. domesticus*, *G. assimilis* e *B. mori*

Espécie	Fase da vida	Alimentação	Unidade	Na	K	Ca	P	Fe	Mg	Zn	Cu	Mn	Fonte
<i>T. molitor</i> (Besouro da farinha)	Larva	-	mg/kg de matéria seca	437,1 ± 23,6	8914 ± 671	319,6 ± 23,7	-	184,17 ± 6,54	2333,1 ± 21,9	98,64 ± 5,99	20,15 ± 0,12	18,88 ± 0,48	Wu et al., 2020
		Farelo de trigo	mg/kg de matéria seca	2066 ± 151	8007 ± 524	-	7970 ± 567	67,6 ± 10,9	2823 ± 184	96,5 ± 6,7	7,8 ± 0,5	11,6 ± 0,7	Costa et al., 2020
		Aveia	mg/kg de matéria seca	1500 ± 90	11400 ± 380	770 ± 40	-	46,6 ± 3,52	4100 ± 13,7	88,6 ± 5,13	21,4 ± 0,788	14,5 ± 0,439	Khanal et al., 2023
		Farelo de trigo	mg/kg de matéria seca	1500 ± 90	11500 ± 380	570 ± 40	-	49,3	5500 ± 13,7	110,8 ± 5,13	1500 ± 90	1500 ± 90	Khanal et al., 2023
	Pupa	Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	mg/100g b. u.	124,00 ± 9,56	663 ± 28	56 ± 3	512 ± 32	5,41 ± 0,42	180 ± 9	11,62 ± 1,23	1,45 ± 0,09	1,64 ± 0,04	Oliveira et al., 2024
		Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	mg/100g b. u.	116 ± 11,07	624 ± 23	50 ± 3	532 ± 29	6,37 ± 0,21	164 ± 12	12,88 ± 1,08	1,63 ± 0,11	1,63 ± 0,03	Oliveira et al., 2024
		-	mg/100g b. u.	159 – 208	994 – 1187	66 – 142	798 – 1054	4.5 – 5	263 – 335	11,2 – 14,1	2,1 – 2,4	0,5 – 0,9	Kosečková et al., 2022
<i>A. domesticus</i> (Grilo doméstico)	Adulto	-	mg/100g b. u.	331 – 413	1075 – 1154	176 – 265	741 – 896	4.2 – 5.1	84 – 125	16 – 16,9	1,8 – 2,9	2,5 – 2,8	Kosečková et al., 2022
<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)	Ninfa de último estágio	Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	mg/100g b. u.	279,00 ± 9,64	780 ± 19	149 ± 11	617 ± 21	8,23 ± 0,21	84 ± 6	25,57 ± 0,43	2,50 ± 0,20	5,61 ± 1,02	Oliveira et al., 2024
	Adulto	Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura	mg/100g b. u.	340,00 ± 11,09	820 ± 22	221 ± 17	732 ± 19	8,41 ± 0,14	131 ± 4	22,07 ± 0,22	3,01 ± 0,23	8,08 ± 0,89	Oliveira et al., 2024
<i>B. mori</i> (Bicho-da-seda)	Pupa	-	% or ppm	-	2,18 (%)	0,91 (%)	1,07 (%)	52,8 (ppm)	0,35 (%)	127,5 (ppm)	9,8 (ppm)	11,7 (ppm)	Yeruva et al., 2023
<b>Valor diário recomendado</b>			mg	2000	3500	1000	700	14	420	11	0.9	3	Brasil, 2020

Fonte: A autora (2024)

## 5.4 VITAMINAS

As pesquisas sobre o teor de vitaminas em insetos comestíveis e sua biodisponibilidade são muito escassas. Alguns estudos mais antigos indicam que os insetos em geral contêm caroteno, vitaminas B1, B2, B6, C, D, E e K (Mlcek *et al.*, 2014). Porém, no período que abrange a presente revisão, somente dois artigos realizaram a investigação da presença de vitaminas nas espécies de insetos selecionadas (Tabela 6).

**Tabela 6** - Perfil vitamínico das espécies *T. molitor*, *G. assimilis* e *B. Mori*.

	Espécie					Valor diário recomendado
	<i>T. molitor</i> (Besouro da farinha)		<i>G. assimilis</i> (Grilo preto)		<i>B. mori</i> (Bicho-da-seda)	
Fase da vida	Larva	Pupa	Ninfa de último estágio	Adulto	Pupa	
Alimentação	Farelo de trigo, ração de codorna e cenoura				-	
Unidade	mg/100g				ug/100g	
Tiamina (B1)	-	-	-	-	12,0 ± 1,6	-
Riboflavina (B2)	-	-	-	-	5,81 ± 0,04	1,2 mg
Niacina (B3)	3,21 ± 0,29	3,07 ± 0,54	1,88 ± 0,13	1,92 ± 0,14	1,4 ± 0,1	15 mg
Ácido Pantotênico (B5)	-	-	-	-	34,0 ± 2,0	5 mg
Piridoxina (B6)	-	-	-	-	0,1 ± 0,0	1,3 mg
Ácido Fólico (B9)	-	-	-	-	0,10 ± 0,0	400 µg
Biotina (B7)	-	-	-	-	2,5 ± 0,1	30 µg
Cobalamina (B12)	-	-	-	-	0,05 ± 0,01	2,4 µg
Ácido Ascórbico (Vitamina C)	1,53 ± 0,31	1,71 ± 0,25	0,89 ± 0,54	0,94 ± 0,23	-	100 mg
Calciferol (Vitamina D)	-	-	-	-	13,12 ± 0,8	15 µg
Tocoferol (Vitamina E)	2,01 ± 0,14	2,16 ± 0,11	1,02 ± 0,27	0,98 ± 0,18	2530,0 ± 60,0	15 mg
Menadiona (Vitamina K)	-	-	-	-	108,0 ± 12,0	120 µg
Fonte	Oliveira <i>et al.</i> , 2024				Yeruva <i>et al.</i> , 2023	Brasil, 2020

Fonte: A autora (2024).

As espécies *T. molitor* e *G. assimilis* não apresentam uma grande variação nos teores de niacina e vitaminas C e E com a mudança de fase de vida. A pupa do bicho-da-seda apresenta teores significativos de vitaminas D e K, alcançando a ingestão diária recomendada com pouco mais de 100g da farinha do inseto.

## 5.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

Os estudos referentes à presença de compostos bioativos em insetos são escassos. No período determinado neste estudo, somente 2 artigos abordaram este aspecto das características nutricionais. Segundo Khanal *et al.* (2023) o conteúdo de compostos fenólicos, em mg de ácido gálico/g de matéria seca, de *T. molitor* nos estágios de vida de larva, pupa e adulto são  $1,64 \pm 0.01$ ,  $1,65 \pm 0.0$  e  $1,54 \pm 0.05$ , respectivamente. Os compostos fenólicos atuam em atividades farmacológicas importantes como antioxidantes, antivirais e cicatrizantes de mucosas.

Yeruva *et al.* (2023) avaliou o perfil de fenólicos e flavonoides da pupa do bicho-da-seda (Tabela 7). Os autores relataram que ácido ferúlico, ácido cumárico e ácido cinâmico estão presentes em níveis mais elevados do que outros compostos fenólicos. Eles são usados principalmente como antioxidantes, anti-inflamatórios, antidiabético, anti úlcera, anti plaquetário e anticancerígenos (Taamalli *et al.*, 2019).

**Tabela 7** - Perfil de fenólicos e flavonóides da pupa do bicho-da-seda

Phenolics	(ug/gm)	Flavonoids	(ug/gm)
Benzoic acid	$13.6 \pm 0.02$	Umbelliferone	$0.87 \pm 0.8$
p-hydroxy benzoic acid	$4.72 \pm 0.06$	Apigenin	$0.70 \pm 0.7$
Salicylic acid	$7.17 \pm 0.09$	Galangin	$0.00 \pm 0.0$
3-Hydroxy benzoic acid	$3.10 \pm 0.02$	Naringenin	$1.14 \pm 0.0$
t-Cinnamic acid	$48.4 \pm 0.3$	Kaemperol	$0.19 \pm 0.0$
2,4dihydroxybenzoic acid	$0.23 \pm 0.0$	Luteolin	$120.94 \pm 0.9$
Gentisic acid	$44.1 \pm 0.8$	Fisetin	$0.003 \pm 0.0$
Protocatechuic acid	$1.05 \pm 0.09$	Eriodictyol	$0.00 \pm 0.0$
p-Coumaric acid	$56.6 \pm 2.5$	Catechin	$1.29 \pm 0.0$
o-Coumaric acid	$5.27 \pm 0.28$	Epicatechin	$2.94 \pm 0.1$
Vanillic acid	$0.93 \pm 0.10$	Hesperetin	$0.10 \pm 0.0$
Gallic acid	$4.69 \pm 0.33$	Quercetin	$0.85 \pm 0.0$
Caffeic acid	$7.81 \pm 0.68$	Epigallocatechin	$0.48 \pm 0.0$
Ferulic acid	$637.8 \pm 5.1$	Myricetin	$1.11 \pm 0.1$
Syringic acid	$0.006 \pm 0.0$	Rutin	$0.18 \pm 0.0$
Sinapic acid	$0.10 \pm 0.0$		
Ellagic acid	$0.02 \pm 0.0$		
Chlorogenic acid	$0.001 \pm 0.0$		

Fonte: Yeruva *et al.* (2023)

A análise de flavonóides mostrou que as pupas do bicho-da-seda possuem uma maior quantidade de luteolina, enquanto epicatequina, catequina, naringenina, umbeliferona e quercetina estavam presentes em quantidades mais baixas (Yeruva *et al.*, 2023). Luteolina e outros flavonóides também agem como antioxidante, e possuem propriedades antitumorais e anti-inflamatórias.

A falta de pesquisas sobre o assunto indica que há espaço para um maior entendimento deste aspecto do perfil nutricional dos insetos. Os poucos estudos que existem indicam que compostos bioativos estão sim presentes nos insetos e podem colaborar com a melhoria da qualidade dos alimentos que consumimos.

## 6 APLICAÇÃO DE INSETOS COMESTÍVEIS NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE CEREAIS

Os insetos comestíveis têm sido utilizados como ingrediente em produtos de panificação para diversos fins, principalmente para aumentar a qualidade nutricional de produtos reformulados ou fornecer suporte proteico em produtos sem glúten (Skendi *et al.*, 1997). A utilização da farinha de insetos em produtos à base de cereais contribui diretamente para o enriquecimento desses alimentos, principalmente pelo alto teor de proteínas, fibras alimentares, lipídeos insaturados e minerais presentes (Araújo *et al.*, 2019).

Em um estudo realizado por Garcia-Segovia *et al.* (2020), o enriquecimento de pão de trigo com 5 e 10% de farinha de *T. molitor* resultou em aumento da quantidade de proteína do pão de 17,3 e 30,3%, respectivamente. Ainda, a adição do farinha de inseto também resultou em um aumento no teor de cinzas de 31 e 36,5% para cada nível de substituição. Os pães enriquecidos tiveram uma preferência significativamente maior pelo seu sabor e aparência em comparação com o controle em testes sensoriais. Sriprabloom *et al.* (2022) relataram que biscoitos enriquecidos com 10, 20 e 30% de farinha de larva de *Tenebrio molitor* apresentaram um aumento significativo na proteína (15,2, 26,6 e 36,2%), gordura (6,7, 13,6, 16,5%) e cinzas (6,3, 14,4 e 19,0%). Já no estudo de Djouadi *et al.* (2022), a substituição de 6% da farinha de trigo por farinha de *T. molitor* em biscoitos reduziu o teor de gordura em 12,6% e aumentou o teor de cinzas em 12,8%. Esses biscoitos registraram uma preferência geral significativamente menor em comparação com a amostra controle. Apesar disso, 70% dos participantes indicaram que os comprariam. Quando aplicado na fabricação de biscoitos em níveis de 5, 10, 15 e 20% de de *T. molitor*, houve também um aumento no teor de cinzas (Xie *et al.*, 2022). Çabuk (2021) relatou um aumento de 14,6% no teor de gordura de um muffin enriquecido com farinha de besouro da farinha. Além disso, em testes sensoriais, houve uma aversão geral pela aparência, mas não pelo sabor.

Mafu *et al.* (2022) realizaram um estudo para o enriquecimento do pão de trigo integral com a substituição da farinha de trigo por farinha de *A. domesticus* em níveis de 10, 15, 20, 25 e 30%. Com isso, observou-se aumento do teor de proteína de 17,1, 28,2, 31,0, 39,2 e 39,4%, respectivamente. O teor de gordura também aumentou, chegando a um aumento de 39,81% com a substituição de 30% por

farinha de grilo. Em um estudo que enriqueceu o pão de trigo com farinha de grilo em substituições de 2, 6 e 10%, o aumento do teor de proteína foi ainda mais relevante chegando a 52, 79 e 85,5%, respectivamente (Kowalczewski *et al.*, 2021). O mesmo estudo avaliou ainda o aumento nos teores de lipídeos (18,8, 37,1 e 51,3%), fibra (17,5, 33,8 e 41,2%) e cinzas (40,5%, 42,4% e 45,3%), que também se provaram muito significativos (Kowalczewski *et al.*, 2021). O enriquecimento de biscoitos com 5, 7,5 e 10% de farinha de *A. domesticus* resultou em aumento do teor de proteína em 56,2, 67,2 e 70,7%, respectivamente. Já o teor de gordura dos biscoitos do mesmo estudo diminuiu em 6,8, 10,7, 15,7% (Aleman *et al.*, 2022). Resultados parecidos foram encontrados por Bas & El (2022) que relataram que o teor de lipídeos diminuiu em 2,4% para biscoitos enriquecidos com farinha de grilo (*Acheta domesticus*). Akande *et al.* (2020) enriqueceram biscoitos de alta energia com 15% de farinha de pupa de bicho-da-seda (*Bombix mori*) o que resultou em um aumento no teor de gordura e de cinzas dos biscoitos.

Além da adição de valor nutricional, pesquisas recentes têm se concentrado na melhoria da qualidade tecnológica e sensorial dos produtos (Gurdian *et al.*, 2021). O volume específico de produtos de panificação, principalmente o pão, é um importante indicador do desempenho tecnológico dos ingredientes e processos envolvidos no desenvolvimento do produto (Ananingsih *et al.*, 2013). Bresciani *et al.* (2022) enriqueceram o pão de trigo com farinha de *A. domesticus* em níveis de 10% e 20% e relataram uma diminuição significativa no volume específico dos pães, da ordem de 3,9% e 8,8%, respectivamente. Uma possível explicação para esta diminuição está na presença de quitina no farinha de inseto, essa fibra interfere e prejudica o desenvolvimento do glúten durante o amassamento, resultando em uma massa com menor pegajosidade e resistência e baixa retenção de gases (Struck *et al.*, 2018). Além disso, o aumento no teor de lipídeos também influencia no volume específico dos pães, já que dificulta a hidratação das proteínas formadoras de glúten.

Outro ponto importante para os produtos de panificação são os parâmetros de textura, como dureza e mastigabilidade, que impactam diretamente a experiência do consumidor. Conseqüentemente, o nível correto de substituição de farinha de insetos deve ser utilizado na formulação dos produtos para fornecer alimentos com atributos texturais atraentes. Em geral, a dureza dos produtos assados aumenta quando são adicionados de farinha de insetos, porém a adição de farinha de larva

de *T. molitor* diminui a dureza. Isto pode ser explicado devido à composição nutricional dos insetos. Os produtos adicionados de farinha de grilo doméstico, por exemplo, tiveram um aumento maior do teor de fibras, o que afeta a rede de glúten da massa. Já as larvas de *T. molitor* contém vários aminoácidos hidrofílicos que possuem boa propriedade de retenção de água na matriz da massa, o que contribui para a maciez do produto (Wouters et al., 2016). Incluir farinhas de insetos sem alterar negativamente os parâmetros tecnológicos e sensoriais só é possível até certo ponto. Em geral, quanto maior o nível de substituição, menores as notas nos testes sensoriais e mais perceptíveis as diferenças com o padrão. Porém, conhecendo o efeito da adição de farinha de insetos nos produtos, é possível prever a adição de aditivos, enzimas e coadjuvantes de tecnologia capazes de corrigir o perfil sensorial dos mesmos.

## 7 CONCLUSÃO

Esta revisão mostrou que os insetos *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Hermetia illucens*, *Gryllus assimilis* e *Bombyx mori* representam boas fontes potenciais de proteínas, aminoácidos e lipídeos, entre outras moléculas de importância para a alimentação humana. Esses insetos possuem um perfil nutricional equilibrado e possuem um bom perfil de aminoácidos essenciais. Este fato, aliado a uma taxa de crescimento mais rápida, uma elevada eficiência de conversão alimentar e uma menor exigência de recursos para serem criados em comparação com o gado, os tornam uma alternativa promissora de proteínas para a crescente população mundial. O inseto mais estudado foi a larva amarela da farinha (*T. molitor*), seguido do grilo doméstico (*A. domesticus*).

A adição de insetos como novos ingredientes em produtos de panificação deve considerar as propriedades tecnológicas e funcionais de seus macronutrientes (como proteínas, lipídeos e fibras) e o percentual de substituição ou enriquecimento, visando garantir um bom equilíbrio entre benefícios nutricionais e qualidade sensorial. Os insetos com maior potencial de aplicação em produtos de panificação foram o grilo doméstico em sua fase adulta, pois apresenta uma ótima quantidade de proteína com todos os aminoácidos essenciais, as larvas amarelas da farinha, que apesar de não contribuírem com o teor de lisina do produto, fornecem qualidades sensoriais interessantes, e as larvas de bicho da seda, que possuem proteínas completas. Para este inseto, mais estudos de aplicação devem ser realizados para estabelecer níveis de substituição adequados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, S. A., & NIPANEY, P. C. (1986). Infestation by Aquatic Weeds of the Fern Genus *Salvinia*: Its Status and Control. *Environmental Conservation*, 13(03), 235. doi:10.1017/s0376892900036286

ABDUH, M. Y., PERDANA, M. P., BARA, M. A., ANGGRAENI, L. W., & PUTRA, R. E. (2022). Effects of aeration rate and feed on growth, productivity and nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(2). <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101902>

AKANDE, A. O., JOLAYEMI, O. S., ADELUGBA, V. A., & AKANDE, S. T. (2020). Silkworm pupae (*Bombyx mori*) and locusts as alternative protein sources for high-energy biscuits. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23(1), 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2020.01.003>

ALEMAN, R. S., MARCIA, J., POURNAKI, S. K., BORRÁS-LINARES, I., LOZANO-SANCHEZ, J., & FERNANDEZ, I. M. (2022). Formulation of Protein-Rich Chocolate Chip Cookies Using Cricket (*Acheta domesticus*) Powder. *Foods*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/foods11203275>

ANANINGSIH, V. K., GAO, J., & ZHOU, W. (2013). Impact of Green Tea Extract and Fungal Alpha-Amylase on Dough Proofing and Steaming. *Food and Bioprocess Technology*, 6(12). <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0986-3>

ARAÚJO, R. R. S., DOS SANTOS BENFICA, T. A. R., FERRAZ, V. P., & MOREIRA SANTOS, E. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>

ASAKURA, T., & WILLIAMSON, M. P. (2023). A review on the structure of *Bombyx mori* silk fibroin fiber studied using solid-state NMR: An antipolar lamella with an 8-residue repeat. In *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 245). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125537>

BARRAGAN-FONSECA, K. B., DICKE, M., & VAN LOON, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. In *Journal of Insects as Food and Feed* (Vol. 3, Issue 2). <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>

BAS, A., & EL, S. N. (2022). Nutritional evaluation of biscuits enriched with cricket flour (*Acheta domesticus*). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100583>

BASSETTE, F. (2018). *Pesquisadoras brasileiras desenvolvem pão feito com farinha de barata*. BBC News Brasil. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/geral-45674218>. Acesso em: 05 jan. 2024.

BERTINETTI, C., SAMAYOA, A. C., & HWANG, S. Y. (2019). Effects of feeding adults of *hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on longevity, oviposition, and egg hatchability: Insights into optimizing egg production. *Journal of Insect Science*, 19(1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez001>

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. (2020). *INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020*. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. DOU 09/10/2020. Edição: 195. Seção: 1. Página: 113.

BRESCIANI, A., CARDONE, G., JUCKER, C., SAVOLDELLI, S., & MARTI, A. (2022). Technological Performance of Cricket Powder (*Acheta domesticus* L.) in Wheat-Based Formulations. *Insects*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/insects13060546>

BROGAN, E. N., PARK, Y. L., MATAK, K. E., & JACZYNSKI, J. (2021). Characterization of protein in cricket (*Acheta domesticus*), locust (*Locusta migratoria*), and silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *LWT*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>

ÇABUK, B. (2021). Influence of grasshopper (*Locusta Migratoria*) and mealworm (*Tenebrio Molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: nutritional, physicochemical, textural and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3862–3872. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00967-x>

CHEN, X., FENG, Y., & CHEN, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China: INVITED REVIEW. In *Entomological Research* (Vol. 39, Issue 5). <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00237.x>

CIGLIANO, M. M.; BRAUN, H.; EADES, D. C.; OTTE, D. Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0. Disponível em: <https://orthoptera.speciesfile.org/otus/930136/overview>. Acesso em: 15 Dez. 2023.

COSTA, S., PEDRO, S., LOURENÇO, H., BATISTA, I., TEIXEIRA, B., BANDARRA, N. M., MURTA, D., NUNES, R., & PIRES, C. (2020). Evaluation of *Tenebrio molitor* larvae as an alternative food source. *NFS Journal*, 21, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.10.001>

DE CASTRO, R. J. S., OHARA, A., AGUILAR, J. G. DOS S., & DOMINGUES, M. A. F. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins:

Processes for obtaining, consumption and future challenges. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 76). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.006>

DEFOLIART, G. R. (1989). The Human Use of Insects as Food and as Animal Feed. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 35(1), 22–36.  
doi:10.1093/besa/35.1.22

DEFOLIART, G. R. (1999). INSECTS AS FOOD: Why the Western Attitude Is Important. *Annual Review of Entomology*, 44(1), 21–50.  
doi:10.1146/annurev.ento.44.1.21

DEFOLIART, G. R. (2002). The Human Use of Insects as a Food Resource: a Bibliographic Account in Progress. E-Book, Wisconsin.

DICLARO II, J. W., & KAUFMAN, P. E. (2009). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). *EDIS*, 2009(7).  
<https://doi.org/10.32473/edis-in830-2009>

DJOUADI, A., SALES, J. R., CARVALHO, M. O., & RAYMUNDO, A. (2022). Development of Healthy Protein-Rich Crackers Using *Tenebrio molitor* Flour. *Foods*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/foods11050702>

DORTMANS, B., DIENER, S., VERSTAPPEN, B., & ZURBRÜGG, C. (2017). Black Soldier Fly Biowaste Processing: A step by step guide. In *Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland*.

*EFSA Journal*. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. 13(10). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>

EFSA Panel. (2021). Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. In *EFSA Journal* (Vol. 19, Issue 8).  
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>

EFSA Panel. (2022). Safety of partially defatted house cricket (*Acheta domesticus*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20(5). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258>

EL-DAKAR, M. A., RAMZY, R. R., & JI, H. (2021). Influence of substrate inclusion of quail manure on the growth performance, body composition, fatty acid and amino acid profiles of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Science of the Total Environment*, 772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145528>

FASFC. (2014). Food safety aspects of insects intended for human consumption. Common advice of the Belgian Scientific Committee of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FASFC) and of the Superior Health Council (SHC) . Belgian Scientific Committee of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain. Disponível em:

<[https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth\\_theme\\_file/19099421/Food%20safety%20aspects%20of%20insects%20intended%20for%20human%20consumption%20%28SHC%209160%29%20%28FASFC%20-%20Sci%20Com%202014-04%29.pdf](https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19099421/Food%20safety%20aspects%20of%20insects%20intended%20for%20human%20consumption%20%28SHC%209160%29%20%28FASFC%20-%20Sci%20Com%202014-04%29.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2023

FERNANDEZ-CASSI, X., SUPEANU, A., VAGA, M., JANSSON, A., BOQVIST, S., & VAGSHOLM, I. (2019). The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: A risk profile. In *Journal of Insects as Food and Feed* (Vol. 5, Issue 2). <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0021>

FERREIRA, I. R., MILANO, P., RODRIGUES POLLONIO, M. A., FERREIRA IGNÁCIO CÂMARA, A. K., & SOUZA PAGLARINI, C. de. (2023). Crickets as a Promising Alternative Edible Insect: Nutritional and Technological Aspects and 3D Printing Prospective. In *3D Printing of Sustainable Insect Materials*. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25994-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25994-4_3)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). *High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050*. Disponível em: [https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Rome. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>

GARCÍA-SEGOVIA, P., IGUAL, M., & MARTÍNEZ-MONZÓ, J. (2020). Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins. *Foods*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/foods9070933>

GERE, A., SZÉKELY, G., KOVÁCS, S., KÓKAI, Z., & SIPOS, L. (2017). Readiness to adopt insects in Hungary: A case study. *Food Quality and Preference*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.005>

GHALY, A. E., & ALKOAİK, F. N. (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(4). <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.319.331>

GIANNETTO, A., OLIVA, S., CECCON LANES, C. F., DE ARAÚJO PEDRON, F., SAVASTANO, D., BAVIERA, C., PARRINO, V., LO PARO, G., SPANÒ, N. C.,

CAPPELLO, T., MAISANO, M., MAUCERI, A., & FASULO, S. (2020). *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae and prepupae: Biomass production, fatty acid profile and expression of key genes involved in lipid metabolism. *Journal of Biotechnology*, 307, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.10.015>

GKINALI, A. A., MATSAKIDOU, A., VASILEIOU, E., & PARASKEVOPOULOU, A. (2022). Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 119, pp. 495–507). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.024>

GODÉ, L.; ZEFA, E.; COSTA, M.K.M.; CHAMORRO-RENGIFO, J. (2015). Gafanhotos, grilos e esperanças (Orthoptera) da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A.; Nusbaumer, L.; Spichiger, R. (Ed.). Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil). Conservatoire et Jardin Botanique Ville de Geneve, Geneve, p.251-265.

GRAU, T., VILCINSKAS, A., & JOOP, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. In *Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* (Vol. 72, Issues 9–10). <https://doi.org/10.1515/znc-2017-0033>

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. (2005) *The Insects* (third ed.), Blackwell Publishing, Oxford, p. 505.

GURDIAN, C. E., TORRICO, D. D., LI, B., TUURI, G., & PRINYAWIWATKUL, W. (2021). Effect of disclosed information on product liking, emotional profile, and purchase intent: A case of chocolate brownies containing edible-cricket protein. *Foods*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081769>

HAHN, T., ROTH, A., FEBEL, E., FIJALKOWSKA, M., SCHMITT, E., ARSIWALLA, T., & ZIBEK, S. (2018). New methods for high-accuracy insect chitin measurement. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(13). <https://doi.org/10.1002/jsfa.9044>

HALL, D.C.; GERHARDT, R.R. (Eds.). (2002). Flies (Diptera). G. Mullen, L. Durden (Eds.), *Medical and veterinary entomology*, Academic Press, San Diego, California, pp. 127-161

HALLORAN, A., ROOS, N., FLORE, R., & HANBOONSONG, Y. (2016). The development of the edible cricket industry in Thailand. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(2). <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0091>

HANBOONSONG, Y., JAMJANYA, T., & DURST, P. B. (2013). Six-legged livestock : edible insect farming , collecting and marketing in Thailand. In *Office*.

HARRIS, M. Good to Eat - Riddles of Food and Culture. *Simon and Schuster*, New York.

HERMANSA, N., KUSTRA, K., TRELA, M., & LIS, M. (2022). Influence of ambient temperature on reproduction of the red-headed cricket (*Gryllus assimilis*). *Science, Technology and Innovation*, 15(1–2). <https://doi.org/10.55225/sti.403>

HOUSE, J. (2018). Insects as food in the Netherlands: Production networks and the geographies of edibility. *Geoforum*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.05.011>

IÑAKI, G. B. J., GERARDO ANTONIO, P. C., EFRÉN, D., HIRAM, M. R., DANIELA, G. I., & DAMIÁN, R. J. (2022). Black soldier fly: Prospection of the inclusion of insect-based ingredients in extruded foods. In *Food Chemistry Advances* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100075>

JONGEMA, Y. (2015). *List of edible insect species of the world*. Laboratory of Entomology, Wageningen University, Wageningen. Disponível em: <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>. Acesso em: 09 dez. 2023.

KHANAL, P., PANDEY, D., NÆSS, G., CABRITA, A. R. J., FONSECA, A. J. M., MAIA, M. R. G., TIMILSINA, B., VELDKAMP, T., SAPKOTA, R., & OVERREIN, H. (2023). Yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) as an alternative animal feed source: A comprehensive characterization of nutritional values and the larval gut microbiome. *Journal of Cleaner Production*, 389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136104>

KINYURU, J. N., KENJI, G. M., NJOROGI, S. M., & AYIEKO, M. (2010). Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhyalinus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 778–782. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0264-1>

KÖHLER, R., KARIUKI, L., LAMBERT, C., & BIESALSKI, H. K. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.02.002>

KOSEČKOVÁ, P., ZVĚŘINA, O., PĚCHOVÁ, M., KRULÍKOVÁ, M., DUBORSKÁ, E., & BORKOVCOVÁ, M. (2022). Mineral profile of cricket powders, some edible insect species and their implication for gastronomy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104340>

KOWALCZEWSKI, P. Ł., GUMIENNA, M., RYBICKA, I., GÓRNA, B., SARBAK, P., DZIEDZIC, K., & KMIĘCIK, D. (2021). Nutritional value and biological activity of gluten-free bread enriched with cricket powder. *Molecules*, 26(4).  
<https://doi.org/10.3390/molecules26041184>

KOWALSKI, S., MIKULEC, A., MICKOWSKA, B., SKOTNICKA, M., & MAZUREK, A. (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, 159.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>

LALANDER, C., DIENER, S., ZURBRÜGG, C., & VINNERÅS, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>

LAMIN, P. C. (2006). *Utilização de um método alternativo ao uso de padrões para a determinação de ácidos graxos trans*. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Química CFM-Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Relatório de Estágio Supervisionado. Disponível em:  
[https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/105429/Paulo\\_C\\_Lamin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/105429/Paulo_C_Lamin.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 04 jan. 2024.

LANGE, K. W., & NAKAMURA, Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. In *Journal of Future Foods* (Vol. 1, Issue 1, pp. 38–46). Beijing Academy of Food Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>

LAWAL, K. G., KAVLE, R. R., AKANBI, T. O., MIROSA, M., & AGYEI, D. (2022). Lipid nutritional indices, regioisomeric distribution, and thermal properties of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* larvae fat. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(3).  
<https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101951>

LIMBERGER, G. M. (2018). Análise morfofisiológica associada à reprodução e envelhecimento de *Gryllus assimilis* (fabricius, 1775) (Orthoptera: Gryllidae). 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas: Fisiologia Animal Comparada) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande, 2018.

LINDROTH, M. (1993). Mid-Tech method for determining cure behavior in UV-curable coatings. *Journal of Radiation Curing/Radiation Curing*, 20 (1), pp. 9-14.

MADSEN, D. B., & SCHMITT, D. N. (1998). Mass Collecting and the Diet Breadth Model: A Great Basin Example. In *Journal of Archaeological Science* (Vol. 25). 25, pp. 445 - 455.

MAFU, A., KETNAWA, S., PHONGTHAI, S., SCHÖNLECHNER, R., & RAWDKUEN, S. (2022). Whole Wheat Bread Enriched with Cricket Powder as an Alternative Protein. *Foods*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/foods11142142>

MAHESHA, H. B. (2013). Life Cycle of silkworm *Bombyx mori*. Yuvaraja's College, University of Mysore, Mysuru. Disponível em: [https://hbmahesh.weebly.com/uploads/3/4/2/2/3422804/life\\_cycle\\_and\\_morphology\\_of\\_bombyx\\_mori\\_word.pdf](https://hbmahesh.weebly.com/uploads/3/4/2/2/3422804/life_cycle_and_morphology_of_bombyx_mori_word.pdf). Acesso em: 19 dez. 2023.

MANCO, M. & CARVALHO, S T Zootecnistas, R. (n.d.). *fmvz-unesp FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA-BOTUCATU Curso de Pós-Graduação em Zootecnia-Nutrição e Produção Animal CROMATOGRÁFIA À GÁS DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS*.

MARSHALL, S. A., WOODLEY, N. E., & HAUSER, M. (2015). The historical spread of The Black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (diptera, stratiomyidae, hermetiinae), and its establishment in Canada. *Journal of Economic Entomology*, 146(January).

MELGAR-LALANNE, G., HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, A. J., & SALINAS-CASTRO, A. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>

MLCEK, J., ROP, O., BORKOVCOVA, M., & BEDNAROVA, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A Review. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* (Vol. 64, Issue 3, pp. 147–157). Polish Academy Sciences. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>

MOREAU, J., BENREY, B., & THIERY, D. (2006). Assessing larval food quality for phytophagous insects: Are the facts as simple as they appear? *Functional Ecology*, 20(4). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2006.01145.x>

MSHAYISA, V. V., VAN WYK, J., & ZOZO, B. (2022). Nutritional, Techno-Functional and Structural Properties of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Flours and Protein Concentrates. *Foods*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/foods11050724>

NAKAGAKI, B.J.; DEFOLIART, G.R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera, Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, Volume 84, Issue 3, 1 June, Pages 891–896, <https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891>

NEWTON, L., CRAIG, S., WES D, W., GARY, B., & ROBERT, D. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *Journal Korean Entomology and Applied Science*, 36(12).

NGUYEN, T. T. X., TOMBERLIN, J. K., & VANLAERHOVEN, S. (2015). Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. *Environmental Entomology*, 44(2). <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>

OJHA, S., BEKHIT, A. E. D., GRUNE, T., & SCHLÜTER, O. K. (2021). Bioavailability of nutrients from edible insects. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 41, pp. 240–248). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>

OLIVEIRA, L. A., PEREIRA, S. M. S., DIAS, K. A., PAES, S. DA S., GRANCIERI, M., JIMENEZ, L. G. S., DE CARVALHO, C. W. P., DE OLIVEIRA, E. E., MARTINO, H. S. D., & DELLA LUCIA, C. M. (2024). Nutritional content, amino acid profile, and protein properties of edible insects (*Tenebrio molitor* and *Gryllus assimilis*) powders at different stages of development. *Journal of Food Composition and Analysis*, 125, 105804. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105804>

OONINCX, D. G. A. B., & DE BOER, I. J. M. (2012). Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE*, 7(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>

OONINCX, D. G. A. B., VAN ITTERBEECK, J., HEETKAMP, M. J. W., VAN DEN BRAND, H., VAN LOON, J. J. A., & VAN HUIS, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, 5(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>

OWEN, D.F. (1973). Man's Environmental Predicament: An Introduction to Human Ecology in Tropical Africa. *University Press*, Oxford, p. 214

PAOLETTI; M.G.; DREON, A.L. (2005). Ecological Implication of Minilivestock. New Hampshire. *Science Publisher*, Enfield, p. 328.

PASINI, G., CULLERE, M., VEGRO, M., SIMONATO, B., & DALLE ZOTTE, A. (2022). Potentiality of protein fractions from the house cricket (*Acheta domestica*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for pasta formulation. *LWT*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113638>

PIMENTEL, D., DRITSCHILO, W., KRUMMEL, J., & KUTZMAN, J. (1975). Energy and Land Constraints in Food Protein Production. *Science*, 190(4216), 754–761. [doi:10.1126/science.190.4216.754](https://doi.org/10.1126/science.190.4216.754)

- POMA, G., CUYKX, M., AMATO, E., CALAPRICE, C., FOCANT, J. F., & COVACI, A. (2017). Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006>
- PREMALATHA, M., ABBASI, T., ABBASI, T., & ABBASI, S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 15, Issue 9, pp. 4357–4360). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115>
- PSARIANOS, M., DIMOPOULOS, G., OJHA, S., CAVINI, A. C. M., BUSSLER, S., TAOUKIS, P., & SCHLÜTER, O. K. (2022). Effect of pulsed electric fields on cricket (*Acheta domesticus*) flour: Extraction yield (protein, fat and chitin) and techno-functional properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102908>
- RAMOS-ELORDUY, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. In *Entomological Research* (Vol. 39, Issue 5, pp. 271–288). <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>
- RAUBENHEIMER, D. & ROTHMAN, J. M. (2013). Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annual Review of Entomology*, 58(1), 141–160. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100713
- RITIKA, P., SATYAWATIAND, S., & RAJENDRA, P. (2015). Study on occurrence of black soldier fly larvae in composting of kitchen waste. *International Journal of Research in Biosciences*, 4(4).
- ROBINSON, W. H. (2005). Urban Insects and Arachnids - A Handbook of Urban Entomology. In *Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542718>
- RODRIGUES, G. (2019). *Altamente proteicos, insetos começam a entrar no cardápio*. O Tempo. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/interessa/altamente-proteicos-insetos-comecam-a-entrar-no-cardapio-1.2209526>. Acesso em: 05 jan. 2024.
- ROOS, N. (2018). Insects and human nutrition. In *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_5)
- ROSE, A., CHIU, Y. C., SHOWMAN, C., KU, K. M., JACZYNSKI, J., & MATAK, K. (2023). Characterization of protein concentrates obtained by defatting cricket, locust, and silkworm powders using one-step organic solvent extraction. *LWT*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114876>

RUMPOLD, B. A., & SCHLÜTER, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 57, Issue 5). <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

SADAT, A., BISWAS, T., CARDOSO, M. H., MONDAL, R., GHOSH, A., DAM, P., NESA, J., CHAKRABORTY, J., BHATTACHARJYA, D., FRANCO, O. L., GANGOPADHYAY, D., & MANDAL, A. K. (2022). Silkworm pupae as a future food with nutritional and medicinal benefits. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 44). <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100818>

SARMAH, M.C. (2011). Eri pupa: a delectable dish of North East India. *Curr. Sci.*, 100 (3), p. 279.

SCHIAVONE, A., CULLERE, M., DE MARCO, M., MENEGUZZO, M., BIASATO, I., BERGAGNA, S., DEZZUTTO, D., GAI, F., DABBOU, S., GASCO, L., & ZOTTE, A. D. (2017). Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968>

SCHLÜTER, O., RUMPOLD, B., HOLZHAUSER, T., ROTH, A., VOGEL, R. F., QUASIGROCH, W., VOGEL, S., HEINZ, V., JÄGER, H., BANDICK, N., KULLING, S., KNORR, D., STEINBERG, P., & ENGEL, K. H. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 61, Issue 6). <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>

SELALEDI, L., MBAJIORGU, C. A., & MABELEBELE, M. (2019). The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. In *Tropical Animal Health and Production* (Vol. 52, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02033-7>

SHEPPARD, D. C., TOMBERLIN, J. K., JOYCE, J. A., KISER, B. C., & SUMNER, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4). <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>

SKENDI, A., PAPAGEORGIOU, M., & VARZAKAS, T. (2021). High protein substitutes for gluten in gluten-free bread. In *Foods* (Vol. 10, Issue 9). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10091997>

ŠKVOROVÁ, P., KULMA, M., BOŽIK, M., KUREČKA, M., PLACHÝ, V., SLAVÍKOVÁ, D., ŠEBELOVÁ, K., & KOUŘIMSKÁ, L. (2023). Evaluation of rapeseed cake as a protein substitute in the feed of edible crickets: A case study using *Gryllus assimilis*. *Food Chemistry*, 138254. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138254>

SMIL, V. (2002). Nitrogen and food production: proteins for human diets *AMBIO: A J. Hum. Environ.*, 31 (2), pp. 126-131.

SPRANGHERS, T., OTTOBONI, M., KLOOTWIJK, C., OVYN, A., DEBOOSERE, S., DE MEULENAER, B., MICHIELS, J., EECKHOUT, M., DE CLERCQ, P., & DE SMET, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8). <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>

SRIPRABLOM, J., KITTHAWEE, S., & SUPHANTHARIKA, M. (2022). Functional and physicochemical properties of cookies enriched with edible insect (*Tenebrio molitor* and *Zophobas atratus*) powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2181–2190. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01324-2>

STRUCK, S., STRAUBE, D., ZAHN, S., & ROHM, H. (2018). Interaction of wheat macromolecules and berry pomace in model dough: Rheology and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.011>

SZELEI, J., WOODRING, J., GOETTEL, M. S., DUKE, G., JOUSSET, F. X., LIU, K. Y., ZADORI, Z., LI, Y., STYER, E., BOUCIAS, D. G., KLEESPIES, R. G., BERGOIN, M., & TIJSSEN, P. (2011). Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated epizootics. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106(3), 394–399. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.12.009>

TAAMALLI, A., CONTRERAS, M. D. M., IBRAHIM, M., REIDAH, A., TRABELSI, N., & YOUSSEF, N. B. (2019). Quality of phenolic compounds: occurrence, health benefits, and applications in food industry. *Journal of Food quality*, 2019, Article 9594646.

TABASSUM-ABBASI, ABBASI, T., & ABBASI, S. A. (2016). Reducing the global environmental impact of livestock production: The minilivestock option. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 112, pp. 1754–1766). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.094>

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 02 jan. 2024.

TEIXEIRA, C. S. S., VILLA, C., SOUSA, S. F., COSTA, J., FERREIRA, I. M. P. L. V. O., & MAFRA, I. (2023). An in silico approach to unveil peptides from *Acheta domesticus* with potential bioactivity against hypertension, diabetes, cardiac and pulmonary fibrosis. *Food Research International*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112847>

TOGNOCCHI, M., CONTE, G., ROSSI, E., PERIOLI, R., MANTINO, A., SERRA, A., & MELE, M. (2023). Characterization of polar and non-polar lipids of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meals as animal feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115524>

TRAKSELE, L., SPEICIENE, V., SMICIUS, R., ALENCIKIENE, G., SALASEVICIENE, A., GARMIONE, G., ZIGMANTAITE, V., GRIGALEVICIUTE, R., & KUCINSKAS, A. (2021). Investigation of in vitro and in vivo digestibility of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae protein. *Journal of Functional Foods*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104402>

TZOMPA-SOSA, D. A., DEWETTINCK, K., PROVIJN, P., BROUWERS, J. F., DE MEULENAER, B., & OONINCX, D. G. A. B. (2021). Lipidome of cricket species used as food. *Food Chemistry*, 349. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129077>

United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. UN DESA/POP/2022/TR/NO. [www.unpopulation.org](http://www.unpopulation.org)

UNESP. (2015). *TIPOS DE REVISÃO DE LITERATURA*. <http://www.ip.usp.br/portal/images/biblioteca/revisao.pdf>

VAN HUIS, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 58, pp. 563–583). <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>

VAN HUIS, A., & OONINCX, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 37, Issue 5). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>

VAN ITTERBEECK, J., & VAN HUIS, A. (2012). Environmental manipulation for edible insect procurement: A historical perspective. In *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* (Vol. 8). <https://doi.org/10.1186/1746-4269-8-3>

VAN SCHOOR, T., KELLY, E. T., TAM, N., & ATTARDO, G. M. (2020). Impacts of dietary nutritional composition on larval development and adult body composition in the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*). *Insects*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/insects11080535>

VARELAS, V., & LANGTON, M. (2017). Forest biomass waste as a potential innovative source for rearing edible insects for food and feed – A review. In *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (Vol. 41). <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.03.007>

WIECZOREK, M. N., KOWALCZEWSKI, P. Ł., DRABIŃSKA, N., RÓZAŃSKA, M. B., & JELEŃ, H. H. (2022). Effect of Cricket Powder Incorporation on the Profile of Volatile Organic Compounds, Free Amino Acids and Sensory Properties of Gluten-Free Bread. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 72(4). <https://doi.org/10.31883/pjfns/156404>

WU, R. A., DING, Q., YIN, L., CHI, X., SUN, N., HE, R., LUO, L., MA, H., & LI, Z. (2020). Comparison of the nutritional value of mysore thorn borer (*Anoplophora chinensis*) and mealworm larva (*Tenebrio molitor*): Amino acid, fatty acid, and element profiles. *Food Chemistry*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126818>

WOUTERS, A. G. B., ROMBOUTS, I., FIERENS, E., BRIJS, K., & DELCOUR, J. A. (2016). Relevance of the Functional Properties of Enzymatic Plant Protein Hydrolysates in Food Systems. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 15, Issue 4). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12209>

XIA, Q. *et al.* (2004). A draft sequence for the genome of the domesticated silkworm (*Bombyx mori*). *Science*, 306(5703). <https://doi.org/10.1126/science.1102210>

XIE, X., YUAN, Z., FU, K., AN, J., & DENG, L. (2022). Effect of Partial Substitution of Flour with Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) Powder on Dough and Biscuit Properties. *Foods*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/foods11142156>

YANG, S. Y., HAN, M. J., KANG, L. F., LI, Z. W., SHEN, Y. H., & ZHANG, Z. (2014). Demographic history and gene flow during silkworm domestication. *BMC Evolutionary Biology*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12862-014-0185-0>

YERUVA, T., JAYARAM, H., AURADE, R., SHUNMUGAM, M. M., SHINDE, V. S., BARAGI VENKATESHARAO, S. R., & AZHIYAKATHU, M. J. (2023). Profiling of nutrients and bioactive compounds in the pupae of silkworm, *Bombyx mori*. *Food Chemistry Advances*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100382>

YHOUNG-AREE, J.; VIWATPANICH, K. (2005). Edible Insects in the Laos PDR, Myanmar, Thailand, and Vietnam. *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, pp. 415-440.

ZHOU, Y., ZHOU, S., DUAN, H., WANG, J., & YAN, W. (2022). Silkworm Pupae: A Functional Food with Health Benefits for Humans. In *Foods* (Vol. 11, Issue 11). <https://doi.org/10.3390/foods11111594>

ZUO, J., LEI, M., YANG, R., & LIU, Z. (2015). Bom m 9 from Bombyx mori is a novel protein related to asthma. *Microbiology and Immunology*, 59(7).  
<https://doi.org/10.1111/1348-0421.12271>