



ESTUDO DE ESTRATÉGIAS ATUAIS PARA O USO DE INSETOS E SEUS SUBPRODUTOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Raphael Limoeiro

Projeto de Final de Curso

Orientadoras

Prof^a Eveline Lopes Almeida, *D. Sc.*

Prof^a Suely Pereira Freitas, *D. Sc.*

Março de 2021

ESTUDO DAS ESTRATÉGIAS ATUAIS PARA O USO DE INSETOS E SEUS SUBPRODUTOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Raphael Limoeiro

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

Aprovado por:

Prof. Daniel Perrone Moreira, *D. Sc.*

Prof. Ricardo Schmitz Ongaratto, *D.Sc.*

Prof. Fábio de Almeida Oroski, *D. Sc.*

Orientado por:

Prof^a Eveline Lopes Almeida, *D. Sc.*

Prof^a Suely Pereira Freitas, *D. Sc.*

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Março de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Limoeiro, Raphael

Estudo das estratégias atuais para o uso de insetos e seus subprodutos na produção de alimentos / Raphael Limoeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2021.

vi, 52 p.; il

(Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2021

Orientadores: Prof^ª. Dr^ª. Eveline Lopes Almeida e Prof^ª. Dr^ª. Suely Pereira Freitas

1. Insetos comestíveis 2. Farinha de inseto 3. Óleo de inseto 4. Trabalho de Conclusão de Curso 5. Eveline Lopes Almeida e Suely Pereira Freitas. I. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço às minhas orientadoras, Dr^a. Eveline Lopes Almeida e Dr^a Suely Pereira Freitas por toda a ajuda oferecida na elaboração deste trabalho, desde a sua concepção até a produção deste documento. Agradeço-as pela paciência e disponibilidade de se manterem como orientadoras deste projeto, que teve sua ênfase mudada devido ao cenário global de pandemia.

Agradeço à minha família, sobretudo minha mãe e minhas irmãs, por todo o apoio material e emocional necessário na elaboração deste trabalho. Agradeço a todos os professores e colegas de curso que conheci durante a graduação, todos tendo contribuído de alguma forma para minha formação. Agradeço aos meus amigos, presentes e virtuais, por todo o suporte que me foi oferecido ao longo de toda a graduação e elaboração deste documento.

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

ESTUDO DAS ESTRATÉGIAS ATUAIS PARA O USO DE INSETOS E SEUS SUBPRODUTOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Raphael Limoeiro

Março de 2021

Orientadoras: Prof^a Eveline Lopes Almeida, *D. Sc.*

Prof^a Suely Pereira Freitas, *D. Sc.*

Resumo – A crescente demanda de alimentos pela população está levando a debates sobre como será possível alimentar a todos sem esgotamento dos recursos naturais. O uso de insetos na alimentação é uma alternativa que vêm ganhando destaque recentemente pelo seu valor nutricional, pela facilidade de criação e menor impacto ambiental. Este trabalho realizou um levantamento de artigos publicados recentemente na literatura científica que avaliaram o processamento dos insetos inteiros ou de produtos derivados destes. Os estudos encontrados foram divididos em sete subcategorias e as conclusões já obtidas bem como as lacunas e desafios foram apontados. Dentre os artigos encontrados, a maior parte focou no isolamento das proteínas dos insetos. Houve também quantidade considerável de estudos sobre a aplicação da farinha de inseto em produtos alimentícios, sobretudo em produtos de panificação como biscoitos e pães, mas sendo aplicado em outros como salsichas, extrusados ou sopa em pó. Há um interesse mais recente também na extração de óleo de inseto, com pesquisas mostrando resultados promissores na extração com solventes adequados à extração de lipídios em alimentos, como etanol. Notou-se uma maior necessidade de explorar os efeitos de remoção de lipídios sobre a farinha de inseto, visto que há indícios que farinhas deslipidificadas apresentem melhores características tecno-funcionais para uso em produtos de panificação. Além disso, isto permitiria a oferta de óleo de inseto como co-produto do processo. Pesquisas sobre o uso de insetos como alimento demonstram a versatilidade destes como ingredientes e sua viabilidade como fonte, principalmente, de proteínas, lipídios e fibras.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo Geral.....	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1. Segurança Alimentar	2
3.2. Insetos Comestíveis	4
3.3. Relação com Consumidor	6
4. METODOLOGIA.....	8
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5.1. Abate e armazenamento de insetos.....	10
5.2. Processamento do inseto inteiro ou como farinha	15
5.3. Produção de farinha deslipidificada	20
5.4. Produção de isolados e hidrolisados proteicos	22
5.5. Extração de óleo de inseto	30
5.6. Alimentos com farinha de inseto como ingrediente	37
5.7. Alimentos com óleo de inseto como ingrediente	43
6. CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Composição centesimal de larvas e adultos de <i>Tenebrio molitor</i> em base seca (g/100g)	5
Tabela 2: Composição de ácidos graxos de espécies selecionadas de inseto (mol%).....	6
Figura 1: Quantidade de publicações por ano contendo os termos “edible insects” ou “entomophagy” a partir de 2005	9
Figura 2: Fotografias dos insetos comestíveis mais pesquisados. Em ordem: <i>Acheta domesticus</i> (adulto), <i>Alphitobius diaperinus</i> (larva), <i>Hermetia illucens</i> (larva), <i>Tenebrio molitor</i> (larva e adulto).....	10
Quadro 1: Artigos sobre análise de etapas de abate e armazenamento de insetos abatidos (continua)	12
Quadro 2: Artigos sobre avaliação do processamento na produção de insetos inteiros ou como farinha (continua)	16
Quadro 3: Artigos sobre farinha de inseto deslipidificada	21
Quadro 4: Artigos sobre preparo de isolados ou hidrolisados proteicos (continua)	23
Quadro 5: Artigos sobre extração de lipídios de insetos (continua)	32
Quadro 6: Artigos sobre produtos finalizados com farinha de inseto como ingrediente (continua)	38
Quadro 7: Artigos sobre produtos finalizados com óleo de inseto como ingrediente	44

1. INTRODUÇÃO

Segurança alimentar é um conceito amplo que envolve garantir acesso físico e econômico a alimentos de forma a suprir as necessidades nutricionais e preferências alimentares dos indivíduos, de forma que os mesmos mantenham uma vida saudável e ativa (FAO, 2019). É um tópico de extrema importância para organizações ligadas ao ramo de alimentos, como, por exemplo, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Um dos desafios da ciência de alimentos no presente é garantir a segurança alimentar de uma população exponencialmente crescente, com previsão de chegar a 9 bilhões de pessoas até 2050. (VAN HUIS *et al.* 2013).

Uma proposta para esta problemática é a entomofagia humana, isto é, introduzir insetos na dieta humana. Embora cause estranheza para muitos consumidores, insetos já são normalmente consumidos em muitas culturas, inclusive em algumas regiões do Brasil. Neste caso, podemos citar a Farofa de Içá, consumida em cidades do interior de São Paulo.

Alguns argumentos usados para defender o consumo de insetos são: nutricionais, pois possuem alto teor de proteínas, aminoácidos e ácidos graxos essenciais; sociais, já que a cultura é facilitada e com menos necessidade de investimento inicial; e principalmente ambientais, com um menor gasto de solo e água, e menor produção de gases do efeito estufa, caminhando assim em direção à sustentabilidade (VAN HUIS, 2020).

Porém muitos obstáculos existem para tornar a alimentação com insetos uma alternativa viável. Um deles é o pequeno número de estudos dos efeitos do processamento nas propriedades tecnológicas dos principais componentes dos insetos.

Estudos como os de Kröncke *et al.* (2018) e Mancini *et al.* (2019) avaliaram efeitos de etapas de processo, como desidratação e branqueamento, sobre outros aspectos, como qualidade nutricional e microbiológica. Porém, pesquisas em propriedades que afetem mais diretamente a tecnologia, como textura e cor, ainda são escassas.

Além disso, existem indícios que farinhas de inseto deslipidificadas possuem características mais favoráveis para sua inclusão em produtos de panificação em comparação com farinhas sem remoção de lipídios, devido à melhora nas propriedades tecno-funcionais destas farinhas. O próprio óleo de diferentes insetos já tem despertado interesse de pesquisadores (LUCAS *et al.*, 2020).

Contudo, ainda são muito escassos estudos que visem tanto o óleo como a farinha deslipidificada de insetos como coprodutos de um mesmo processo. Logo, este trabalho tem como objetivo estudar o estado da arte de pesquisas em processos de obtenção de óleo e farinha

deslipidificada de inseto, bem como as principais lacunas e perguntas a serem respondidas nestes tópicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente estudo possui como objetivo realizar um levantamento bibliográfico crítico sobre o processamento de insetos objetivando alimentação humana e os desafios tecnológicos para tal uso.

2.2. Objetivos Específicos

- Compreender a importância da segurança alimentar e como o uso de insetos se insere nesse conceito;
- Identificar as principais características nutricionais na composição dos insetos usados na alimentação;
- Descrever processos tecnológicos utilizados na obtenção de farinhas, proteínas e óleos de insetos;
- Levantar estudos existentes sobre o uso de insetos e seus subprodutos na alimentação humana, tanto em quantidade de publicações quanto ao seu conteúdo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Segurança Alimentar

Um dos desafios dos profissionais de alimentos em um futuro próximo será alimentar uma população em constante crescimento. Muitas projeções apontam que a população mundial chegará a 9 bilhões de pessoas por volta de 2050. Mesmo hoje em dia, há um bilhão de pessoas em situação de fome. Neste contexto, é importante considerar o conceito de segurança alimentar. Segurança alimentar leva em conta que todas as pessoas devam ter acesso a uma oferta de alimentos seguros e

que, nutricional e socialmente, atendam às suas necessidades. Como garantir que 9 bilhões de pessoas tenham segurança alimentar garantida?

Alguns fatores são essenciais ao se pensar em alimentar toda essa população. Para produzir alimentos, é necessário que haja espaço físico, insumos como água e energia além de força de trabalho humano. Além disso, a produção de alimentos causa impacto ambiental, seja pelo consumo de água ou produção de gases do efeito estufa. Dentre os tipos de alimentos produzidos, os alimentos de origem animal já vêm há tempos sendo questionados pelos seus impactos (TAO, LI, 2018). Porém há um desafio nutricional em substituir a carne na dieta. A proteína animal possui maior digestibilidade e melhor aporte de aminoácidos essenciais que a proteína vegetal. Por isso, embora seja possível substituir quantitativamente a proteína animal por vegetal, há um desafio na substituição qualitativa.

A proposta da entomofagia procura atender a esses desafios. A produção de insetos é, comparativamente, menos invasiva e danosa ao meio ambiente, com menor área ocupada, consumo de água e ração e produção de metano. Sem contar que, por exigir pouco investimento inicial e conhecimento técnico, é uma fonte de renda mais fácil para a população do campo. Por fim, a proteína de inseto possui qualidade nutricional similar à proteínas animais tradicionais, como carne de boi, frango e porco (BAIANO, 2020).

Uma pergunta frequente é sobre a adequação desses insetos à alimentação humana, já que estes animais são comumente associados à falta de higiene e doenças. De fato, insetos crus e não processados possuem contagem elevada de micro-organismos, incluindo bactérias mesofílicas aeróbias, bactérias formadoras de esporos e fungos, sendo algumas destas espécies patogênicas ou produtoras de toxinas. Porém, múltiplos estudos investigaram a redução da contagem microbiológica através de processamento dos insetos e concluíram que não há risco para seu consumo por humanos, desde que os insetos sejam preparados com o devido tratamento térmico (GAROFALO *et al.*, 2019).

Outra questão relevante é a alergenicidade dos insetos. Já foi relatado que pessoas com alergia a outros artrópodes como crustáceos (camarão, carangurejo etc.) e ácaros possuem tendência a apresentarem reação alérgica a insetos também (GARINO *et al.*, 2020). Observou-se que insetos possuem em sua composição proteínas já classicamente relatadas na literatura como tendo potencial alergênico, como tropomiosina. O risco de alergenicidade pode ser reduzido com o processamento adequado, como já observado em estudos com hidrolisados proteicos de insetos (BOUKIL *et al.*, 2020). Por fim, também deve-se observar sobre a presença de glúten como contaminante em produtos que utilizam insetos como risco para pessoas celíacas. Diretamente na sua composição, insetos não possuem proteínas formadoras de glúten. Porém, durante sua criação, dentre os alimentos utilizados como ração, é comum a presença de cereais que contém proteínas formadoras de glúten, como farelo

de trigo (LIU *et al.* 2020). Foi constatado que larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com farinha de trigo ou farelo de cervejeiro (resíduo de malte de cevada) possuem concentrações superiores a 20 ppm de proteínas formadoras de glúten em sua composição, sendo consideradas alimentos com glúten pelo Codex Alimentarius. Com medidas adequadas, isto é, jejum de 48h das larvas antes do abate e lavagem com água destilada durante 30 segundos, as larvas de *T. molitor* puderam ser consideradas produtos sem glúten, por baixarem a concentração destas proteínas a menos de 20 ppm (MANCINI *et al.*, 2020).

3.2. Insetos Comestíveis

Embora a entomofagia humana esteja presente desde a antiguidade, o interesse pelo assunto no meio acadêmico é recente.

Tenebrio molitor é uma espécie de inseto da ordem dos besouros (Coleoptera). É um dos insetos mais pesquisados para ser usado na alimentação animal e já é produzido em escala (VAN HUIS, 2020). Um dos motivos para essa escolha é a relativa facilidade de se criar, visto que utiliza substratos simples e possui ciclo de vida relativamente curto. Recentemente, este inseto foi o primeiro a ser aceito na legislação de *novel food* da União Europeia após parecer da Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA) em 12 de janeiro de 2020 (TURCK *et al.*, 2021).

Em seu cultivo, utilizam-se principalmente cereais, como farinha ou farelo de trigo, além de fatias de vegetais como cenoura ou batata como fonte de umidade. Substratos mais complexos podem ser usados, como leveduras, para suplemento nutricional. O ciclo de vida deste inseto pode variar fortemente de acordo com condições ambientais. Em temperaturas adequadas (entre 26 e 30°C) pode chegar a durar 80 dias, onde passa a maior parte (aproximadamente 50 dias) no estágio larval (RIBEIRO; ABELHO; COSTA, 2018). Como a maior parte dos insetos comestíveis, seu consumo se dá principalmente nas fases de larva ou de adulto.

A composição centesimal do *T. molitor* depende de fatores como alimentação ou estágio do ciclo de vida. A Tabela 1 contém dados encontrados em trabalhos como Adámková *et al.* (2017), Rumpold e Schlüter (2013), Ravzanaadii *et al.* (2012) e Finke (2002), tanto para as larvas, pupas e adultos deste inseto. Pode-se destacar como principal diferença entre os estágios de vida o maior teor de proteínas enquanto adulto e maior teor de lipídios enquanto larva e pupa. Embora o *T. molitor* adulto possa ser visto com qualidade nutricional superior, mesmo entre outros insetos (GERE; RADVÁNYI; HÉBERGER, 2019), a maior parte dos trabalhos de pesquisa, bem como venda de insetos, é feita na forma de larva.

Tabela 1: Composição centesimal de larvas e adultos de *Tenebrio molitor* em base seca (g/100g)

Nutriente	Larvas	Pupas	Adultos
Proteína	49,1 – 52,0	51,0 – 53,1	65,3 – 65,6
Lipídios	31,0 – 35,4	32,0 – 36,7	7,9 – 14,9
Carboidratos	5,5 – 6,9	0,0 – 1,9	0 – 2,0
Fibras	13,0 – 28,2	5,1 – 12,0	20,1 – 40,0
Cinzas	2,0 – 3,2	1,0 – 3,2	3,3 – 3,6

Fonte: Adámková *et al.* (2017), Rumpold e Schlüter (2013), Ravzanaadii *et al.* (2012) e Finke (2002)

Como outros seres vivos, os insetos possuem lipídios em seu corpo que atendem a diversas funções como composição de membrana plasmática, geração de energia e secreção de substâncias. No caso dos insetos, os lipídios se aglomeram principalmente numa estrutura chamada de corpo gorduroso (CG). O CG é um tecido presente por todo o corpo do inseto, se acumulando principalmente em torno de seus órgãos internos. Composto majoritariamente por adipócitos, acumula diferentes compostos lipídicos, sendo mais de 90% na forma de triglicerídeos, e componentes minoritários como colesterol e fosfolipídios (TOPRAK *et al.*, 2020).

Os lipídios de insetos são chamados na literatura de óleo de inseto ou gordura de inseto. Devido ao fato da ampla maioria desses lipídios serem líquidos à temperatura ambiente, o termo mais aceito é óleo (LUCAS *et al.*, 2020). A Tabela 2 mostra perfis de ácidos graxos encontrados em alguns insetos (FINKE 2002, DREASSI *et al.* 2017, ARAÚJO *et al.* 2019 e LUCAS *et al.* 2020). Embora exista diversidade, existe uma tendência geral de maior teor de ácidos graxos insaturados, incluindo ácidos graxos poliinsaturados.

Em termos tecnológicos, as propriedades tecno-funcionais das proteínas de inseto são importantes para sua aplicação como ingrediente em produtos alimentícios. Capacidade de formação de espuma e emulsão, bem como estabilidade destes, além de capacidade de retenção de óleo e água são indicativos de como estas proteínas interagem com outros ingredientes. Produtos de panificação se beneficiam de proteínas com boa capacidade de formação de espuma, por exemplo, pois são proteínas que podem reter ar na formação da massa. Produtos cárneos como salsichas se beneficiam de proteínas que sejam capazes de formar emulsões estáveis, que resistam condições de armazenamento sem separação dos componentes.

Tabela 2: Composição de ácidos graxos de espécies selecionadas de inseto (mol%)

Ácido Graxo	Tenebrio molitor (Larvas)	Tenebrio molitor (Pupas)	Zophobas morio (Adultos)	Acheta domesticus (Adultos)
Mirístico (C14:0)	3,1 – 7,2	5,7 – 7,9	1,0 – 3,3	0,6 – 1,8
Palmítico (C16:0)	18,5 – 20,8	18,6 – 19,9	16,1 – 30,7	24,8 – 26,0
Palmitoleico (C16:1)	1,7 – 2,8	1,6 – 2,3	2,0 – 4,8	1,4 – 2,1
Esteárico (C18:0)	2,4 – 3,4	3,2 – 3,8	2,5 – 9,0	6,1 – 9,0
Oleico (C18:1)	43,6 – 49,3	41,2 – 45,6	38,0 – 41,8	24,5 – 29,1
Linoleico (C18:2 n6)	16,6 – 22,5	17,4 – 22,9	15,6 – 30,8	29,1 – 36,4
Linolênico (C18:3 n3)	0,3 – 0,9	0,2 – 0,5	0,0 – 1,4	1,0 – 1,6
Total Saturado	24,3 – 32,1	29,8 – 31,6	22,6 – 41,0	34,3 – 36,2
Total Monoinsaturado	46,8 – 52,7	45,6 – 50,0	42,3 – 45,0	25,6 – 31,2
Total Polinsaturado	17,3 – 22,7	19,9 – 23,7	15,7 – 32,2	30,7 – 37,4

Fonte: Finke (2002), Dreassi *et al.* (2017), Araújo *et al.* (2019) e Lucas *et al.* (2020)

3.3. Relação com Consumidor

Um dos maiores desafios à ampla aplicação de insetos na alimentação é a resistência de consumidores em culturas não acostumadas a usá-los como alimentos. Esta rejeição está relacionada a diversos aspectos da cultura, inclusive linguagem, pois populações que utilizassem maior número de gírias, expressões linguísticas e ditados populares com associação de insetos a conceitos negativos apresentam maior resistência à entomofagia (MEYER-ROCHON, KEJONEN, 2020). Na língua portuguesa, pode-se citar “entregue às baratas”, “mosca na sopa”, “boca fechada não entra mosca” são exemplos sutis de insetos sendo usados para transmitir a ideia de algo indesejável.

No cenário brasileiro, por ser um país continental e com influência de diversas culturas, a recepção ao conceito da entomofagia é dependente da região. Artigo de Bisconsin-Júnior *et al.* (2020) entrevistou voluntários em 8 cidades brasileiras: Aracaju – SE, Campinas – SP, Cuiabá – MT, Macapá – AP, Manaus – AM, Porto Velho – RO, Rio de Janeiro – RJ, Santa Maria – RS. Os participantes tiveram que dizer até 5 conceitos que associassem à alimentação com insetos. Os conceitos foram agrupados pela semântica, sendo os principais grupos conceitos de rejeição, nojo, Ásia, estranheza e curiosidade. A análise estatística mostra que, ao se tratar de alimentação com insetos, brasileiros podem ser separados em dois grupos principais. O primeiro seria o grupo mais próximo ao litoral e o segundo referente ao interior do país. O primeiro grupo sofre, em comparação com o segundo, maior influência de culturas europeias. Já o segundo, maior influência de culturas ameríndias. Estes grupos

têm atitudes diferentes em relação à alimentação com insetos, visto que o segundo grupo mostrou uma atitude mais positiva à entomofagia. Outro estudo feito por Lucchese-Chang *et al.* (2020) entrevistou participantes em Campo Grande – MS. Estes foram questionados sobre sua predisposição a provar insetos como alimentos e quais fatores poderiam influenciá-los a aceitar ou rejeitá-los. Fatores que influenciam positivamente a aceitação dos insetos como alimentos são, principalmente: recomendações por conhecidos; explicação da importância ou necessidade da alimentação com insetos; apresentação dos insetos em forma não reconhecível, como farinha adicionada em outros produtos. A ideia dos insetos apresentados inteiros ou com partes visíveis causou rejeição entre os entrevistados.

A forma de apresentação dos produtos contendo insetos bem como seus rótulos têm grande influência sobre a atitude de consumidores sobre estes produtos. Ao serem avisados pelo rótulo que um produto alimentício contém farinha de inseto, os avaliadores têm maior relutância em provar os alimentos, demorando mais tempo para pegar o alimento e levá-la a boca, cheirando o produto por mais tempo antes de provar e consumindo menores quantidades em comparação a produtos idênticos, mas que não informam sobre a presença de farinha de inseto (MODLINSKA *et al.*, 2020).

Se presente na cultura, a rejeição a insetos como alimento pode aparecer desde cedo em crianças de 4 anos. Apresentadas à ideia de comer insetos, mesmo em idade pré-escolar, crianças já apresentam a ideia de que “insetos não devem ser comidos” (NYBERG, OLSSON, WENDIN., 2020). Porém, é possível através de ensinamentos e atividades lúdicas mudar este cenário. Conforme trabalho realizado por Chow *et al.* (2021), crianças de 11 a 13 anos foram separadas em dois grupos, o primeiro realizando teste de aceitação bolinhos de aveia (sobremesa típica dinamarquesa) sem participar do preparo destes e o segundo realizando teste de aceitação após participar. Houve diferença significativa na aceitação, foi relatado que as crianças que prepararam os bolinhos antes de seu teste tiveram maior facilidade de visualizar insetos como apenas mais um ingrediente utilizado na receita do alimento, enquanto as outras crianças os viam como algo que não deveria estar presente no bolinho.

É inconclusivo se a alimentação com insetos é adequada ou não a consumidores veganos ou vegetarianos. Há um debate mesmo entre os consumidores veganos e vegetarianos sobre esta questão, e a resposta pode variar de cultura para cultura. A principal questão é que não há resultados suficientes para afirmar que insetos sofram ou não durante seu abate. Aparentemente, consumidores vegetarianos estão mais dispostos a aceitar insetos como alimentos em relação a consumidores veganos (MODLINSKA *et al.*, 2020).

4. METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido seguiu os preceitos exploratórios, através de uma pesquisa bibliográfica, a qual foi “desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos” (GIL, 2008). Segundo essa proposta, a pesquisa ocorreu em quatro etapas: fontes utilizadas, coleta de dados, análise e interpretação dos resultados, discussão dos resultados.

As fontes bibliográficas utilizadas para a análise quantitativa de artigos foram pesquisadas na base *Scopus*, estabelecendo como limite de tempo de 2005 até 21 de janeiro de 2021, para artigos em inglês, espanhol e português. Nesta análise, foram julgados apenas a quantidade total de artigos que atendessem às palavras chaves estabelecidas para cada caso, sem juízo de valor. Os descritores utilizados nesta etapa foram “edible insects” e “entomophagy”. A base *Scopus* foi escolhida para esta análise por oferecer ferramentas inteligentes de montagem de gráficos separados por critérios como ano e país de publicação.

Já as fontes bibliográficas para a análise do conteúdo dos artigos foram pesquisadas na base *Web of Science*, para o limite de tempo de 2019 a 21 de janeiro de 2021. Nesta análise, cada artigo foi lido para ser separado em categorias e fomentar a discussão. Artigos que fugissem totalmente do escopo de alimentação humana foram desconsiderados. A exceção para esta regra foram artigos relacionados a métodos de extração de lipídios, mesmo que para uso como combustíveis. Foi escolhido um recorte de tempo menor para poder ser feita uma discussão mais robusta com uma quantidade menor de artigos, além de focar em artigos mais recentes. Esta foi a base escolhida pois possui filtros mais inteligentes de separação por tema (permitindo ignorar artigos não relacionados com alimentação), além de ser uma base não associada a uma editora, podendo selecionar artigos de uma quantidade maior de revistas.

Os descritores utilizados nesta etapa, foram os seguintes: “edible insects”; “entomophagy”; “insect fat”; “insect oil”; “insect lipid*”.

A coleta de dados foi baseada em uma leitura exploratória de todos os artigos, seguida de uma leitura seletiva, isto é, aprofundando nos temas mais relevantes. Após a leitura, foi realizado um registro das informações extraídas dos artigos, em quadros desenvolvidos para este trabalho, contendo: autor, ano, título, método, resultado e conclusão.

Na análise e interpretação dos resultados foi realizada uma ordenação das informações obtidas nas fontes de pesquisa, de forma a obter respostas para o problema da pesquisa. Por fim, as categorias

que emergiam na etapa anterior foram analisadas e discutidas a partir do referencial teórico relativo à temática do estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em levantamento na base Scopus, ao procurar sobre os trabalhos publicados contendo "edible insects" ou "entomophagy" em seus títulos, resumos ou palavras-chave, pode-se notar uma tendência de crescimento de interesse a partir de 2013. Esse ano é o ano da publicação conjunta da FAO com a Universidade de Wageningen (VAN HUIS et. al., 2013). Até então, não mais que 40 trabalhos eram publicados por ano sobre o assunto. Porém, o crescimento levou a um total de 346 trabalhos publicados apenas em 2020 (Figura 1).

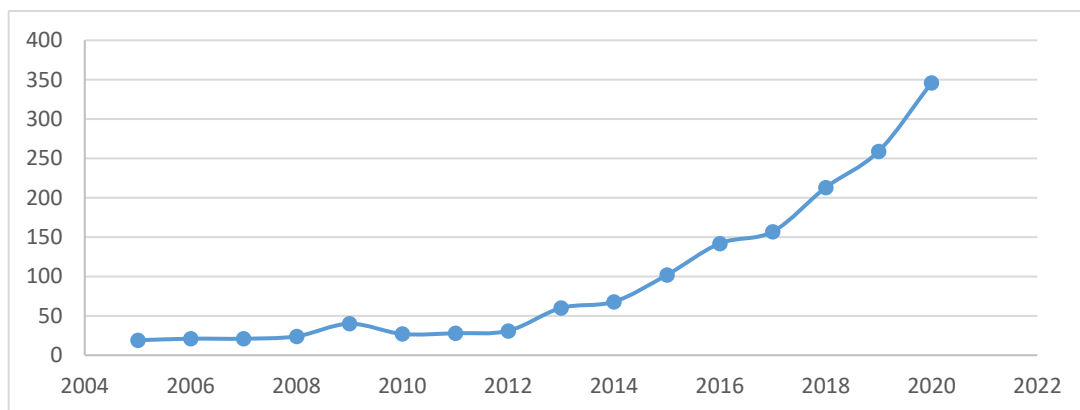


Figura 1: Quantidade de publicações por ano contendo os termos “edible insects” ou “entomophagy” a partir de 2005 até 2020 Fonte: Autor (2021)

Os países que mais publicam artigos e revisões destes temas, de 2005 a 2021 são, em ordem decrescente: Estados Unidos, Itália, China, Índia e Coreia do Sul. O Brasil configura a 18ª posição, com 46 publicações desde 2005, não sendo ainda um destaque de pesquisa sobre este tópico.

Sobre a situação no Brasil, as únicas universidades com mais que 3 trabalhos publicados com as palavras-chave citadas, desde 2005 são: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); Universidade Federal de Viçosa (UFV); Universidade de São Paulo (USP); Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS); Universidade Federal do Grande Dourados (UFGD). Vale citar também a presença da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, com 5 publicações.

A quantidade de pesquisas relacionadas ao *Tenebrio molitor* também está em crescimento desde 2013, porém não restrito à alimentação humana ou animal. Incluem-se pesquisas relacionadas

a outros tópicos como estudo do metabolismo deste inseto ou da aplicação do inseto em outros setores como cosméticos e combustíveis. O Brasil é o 4º país que mais publica sobre este inseto desde 2005, atrás de Estados Unidos, China e Coreia do Sul. Dentro do país, destaca-se a atuação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), da Universidade Federal de São Paulo (USP) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com mais de 20 trabalhos publicados sobre o *T. molitor* desde 2005.

A análise de artigos foi separada em levantamento na base Web of Science, no dia 21/01/2021, utilizando os termos “entomophagy”, “edible insects”, “insect fat”, “insect oil” ou “insect lipid*”. Foram preparados quadros separando os artigos por tópico de interesse. Artigos podem ser encontrados em mais de uma tabela caso se apliquem a mais de um tópico.

Uma das primeiras conclusões imediatas que se pode relatar com este levantamento é que os insetos mais utilizados nestes artigos foram *Alphitobius diaperinus* (cascudinho), *Acheta domesticus* (grilo-doméstico), *Hermetia illucens* (mosca soldado-negro) e o já citado *T. molitor* (Figura 2). Também pode-se perceber que a maioria dos estudos são referentes a etapas de pré-processamento, ou seja, preparação de farinha, isolado proteico, proteínas hidrolisadas ou óleo de inseto. Aos estudos que já aplicam insetos em um produto final, a maioria o faz em produtos de panificação (pães, bolos, massas e biscoitos), mas há pesquisas utilizando insetos como substituto em produtos tradicionalmente cárneos.



Figura 2: Fotografias dos insetos comestíveis mais pesquisados. Em ordem: *Acheta domesticus* (adulto), *Alphitobius diaperinus* (larva), *Hermetia illucens* (larva), *Tenebrio molitor* (larva e adulto)

Fonte: Biolib.cz (2021)

5.1. Abate e armazenamento de insetos

O beneficiamento de insetos começa desde sua criação, onde condições de criação e tipo de ração empregados podem influenciar sua composição centesimal (ADAMKOVÁ et. al., 2020). Em seguida, é conduzido o abate dos insetos e seu armazenamento até o processamento. Os insetos podem ser abatidos de múltiplas formas, incluindo inanição, aplicação de temperaturas letais (tanto baixas quanto altas), emprego de forças mecânicas intensas (como moagem) e privação de oxigênio. A inanição, que seria a retirada completa de fontes de alimento para o inseto, não é eficiente, pois além de demorada, os insetos podem apresentar comportamento canibal em cenários de pouca oferta de

alimentos, impactando fortemente a produção dos mesmos (RIBEIRO *et al.*, 2018). A ética do abate de insetos ainda é inconclusiva, não havendo dados neurofisiológicos suficientes para afirmar que não há sofrimento animal durante o abate. Há, porém, um consenso que todo sofrimento desnecessário deve ser evitado, havendo a preferência portanto por abates rápidos (como branqueamento e moagem) ou anestésicos de alguma forma (como congelamento). Isto coloca métodos de asfixia em dúvida quanto à ética de abate, que ainda não é regulamentada para insetos (PALI-SCHÖLL *et al.*, 2018).

É válido frisar que os métodos de abate podem não objetivar estritamente o abate. Afinal, abates por branqueamento também visam inativação de enzimas; Abates por congelamento também se aliam ao armazenamento; Abates por moagem já transformam o inseto da sua forma inteira para a uma forma em pó ou farinha. Alguns artigos deste levantamento relataram, de alguma forma, a importância dos métodos de abate e efeitos do armazenamento sobre características dos insetos (Quadro 1).

Quadro 1: Artigos sobre análise de etapas de abate e armazenamento de insetos abatidos (continua)

Autor	Inseto	Abate/Armazenamento	Resultados/ Conclusões
Kamau <i>et al.</i> (2020)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Armazenamento: estocagem em temperatura ambiente (23°C) ou sob refrigeração (5°C) por 6 meses, em sacos polipropileno ou polietileno ou potes plásticos com tampa de rosca	A temperatura ambiente, peroxidação lipídica foi 1,5 e 1,2 vezes mais rápida em recipientes de polipropileno e polietileno, em relação aos potes com tampa de rosca. Refrigeração acelerou peroxidação lipídica no recipiente de polipropileno, mas desacelerou nos outros recipientes, principalmente com tampa de rosca.
Lee <i>et al.</i> (2020a)	<i>Gryllus bimaculatus</i> (adultos)	Método de abate: branqueamento (100°C/40 s). Armazenamento: 14 dias (4, 25, 40°C)	No estoque a 40°C por 14 dias não foi detectado formação de micro-organismos patogênicos ou em quantidade acima do permitido.
Montevecchi <i>et al.</i> (2020)	<i>Hermetia illucens</i> (pré-pupa)	Métodos de abate: moagem ou branqueamento (100 °C/ 1 min) ou congelamento (-20 °C)	Entre os métodos de abate estudados, a moagem direta dos insetos vivos resultou em óleo com menor teor de ácidos graxos livres (2,5%). Os outros métodos de abate resultaram em óleo com 10 % (branqueamento) e 15% (congelamento) de ácidos graxos livres, o que pode aumentar custo energético de refino.
Singh <i>et al.</i> (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Métodos de abate: branqueamento (100°C/40s) ou cozimento a vapor (2 min e 15 s) ou congelamento (-20°C/130 min) ou asfixia por gás carbônico (25°C/127 min) ou asfixia por vácuo (25°C/95 min) ou asfixia em saco plástico (25°C/ 181 min) ou asfixia por gás carbônico seguida de branqueamento (25°C/40 min + 100°C/40 s)	Todos os métodos de abate aumentaram o índice de escurecimento dos insetos, com os métodos incluindo branqueamento aumentando menos. Congelamento e as diferentes formas de asfixia resultaram na maior proporção de ácidos graxos poliinsaturados e menor grau de oxidação de lipídios, porém resultaram em menor digestibilidade <i>in vitro</i> de proteínas.

Quadro 1: Artigos sobre análise de etapas de abate e armazenamento de insetos abatidos (conclusão)

Wessels, Azzollini, Fogliano (2020)	<i>Alphitobius diaperinus</i> (larvas)	Armazenamento: congelamento com nitrogênio líquido, estocagem congelada (-20°C/2 meses)	Na primeira semana de estoque, proteínas como miosina sofreram degradação e agregação, reduzindo solubilidade. Observou-se que 25% da umidade do inseto não estava sólida a -20°C, com o ponto de fusão sendo determinado como -32,5°C. Devido a isso, houve atividade enzimática durante o estoque, como escurecimento e aumento de acidez. Porém, a desnaturação proteica aumentou capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma e gel.
Caligiani <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (pré-pupa)	Métodos de abate: congelamento (-20 °C) ou branqueamento (100 °C/ 40 s). Armazenamento: 2 meses (-20 °C)	Os lipídios de insetos abatidos sem etapa de branqueamento sofreram efeitos de lipólise ao longo do armazenamento, com aumento da concentração de ácidos graxos livres e redução de acilgliceróis.

Fonte: Autor (2021)

O estudo de Singh *et al.* (2020) avaliou impactos do abate para o grilo-doméstico. Apenas uma condição para cada método de abate foi testada, o que compromete a escolha dos melhores parâmetros. Porém, este estudo levou a algumas conclusões relevantes. Primeiramente que abates por aplicação de calor (neste estudo, foram utilizados branqueamento e vapor) resultam em oxidação lipídica, o que pode favorecer o aparecimento de *off-flavors*, no entanto eles aumentam a digestibilidade *in vitro* das proteínas. Além disso, abates por branqueamento diminuíram alterações de cor ao longo do armazenamento. Isto é um indicativo que parte do escurecimento dos insetos ao longo do armazenamento e processamento se deve à ação de enzimas endógenas. O mecanismo de escurecimento enzimático varia de espécie para espécie de inseto, porém há indicativos de predominância da ação de fenoxidase e tirosinase nos mecanismos de escurecimento de múltiplas espécies (JANSSEN *et al.*, 2017). Abates por asfixia (por vácuo ou aplicação de gás carbônico ou aprisionamento em sacos plásticos) ou congelamento preservaram melhor os lipídios das amostras, mas afetaram negativamente a digestibilidade das proteínas e a cor.

O método de abate também é relevante para as características dos óleos que serão extraídos. O estudo de Montevicchi *et al.* (2020) comparou congelamento, branqueamento e moagem direta sobre a integridade do óleo de mosca soldado-preto. Concluiu-se que a moagem direta resulta no óleo mais íntegro, isto é, com maior concentração de acilglicerois e menor concentração de ácidos graxos livres (2,5%). Os abates por branqueamento e congelamento resultaram em maiores teores de ácidos graxos livres, chegando a 10% e 15% respectivamente. Isto indica que o abate por moagem resulta num óleo com menor gasto energético para refino. Outro artigo, por Caligiani *et al.* (2019), também estudou o efeito do abate sobre o óleo de *H. illucens* após armazenamento por 2 meses a -20°C dos insetos abatidos por congelamento ou por branqueamento. Observaram que óleos extraídos de insetos abatidos por congelamento sofreram maior grau de lipólise ao longo deste armazenamento em relação a óleos de insetos abatidos por branqueamento. O efeito da lipólise foi observado pela crescente concentração de ácidos graxos livres durante o armazenamento, com redução da concentração de acilglicerois. Pode-se concluir, com ambos os artigos, que a moagem tem menor impacto sobre a integridade de óleos desde que eles sejam extraídos logo após o abate. Se houver necessidade de armazenamento dos insetos abatidos, é importante que seja feita uma etapa de branqueamento, seja como abate ou um tratamento pós abate.

A maior parte dos estudos cita que os insetos foram armazenados ou sob refrigeração ou congelados antes das devidas análises. Kamau *et al.* (2020) observaram o armazenamento da mosca soldado-negro em temperatura ambiente e sob refrigeração (5°C) em alguns materiais plásticos, concluindo que dentre sacos de polipropileno, sacos de polietileno e potes plásticos com tampa de rosca, estes últimos preservaram de forma mais eficaz a qualidade química e microbiológica dos

insetos. Em temperatura ambiente foi detectada a aparição de *Salmonella spp.* nas amostras, ressaltando a importância da etapa de armazenamento para a qualidade microbiológica destes alimentos. Lee et. al. (2020a) observaram que para outra espécie de inseto, o grilo-africano, estocar os insetos após branqueamento e secagem, seja por liofilização ou fluxo de ar quente, permitiu que estes mantivessem sua qualidade microbiológica por 14 dias mesmo em temperaturas de estocagem consideradas altas, de até 40°C. Por fim, Wessels, Azzulini e Fogliano (2020) estudaram os efeitos do armazenamento de cascudinho por 2 meses a -20°C, sem secagem prévia dos insetos. Uma análise de varredura diferencial de calorimetria (DSC) concluiu que o ponto de fusão da água presente nestes insetos é de -32,5 °C. Além disso, 25% da água não se encontrava solidificada na temperatura estudada, o que permitia ação enzimática, como escurecimento e hidrólise de proteínas. Inclusive, foi observado aumento da capacidade de formação e estabilidade de espuma, efeito associado à hidrólise de proteínas. Estes estudos permitem concluir a necessidade de armazenamento apenas após etapas de branqueamento e secagem ou por congelamento a temperaturas abaixo de -32°C. Isto é um ponto relevante, pois alguns artigos levantados assumiram que um congelamento a -20°C seria o suficiente para inibir a atividade enzimática, o que pode levar a conclusões equivocadas.

5.2. Processamento do inseto inteiro ou como farinha

Insetos podem ser usados tanto em sua forma inteira ou com remoção de partes indesejáveis (como asas) ou moídos em forma de farinha. É importante notar que o uso da palavra farinha se aplicando a insetos moídos não é algo previsto pela ANVISA, mas é recorrente na literatura. Alguns autores, todavia, preferem denominar como pó de inseto. Porém independente da sua forma de apresentação, os insetos precisam passar por algumas etapas de processo. São necessárias tanto para redução da carga microbiológica quanto redução de atividade de água, além de serem potencialmente favoráveis para formação de compostos de aroma. Dentre as possíveis etapas podem ser citadas as etapas de processamento térmico e secagem, que podem ser distintas (como branqueamento para tratamento térmico e liofilização para secagem) ou feitas em uma única etapa (como forneamento). Neste levantamento, alguns artigos estudaram o efeito destas etapas de processo na produção de farinha de inseto (Quadro 2).

Quadro 2: Artigos sobre avaliação do processamento na produção de insetos inteiros ou como farinha (continua)

Autores	Inseto	Processamento	Inteiro/Farinha	Resultados/ Conclusões
Tinarwo <i>et al.</i> (2021)	<i>Henicus whellani</i> <i>Chopard</i> (adultos)	Tratamentos térmicos: fervura, forneamento (60, 80, 95°C/15, 30 e 60 min) ou por micro-ondas (2 e 5 min)	Inteiro	As diferentes combinações de tempo e temperatura, bem como método de secagem influenciaram a composição de macronutrientes. Combinações que resultaram nos maiores teores de cada macronutriente: Micro-ondas 5 min (Proteínas); Fervura a 95 °C por 60 min (Lipídios); Fervura a 95 °C por 30 min (Cinzas); Forneamento 60 °C por 60 min (Fibra alimentar)
Anuduang <i>et al.</i> (2020)	<i>Bombyx mori</i> (larvas)	Fervura (90°C/ 5, 10, 15, 20 min), secagem (80, 100, 120 140°C), moagem	Farinha	A fervura por 5 min foi o suficiente para reduzir a carga microbiológica dos insetos a nível aceitável. Durante a secagem, quanto maior a temperatura, maior o escurecimento e perda de atividade antioxidante.
Bawa <i>et al.</i> (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Congelamento com nitrogênio líquido, branqueamento com vapor (100°C/ 5 min), forneamento (60, 70, 80°C/ 240 min) ou micro-ondas (600 W/ 10 min, 720 W/ 8 min, 840 W/ 7 min), moagem	Farinha	Dentre os métodos de tratamento térmico testados, o uso de micro-ondas (sem etapa de branqueamento a vapor), resultou nos melhores teores de vitaminas, minerais, carga microbiológica, além de apresentar a farinha com a maior luminosidade (cor instrumental).
Borremans <i>et al.</i> (2020)	<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Congelamento (-18°C), Branqueamento (100°C, 40s), Fermentação (Bactoferm® ou <i>Lactobacillus farciminis</i>), Liofilização, Moagem, Extração com n-hexano	Farinha	Processo combinado de fermentação e branqueamento reduziu solubilidade de proteínas, capacidade de retenção de água e óleo, formação de espuma e propriedades emulsificantes de amostras não desengorduradas. Deslipidificação melhorou propriedades funcionais como capacidade de emulsão e estabilidade de espuma, além de reduzir índice de escurecimento.
Lee <i>et al.</i> (2020b)	<i>Gryllus bimaculatus</i> (adultos)	Branqueamento (100°C/ 40 s), liofilização ou forneamento (80°C/ 24 h), moagem, estocagem (4, 25, 40°C/14 d)	Farinha	Na estocagem a 40°C por 14 dias não foi detectado formação de microrganismos patogênicos ou em quantidade acima do permitido. Índice de absorção de água foi maior para insetos liofilizados, porém estes sofreram maior alteração de cor durante o estoque.

Quadro 2: Artigos sobre avaliação do processamento na produção de insetos inteiros ou como farinha (conclusão)

Myshina <i>et al.</i> (2020)	<i>Bombyx mori</i> (pupas), <i>Locusta migratoria manilensis</i> (adultos)	Liofilização ou forneamento (60°C/ 24 h) ou micro-ondas (700 W/ 13 min), moagem	Farinha	Perfil de compostos voláteis formados mudou de acordo com o inseto e o método de secagem aplicado, com a secagem por micro-ondas resultando no perfil mais próximo do esperado para reação de <i>Maillard</i> . Também foi observada oxidação de lipídios sobretudo na secagem com micro-ondas e forneamento.
Lucas-González <i>et al.</i> (2019)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Congelamento (-30 °C/ 24h), secagem por forneamento (60 °C/ 12 h) ou liofilização (24 h), moagem	Farinha	As farinhas obtidas apresentaram boas propriedades tecno-funcionais, com a farinha liofilizada apresentando valores superiores de capacidade de retenção de óleo e água, além de maior capacidade de formação e estabilidade de emulsões e espumas. A farinha liofilizada também apresentou maior luminosidade (cor instrumental).
Ssepuyya <i>et al.</i> (2019)	<i>Ruspolia differens</i> (adultos)	Remoção de asas, estocagem congelada (-18 °C), descongelamento (3 °C), Fervura (100 °C/ 30 min), forneamento (165 °C/ 45 min)	Inteiro	A etapa de fervura causou um aumento do teor de proteínas com redução do teor de lipídios. Houve também redução do teor de cinzas, por lixiviação de minerais, e vitamina B12. Já a etapa de forneamento uniformizou a cor das variantes verde e marrom do inseto. O inseto obtido ao final apresentou aroma característico de oxidação lipídica.
Stone, Tanaka, Nickerson (2019)	<i>Grylloides sigillatus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Forneamento (107 °C), moagem	Farinha	A farinha de <i>G. sigillatus</i> apresentou boa capacidade de formação e estabilidade de espuma, enquanto a farinha de <i>T. molitor</i> foi incapaz de formar espuma. O score de aminoácidos de <i>G. sigillatus</i> foi maior, mas o score corrigido com digestibilidade resultou num valor maior para <i>T. molitor</i> . Ambas as farinhas apresentaram proteínas com baixa solubilidade e ponto isoelétrico em pH 3.9

Fonte: Autor (2021)

É importante frisar que cada espécie de inseto resulta em farinhas de diferentes qualidades, algumas espécies podendo ser mais eficazes para certas aplicações que outras. Estudo de Stone, Tanaka e Nickerson (2019) comparou características físico-químicas e tecno-funcionais de duas espécies de inseto, *T. molitor* e *A. domesticus*. Dentre as conclusões observadas, percebeu-se que as proteínas de grilo-doméstico apresentam maior *score* de aminoácidos essenciais, mas ao se ajustar com dados de digestibilidade específica de aminoácidos, as proteínas de tenébrio possuem um score maior, chegando a 0,65 (lisina sendo o aminoácido limitante) em comparação com 0,54 para os grilos (triptofano sendo o aminoácido limitante). Farinha de tenébrio possui maior capacidade de retenção de óleo se comparado à farinha de grilo. Acontece o contrário para capacidade de retenção de água. A farinha de grilo também apresentou boa capacidade de formação e estabilidade de espuma, enquanto a farinha de tenébrio não foi capaz de formar espuma. Dentre as similaridades, pode-se citar que as proteínas de ambos os insetos apresentaram o mesmo ponto isoelétrico (pH 3,9) e baixa solubilidade em água. Válido ressaltar que estas observações são apenas para este processo específico (fornear a 107 °C), pois cada espécie se comporta de forma diferente com os diferentes processos.

Diferentes métodos e parâmetros de secagem e tratamento térmico alteram fortemente características dos insetos processados. Tinarwo *et al.* (2021) avaliaram diferentes métodos de tratamento térmico (fervura, fornear e micro-ondas) e tempos de processo e sua relação com a composição centesimal de uma espécie de grilo. Uso de micro-ondas por 5 min foi a combinação ideal para resultar no maior teor de proteínas, enquanto fervura por 60 min resultou no maior teor de lipídios. Bawa *et al.* (2020) também estudaram os efeitos de fornear e uso de micro-ondas em características nutricionais, microbiológicas e colorimétricas de outra espécie de grilo. Apesar de não encontrar diferença significativa no teor de proteínas comparando-se os dois métodos, o processamento com micro-ondas conservou melhor a riboflavina e minerais, além de ser mais eficiente na redução de carga microbiológica e resultar em um alimento, neste caso, grilo inteiro, com cor mais clara. Já Ssepuyua *et al.* (2019) estudou o efeito da fervura e fornear sobre a composição de uma terceira espécie de grilo. Foi observado, na etapa de fervura, aumento do teor de proteínas, redução do teor de lipídios, cinzas e vitamina B12. A etapa de fornear teve menor impacto sobre a composição, mas diminuiu a diferença de cor observada instrumentalmente entre grilos de variante verde e variante marrom. Como pode-se observar, há contradições entre o efeito de cada etapa do processo ao se comparar os estudos. Alguns dos efeitos podem ser explicados, como a lixiviação de minerais durante fervura contribuindo para a redução do teor de cinzas. Porém, ainda não há um consenso de porque a fervura pode aumentar ou diminuir a concentração de proteínas e lipídios, podendo ser um fator dependente do tipo de inseto ou até mesmo erro experimental de

quantificação. Afinal, há um debate sobre os métodos tradicionais de quantificação da composição centesimal quando aplicados a insetos, desde superestimação de conteúdo de proteínas devido a um erro no fator de conversão de Kjeldahl (N) quanto a subestimação de teor de lipídios pela dificuldade de extração por solvente após desnaturação de proteínas (AZZOLINI *et al.*, 2020; BOULOS, TÄNNLER, NYSTRÖM, 2020).

Quanto ao perfil de compostos voláteis, que impactam diretamente o aroma, Myshina *et al.* (2020) estudaram o efeito de liofilização, forneamento e micro-ondas na formação destes compostos, além de análise sensorial por um painel de avaliadores. No geral, notou-se a formação de produtos da reação de Maillard, sobretudo no processamento com micro-ondas, além de oxidação de lipídios. Notou-se também que farinhas de locustas (tipo de gafanhoto) secas em forno e farinha de pupas de bicho-da-seda secas em micro-ondas tiveram a menor aceitação dentre as metodologias testadas. Para ambos os casos, o painel de avaliadores apontou presença de odor extra forte.

Além de características nutricionais e sensoriais, a escolha do método de secagem possui também impacto nas propriedades tecno-funcionais e físico-químicas dos insetos e na qualidade microbiológica, sendo vital a escolha do procedimento desta etapa para entender seu uso como ingrediente. Anuduang *et al.* (2020) estudaram diferentes tempos de fervura e temperaturas de secagem em forno e seus impactos em características físico-químicas de bicho-da-seda. Neste estudo, apenas 5 min de fervura já foi o suficiente para reduzir a carga microbiológica a níveis aceitáveis, sem reduzir a atividade antioxidante. Tempos mais longos de secagem e temperaturas maiores diminuem a atividade antioxidante além de escurecer as amostras de inseto.

O estudo de Lucas-González *et al.* (2019) comparou o efeito da secagem por liofilização e por forneamento sobre características tecno-funcionais de farinha de grilo-doméstico. Foi observado que ambas as farinhas apresentaram resultados satisfatórios e comparáveis a outras farinhas vegetais como farinha de quinoa. Dentre os métodos testados, a liofilização resultou em farinha com valores superiores de capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma, além de maior capacidade de retenção de óleo e água e maior atividade antioxidante. Já o estudo de Borremans *et al.* (2020) verificou o efeito de etapas de branqueamento e fermentação em características tecno-funcionais de tenébrios. Concluiu-se que a combinação de etapas de branqueamento e fermentação afetam negativamente a capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma. Pela forma que o estudo foi feito, não é possível afirmar se estas propriedades foram afetadas pelo branqueamento, pela fermentação ou por ambos. Nota-se que há mais necessidade de estudo de condições de branqueamento, visto que este tratamento pode inibir atividades enzimáticas negativas, incluindo degradação de proteínas e escurecimento enzimático. Porém, deve-se atentar a oxidação de lipídios, que é acelerada pelos tratamentos térmicos e é favorecida pelo maior teor de ácidos graxos insaturados

na composição de insetos. Também é importante maiores estudos sobre liofilização de insetos, pesando a viabilidade econômica em comparação às vantagens experimentais obtidas ao se utilizar este método de secagem.

5.3. Produção de farinha deslipidificada

Farinhas deslipidificadas diferem de isolados proteicos porque nestes últimos há uma etapa específica para purificação de proteínas, seja com uso de solventes ou outras técnicas. Já a farinha deslipidificada possui apenas etapa de remoção total ou parcial de lipídios. Com o aumento do interesse do uso do óleo de inseto em setores alimentícios e não alimentícios, uma proposta é fracionar os insetos em dois componentes, sendo o óleo e a farinha deslipidificada, com teores mais concentrados de proteína e fibras em comparação a sua contraparte sem remoção de lipídios.

Poucos estudos foram feitos para avaliar a influência da remoção de lipídios na qualidade da farinha. O artigo de Lee *et al.* (2020b) observou uma redução significativa na contagem de bactérias aeróbias na farinha de larvas de besouro. O estudo de Borremans *et al.* (2020) constatou uma influência positiva da deslipidificação nas propriedades tecno-funcionais da farinha de tenébrio. Foi observado um aumento na capacidade de retenção de óleo e de água, além de maior capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma. A remoção de lipídios foi feita com hexano. Esta informação é relevante pois o solvente utilizado na etapa de extração de óleo também influencia na característica da farinha resultante. Ravi *et al.* (2019) observaram que farinhas de mosca soldado-preto submetidas à extração com 2-metiltetraidrofurano (2-MeO) apresentaram alguns parâmetros de qualidade de proteínas superiores às farinhas processadas com hexano, como solubilidade e índice de dispersibilidade. Já Wang *et al.* (2019), embora não tenham encontrado diferença significativa na digestibilidade *in vitro* de farinhas de mosca soldado-preto deslipidificadas com diferentes solventes, foi observado que o score de aminoácidos essenciais digeríveis foi maior para farinhas que foram submetidas a etapa de extração com acetato de etila:água (90:10).

O estudo de Bolat *et al.* (2021) verificou a influência do uso de alta pressão hidrostática (500 MPa) na qualidade das proteínas na farinha resultantes da extração com n-hexano. Foram encontradas algumas alterações significativas no teor e qualidade das proteínas, mas sem uma tendência definida de modelo, já que os dois insetos testados apresentaram alguns resultados contraditórios entre si. Pode ser necessário explorar melhor o efeito de alta pressão hidrostática em condições mais diversas e com um grupo maior de insetos.

Como pode-se observar, ainda são escassos os estudos que verifiquem o efeito da deslipidificação na qualidade de proteínas na farinha (Quadro 3). Porém há indícios que esta remoção pode melhorar a qualidade da farinha além de viabilizar um co-produto que possui interesse crescente.

Quadro 3: Artigos sobre farinha de inseto deslipidificada

Autores	Inseto	Processamento	Resultados/ Conclusões
Bolat <i>et al.</i> (2021)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Liofilização, moagem, remoção de lipídios por alta pressão hidrostática, centrifugação	A extração de lipídios com ou sem auxílio de fluido de alta pressão alterou propriedades como capacidade de retenção de óleo e água da farinha deslipidificada de forma diferente para os dois insetos estudados. Aumento da temperatura de extração diminuiu solubilidade de proteínas.
Borremans <i>et al.</i> (2020)	<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Congelamento (-18°C), branqueamento (100°C, 40 s), fermentação (Bactoferm® ou <i>Lactobacillus farciminis</i>), liofilização, moagem, extração com n-hexano	Remoção de lipídios aumentou propriedades funcionais como capacidade de formação e estabilidade de emulsão e espuma, capacidade de retenção de óleo e água, além de reduzir índice de escurecimento.
Lee <i>et al.</i> (2020b)	<i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas)	Liofilização, moagem, extração com etanol 70% com agitação e centrifugação	A etapa de extração com etanol reduziu a contagem de bactérias aeróbias e coliformes sem alterar significativamente a digestibilidade das proteínas.
Ravi <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Moagem, extração de lipídios com 2-MeO com agitação	A extração dos lipídios com 2-MeO resultou em uma farinha com maior bioatividade e qualidade das proteínas em relação a extração com hexano, melhorando parâmetros de qualidade como índice de dispersibilidade e solubilidade de proteínas.
Wang <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Moagem, extração de lipídios com solvente sob agitação. solventes utilizados: éter de petróleo:isopropanol (50:50), acetato de etila e acetato de etila:água (90:10)	A digestibilidade <i>in vitro</i> não apresentou diferença significativa entre farinhas que tiveram lipídios extraídos com solventes diferentes. Já o score de aminoácidos essenciais digeríveis foi maior para a farinha deslipidificada com acetato de etila:água (90:10) em relação às farinhas deslipidificadas com outros dois solventes

Fonte: Autor (2021)

5.4. Produção de isolados e hidrolisados proteicos

Ao se processar insetos, é necessário dividir em dois possíveis usos: o primeiro seria um fracionamento dos componentes destes insetos, como proteínas e lipídios; o segundo é a utilização do inseto como um todo, moído ou não. Considerando o primeiro grupo, muitos trabalhos realizaram esse fracionamento com foco na utilização das proteínas (Quadro 4).

Diversos métodos já foram testados para o isolamento ou concentração destas proteínas. O mais tradicional, como realizado por Kim *et al.* (2020c) é moagem seguido de extração de lipídios com solvente orgânico (no caso deste estudo, n-hexano), finalizando com extração das proteínas com ácido ascórbico diluído. Este estudo mostrou que cada uma das três etapas citadas aumentou o teor de ácidos graxos essenciais, além de melhorar a capacidade de formação e estabilidade de espuma. Em outro estudo de Kim *et al.* (2021), foi demonstrado o impacto do solvente usado na etapa de extração de lipídios. A comparação dos resultados de extração com n-hexano, metanol e etanol mostrou, como esperado, que a extração com n-hexano resultou em fase proteica com características funcionais mais desejáveis, como maior solubilidade e maior estabilidade de espuma. Porém, a extração com etanol apresentou resultados comparáveis à extração com n-hexano para propriedades como capacidade de formação de emulsão e espuma. Esta é uma conclusão importante, afinal, extrações com solventes orgânicos são desencorajadas para uso em alimentos, devido a problemas associados à sua ingestão.

O uso de solventes não orgânicos pode apresentar outros efeitos positivos além da menor toxicidade, conforme observado por Laroche *et al.* (2019). Neste estudo, diferentes solventes foram utilizados na extração de lipídios de grilo-doméstico e tenébrio: hexano, éter de petróleo, acetato de etila, etanol e gás carbônico supercrítico. De todos os solventes testados, a extração com etanol resultou em isolado com maior pureza de proteínas. Num outro estudo com mosca soldado-preto por Wang *et al.* (2019), os lipídios foram removidos com éter de petróleo, acetato de etila e acetato de etila:água (90:10). O teor de proteínas dos isolados resultante não apresentou diferença significativa, independente do solvente utilizado na extração de lipídios. Também não houve diferença na digestibilidade das proteínas ou no *score* de digestibilidade de aminoácidos essenciais.

Quadro 4: Artigos sobre preparo de isolados ou hidrolisados proteicos (continua)

Autores	Inseto	Obtenção de Proteínas	Hidrolisado?	Resultados/ Conclusões
Jiang <i>et al.</i> (2021)	<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Secagem, Moagem, remoção de lipídios com hexano, extração alcalina e precipitação ácida, NaCl para <i>salting-in</i> e (NH ₄) ₂ SO ₄ para <i>salting-out</i>	Não	Combinação das etapas de <i>salting-in</i> , EAPA e <i>salting-out</i> resultou em proteínas com melhores propriedades emulsionantes e maior solubilidade e estabilidade.
Kim <i>et al.</i> (2021)	<i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas)	Liofilização, remoção de lipídios com hexano ou etanol ou metanol, extração de proteínas com água sob agitação (10.000 rpm/ 2 min), centrifugação (15.000 g/ 30 min)	Não	O isolado proteico que teve lipídios extraídos com etanol resultou em capacidade de formação de espuma e emulsão similares a resultados com hexano, além de resultar em uma farinha com luminosidade experimental (L*) maior.
Santiago, Fadel, Tavares (2021)	<i>Gryllus assimilis</i> (adultos)	Liofilização, moagem, extração alcalina e precipitação ácida e fervura (65, 75, 85, 90, 95 °C/15 min) em soluções salinas (NaCl 0, 0,1, 0,3 e 0,5M)	Não	Os resultados de formação de espuma e gel foram comparáveis aos de proteína de soro de leite quando o isolado proteico foi fervido a 75, 90 e 95°C. A adição de sal não causou mudança significativa nestes parâmetros, apenas reduziu a hidrofobicidade das proteínas
Amarender <i>et al.</i> (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Remoção de lipídios com etanol, extração alcalina (NaOH) ou ácida (ácido ascórbico)	Não	Houve maior eficiência na extração ácida de proteínas, chegando a um produto com 69,7% de proteínas. Em comparação, a extração alcalina resultou em um produto com 61,8 % de proteínas.
Azzollini <i>et al.</i> (2020)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Branqueamento (90° C/ 5 min), prensagem a frio, sonicação (60 °C/30 min), hidrólise enzimática (60 °C/ 1 h/ Alcalase®) e centrifugação (4000 g/ 10 min)	Sim	Branqueamento causou desnaturação proteica, o que dificultou a remoção de lipídios, diminuindo assim a pureza do isolado proteico. Sonicação não alterou significativamente a eficiência de extração de lipídios. Aproximadamente 50% das proteínas foram recuperadas no precipitado da centrífuga e os outros 50% na torta de prensagem.

Quadro 4: Artigos sobre preparo de isolados ou hidrolisados proteicos (continuação)

Batish <i>et al.</i> (2020)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Extração com éter de petróleo, extração alcalina e precipitação ácida, hidrólise enzimática em duas etapas (Alcalase®, papaína, pepsina) (120 min/ 60 °C, processo encerrado com elevação de temperatura a 90 °C)	Sim	A hidrólise diminuiu a capacidade de formação de espuma e estabilidade de emulsão das proteínas. A hidrólise com Alcalase® resultou no maior teor de hidrólise e atividade antioxidante.
Boukil <i>et al.</i> (2020)	<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Hidrólise enzimática (Alcalase® ou Pepsina) após ou durante tratamento alta pressão hidrostática (água:glicol 70:30/ 380 MPa/1 min)	Sim	A aplicação de hidrólise enzimática separada do tratamento de alta pressão hidrostática apresentou resultados inferiores aos métodos aplicados juntos. Os métodos combinados utilizando ambas as enzimas testadas aumentaram a digestibilidade in vitro de proteínas alergênicas.
Dion-Poulin <i>et al.</i> (2020)	<i>Grylloides sigilatus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Hidrólise enzimática (Alcalase®/ 2 h/ 55 °C/ inativação térmica a 80 °C) com e sem alta pressão hidrostática (200, 380 MPa), centrifugação	Sim	Hidrólise enzimática, com ou sem alta pressão, não alterou capacidade de formação de gel e espuma nem capacidade de retenção de água. Pré-tratamento com alta pressão aumentou a solubilidade das proteínas de <i>T. molitor</i> , mas reduziu as de <i>G. sigilatus</i> . Capacidade de retenção de óleo aumentou com a hidrólise e mais ainda com pré-tratamento de alta pressão.
Kim <i>et al.</i> (2020a)	<i>Allomyrina dichotoma</i> (larvas), <i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Liofilização, moagem, extração com iodeto de potássio, gelificação	Não	Dos 3 géis formados, os géis produzidos a partir de <i>A. dichotoma</i> e <i>P. brevitarsis</i> apresentaram em geral os melhores parâmetros, como estrutura complexa a estabilidade térmica. <i>P. brevitarsis</i> apresentou maior viscosidade aparente, capacidade de emulsão, capacidade de retenção de água e coesão dentre os géis testados.

Quadro 4: Artigos sobre preparo de isolados ou hidrolisados proteicos (continuação)

Kim <i>et al.</i> (2020b)	<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Liofilização, moagem, extração com solução salina (0,58 M/ 1 h/ 4 °C), centrifugação	Não	A substituição de proteína miofibrilar de porco por proteína de inseto fez com que a emulsão ficasse mais alcalina e com maiores valores de cor instrumental a* e b* (respectivamente, vermelho e amarelo) com o aumento do teor de inseto. Além disso, o aumento do teor de insetos diminuiu luminosidade, dureza, coesão e viscosidade aparente. Até 40% da proteína de porco pôde ser substituída sem alterar a estabilidade da emulsão.
Kim <i>et al.</i> (2020c)	<i>Allomyrina dichotoma</i> (larvas), <i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Liofilização, moagem, extração com hexano, extração com ácido ascórbico	Não	Cada uma das etapas de extração aumentaram o teor de aminoácidos essenciais, com <i>A. dichotoma</i> tendo a maior quantidade em todas as etapas, seguido de <i>P. brevitarsis</i> . Além disso, cada etapa reduziu os valores de cor instrumental L*a*b (respectivamente, luminosidade, vermelho e amarelo). <i>P. brevitarsis</i> apresentou a maior variedade de tamanho de proteínas. As etapas de extração aumentaram a capacidade de formação e estabilidade de espuma, mas não tiveram efeito significativo sobre capacidade de formação e estabilidade de emulsão, com <i>P. brevitarsis</i> apresentando os melhores parâmetros funcionais.

Quadro 4: Artigos sobre preparo de isolados ou hidrolisados proteicos (continuação)

Kim <i>et al.</i> (2020d)	<i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas)	Liofilização, moagem, extração com hexano, extração com solução salina, incubação com transglutaminase (37 °C/ 10, 20, 30, 60, 90 min)	Não	A formação de ligações cruzadas com transglutaminase aumentou o peso molecular das proteínas de inseto e melhorou parâmetros funcionais como estabilidade térmica, formação e estabilidade de espuma e emulsão. Quanto maior o tempo de incubação, melhores os parâmetros funcionais, até um máximo de 60 minutos, pois houve decréscimo da funcionalidade nas amostras incubadas por 90 minutos.
Leni <i>et al.</i> (2020a)	<i>Alphitobius diaperinus</i> (larvas)	Congelamento com nitrogênio líquido, liofilização, moagem, hidrólise enzimática (protease de <i>Bacillus licheniformis</i> / 60 °C/ 30, 60, 120, 180, 300 min)	Sim	A hidrólise por 5 horas levou a um grau de hidrólise de 15%. Valores de solubilidade e retenção de óleo aumentaram proporcionalmente ao tempo de hidrólise, enquanto valores de capacidade de formação de emulsão e espuma atingiram valores máximos com 120 min e 180 min de hidrólise, respectivamente.
Leni <i>et al.</i> (2020b)	<i>Alphitobius diaperinus</i> (larvas), <i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Liofilização, moagem, hidrólise enzimática (temperatura ótima de cada enzima/ 18 h/ Protease de <i>B. licheniformis</i> , dispase I, pepsina, pancreatina, tripsina, bromelina, papaína)	Sim	As diferentes enzimas utilizadas levaram a teores de hidrólise máximos de 18% para <i>H. illucens</i> (com tripsina) e 23% para <i>A. diaperinus</i> (com bromelina). Foi possível produzir um hidrolisado com 62% de proteínas apenas com hidrólise enzimática, sem extração com solventes.
Mintah <i>et al.</i> (2020a)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Extração alcalina e precipitação ácida com auxílio de ultrassom (frequência fixa e de varredura)	Não	Tratamento com ultrassom tornou os isolados proteicos mais claros. Além disso, tratamento sônico, especialmente com varredura de frequência, causaram aumento de carga superficial, teor de tióis, redução de turbidez e tamanho de partícula. Tratamento de hidrólise reduziu o peso molecular das proteínas.

Quadro 4: Artigos sobre preparo de isolados ou hidrolisados proteicos (continuação)

Laroche <i>et al.</i> (2019)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Remoção de lipídios (solvente ou fluido supercrítico), extração alcalina (NaOH 0,25 M/ 40 °C/ 1 h), precipitação ácida (pH 4,3-4,5)	Não	A pureza das proteínas obtidas foi dependente do método de remoção de lipídios empregado. O máximo de pureza obtido foi 78,5 % para <i>A. domesticus</i> e 75,3% para <i>T. molitor</i> . Para ambos os insetos, o máximo foi obtido após extração em Soxhlet com etanol.
Wang <i>et. al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Remoção de lipídios com solventes, extração das fases proteicas com água, solução salina, etanol e hidróxido de sódio	Não	A remoção de lipídios com todos os solventes testados (éter de petróleo, acetato de etila e mistura de água com acetato de etila) não alterou a digestibilidade das proteínas nem o score de digestibilidade de aminoácidos essenciais.

Fonte: Autor (2021)

Outras técnicas podem ser utilizadas para aumentar a concentração de proteínas, seja por processos físicos, químicos, biológicos ou uma combinação destes. Dentre os métodos físicos podem ser citados a alta pressão hidrostática ou ultrassom. Mintah *et al.* (2020a) estudaram a extração de proteínas assistida por ultrassom, tanto em frequência fixa quanto com varredura. Os resultados com varredura de frequência se mostraram mais benéficos, com aumento de solubilidade e redução de turbidez, além de alterações positivas de cor. Métodos físicos, especialmente os que não aplicam altas temperaturas, são alternativas interessantes que se destacam pela baixa necessidade de solventes e reagentes, sendo assim menos poluentes. Porém, podem requerer equipamentos muito específicos e, conseqüentemente, mais caros.

Métodos químicos incluem a utilização de ácidos, bases e soluções salinas para fracionamento dos componentes dos insetos. Um exemplo é o trabalho de Amarender *et al.* (2020), que comparou a eficiência de extração de proteínas em meio ácido (com ácido ascórbico) e meio alcalino (com hidróxido de sódio). O primeiro resultou em um isolado com 69,7% de proteínas, sendo mais eficiente que o segundo, com 61,8%.

A utilização de solventes orgânicos como hexano ou éter de petróleo ajuda a remover lipídios, mas não separam as proteínas de fibras (sobretudo quitina) e cinzas. Neste caso, propõe-se o uso de técnicas como extração alcalina e precipitação ácida (em inglês AEAP) e *salting-in* e *salting-out*, como reportado por Jiang *et al.* (2021). Este estudo concluiu que a escolha das técnicas pode afetar as propriedades emulsificantes e formadoras de espuma das proteínas de inseto. Os próprios autores concordam com a necessidade de estudar mais condições de processo para as técnicas testadas a fim de otimizar cada um destes processos de forma a direcionar as proteínas extraídas para fins específicos. O estudo de Santiago, Fadel e Tavares (2021) também avaliou a combinação de AEAP seguido de fervura em soluções com diferentes forças iônicas (até 0,5 M). Foi observado que a presença de sal durante tratamento térmico altera fortemente a estrutura secundária das proteínas isoladas, diminuindo sua hidrofobicidade. Foi mostrado também que, com ou sem presença de sal, o isolado proteico de grilo-preto tratado a 95°C por 15 min apresentou capacidade de formação de espuma e gel em níveis similares a isolado proteico de soro de leite. Métodos químicos são os mais utilizados e podem alterar fortemente as características dos isolados proteicos com o uso de solventes comuns. Porém deve-se atentar ao uso especificamente de solventes orgânicos, visto que podem limitar o uso destes isolados para alimentação humana. Além disso, a nível industrial, o uso de solventes químicos costuma ser um ponto de preocupação do ponto de vista ambiental.

Muitas enzimas também podem ser utilizadas para extração de proteínas de insetos ou alteração de suas propriedades. Leni *et al.* (2020b) analisaram os efeitos de uma extração de proteínas de dois insetos (cascudinho e mosca soldado-negro) com uso de 7 enzimas diferentes, todas com

atividade proteolítica: papaína, pancreatina, dispase I, pepsina, bromelina, tripsina e protease de *Bacillus licheniformis*. A performance de cada enzima variou entre os insetos, com tripsina apresentando graus superiores de hidrólise em ambos os insetos e papaína graus inferiores. Mesmo sem etapa específica para extração de lipídios, a hidrólise enzimática gerou concentrados de mais de 60% de proteínas em base seca. Batish *et al.* (2020) também estudaram a hidrólise enzimática de mosca soldado-negro com três enzimas: Alcalase®, pepsina e papaína. Destas, a hidrólise enzimática realizada com Alcalase® resultou no preparado com maior grau de hidrólise, maior atividade antioxidante e propriedades de emulsão mais favoráveis. Este estudo também encontrou valores menos favoráveis para a hidrólise com papaína, indicando que esta enzima pode não ser favorável para uso em proteínas de inseto. A Alcalase® também foi utilizada por Azzolini *et al.* (2020) no fracionamento de mosca soldado-preto. Neste estudo, a hidrólise enzimática ajudou a ressolubilizar proteínas desnaturadas e precipitadas em tratamento térmico anterior, além de permitir uma separação mais eficiente de lipídios e proteínas.

A importância do grau de hidrólise para a performance dos hidrolisados proteicos foi estudada por Leni *et al.* (2020a). Este estudo encontrou que as proteínas de cascudinho ao serem hidrolisadas com protease de *B. licheniformis* chegaram a um grau de hidrólise máximo de 15%, onde a solubilidade e retenção de óleo foram maximizadas, mas os hidrolisados foram incapazes de formar emulsão ou espuma. Embora o aumento do grau de hidrólise diminua a capacidade de formação de emulsão, a formação de espuma se favorece até certo ponto, encontrando um máximo perto de 10% de grau de hidrólise. Métodos enzimáticos podem ser mais caros devido a especificidade dos reagentes, porém são menos nocivos ao meio ambiente e permitem alterações mais específicas nas proteínas, podendo inclusive diminuir seu potencial alergênico.

Naturalmente, os métodos citados acima podem ser combinados entre si para resultados ainda melhores. Em estudo feito por Dion-Poulin *et al.* (2020) o preparo de proteínas hidrolisadas com Alcalase® foi associado com etapa prévia de alta pressão hidrostática. Demonstrou-se que algumas propriedades funcionais sofreram alteração com esta combinação de processos, como aumento da capacidade de retenção de óleo das proteínas de ambos os insetos estudados e alteração da solubilidade do hidrolisado, aumentando a de tenébrio e reduzindo a de grilo-doméstico. Outro artigo que estudou a junção de alta pressão hidrostática com tratamento enzimático foi feito por Boukil *et al.* (2020). Uma diferença importante entre estes estudos é que o segundo avaliou também a aplicação de alta pressão hidrostática durante a etapa de hidrólise enzimática. A aplicação simultânea resultou em maior grau de hidrólise além de maior digestão *in vitro* de proteínas alergênicas. Estes estudos mostram que combinar métodos físicos, químicos e biológicos na preparação de isolados proteicos

pode agregar as características favoráveis destes métodos. A combinação de maior interesse, até então, é a de hidrólise enzimática com aplicação simultânea de alta pressão hidrostática.

As propriedades tecno-funcionais dos isolados proteicos variam de inseto para inseto. Kim *et al.* (2020a) analisaram géis formados por proteínas de 3 espécies diferentes: tenébrio, escaravelho e besouro-rinoceronte japonês. Os géis destes insetos, formados por indução térmica, apresentaram performances diversas, com o gel de escaravelho sendo o mais favorável (maior estabilidade térmica, viscosidade aparente e coesão) e o de tenébrio menos favorável.

As proteínas isoladas também podem ser combinadas com outros compostos. Estudo de Kim *et al.* (2020b) observou as propriedades de preparados de diferentes concentrações de isolado proteico de tenébrio e proteína miofibrilar de porco. O aumento da concentração de insetos diminuiu a dureza, coesão e viscosidade aparente da emulsão. Emulsões com até 40% de proteína de tenébrio se mostraram relativamente estáveis ao longo de armazenamento, porém concentrações superiores a 40% não apresentaram formação de emulsão satisfatória e estável. Também se estudou a interação de proteínas de escaravelho com transglutaminase no artigo de Kim *et al.* (2020d). Concluiu-se que uma incubação das proteínas por 60 min com transglutaminase melhorou suas propriedades de formação e estabilidade de espuma e gel, bem como a estabilidade térmica. Em geral, a maior parte dos estudos envolvendo isolados proteicos ou hidrolisados de insetos ainda os utilizam como substitutos parciais de isolados mais comuns, como proteínas de soro de leite ou de músculos de mamíferos. Isto acontece pois os primeiros testes realizados encontraram isolados com propriedades tecno-funcionais inferiores a estas proteínas. Apesar disto, as diferentes formas de extração e preparo visam mudar este cenário, bem como a exploração de isolados de espécies que mostrem propriedades mais interessantes.

5.5. Extração de óleo de inseto

Os insetos começaram a ser estudados como fonte de alimento principalmente pelas suas proteínas. Porém, recentemente, os lipídios de insetos começaram a ganhar destaque. Por um lado, sua composição de ácidos graxos e características físico-químicas se assemelham a certos óleos vegetais, sendo comparações comuns o óleo de *T. molitor* com óleo de soja e óleo de *H. illucens* com óleo de palmiste ou coco. Óleos de inseto possuem em sua maioria, cor amarelo-avermelhada (devido a presença de carotenoides) e podem apresentar odor agradável, porém extratos de espécies como *Blaptica dubia* apresentam odor forte e desagradável (TSOMPA-SOZA *et al.*, 2019). Para além do uso na alimentação humana ou animal, os óleos de inseto também vêm sendo usados em outros setores, apresentando possível aplicação na indústria de cosméticos (VERHEYEN *et al.*, 2020), como lubrificante (XIONG *et al.*, 2020) e na fabricação de biodiesel (KAMARULZAMAN *et al.*, 2019). É

importante observar que a quantidade de óleo possível de ser extraída de insetos pode não ser suficiente para competição nestes setores contra outras fontes de óleo mais estabelecidas.

A forma mais utilizada para extração do óleo de inseto é através de solvente orgânico, como hexano e éter de petróleo. Porém resíduos destes solventes em alimentos podem causar efeitos adversos ao ser humano, e por isso há uma busca por solventes mais adequados ao uso em alimentos que sejam eficientes na extração. Este levantamento encontrou artigos que estudaram algum método de extração de lipídios de insetos que não fosse extração por solvente orgânico, a menos que alguma técnica alternativa (como sonicação ou fluido de alta pressão) tenha sido utilizado para auxiliar o processo (Quadro 5).

Alguns estudos foram feitos testando a eficiência de uma gama de solventes para extração do óleo de inseto. Wang *et al.* (2019) estudaram a eficiência de extração de óleo de larvas de mosca soldado-preto com oito sistemas de solventes: éter de petróleo; hexano; éter de petróleo:isopropanol (50:50); acetato de etila; acetato de etila:água (97,5:2,5); acetato de etila:água (95:5); acetato de etila:água (92,5:7,5); acetato de etila:água (90:10). Destes, éter de petróleo:isopropanol (50:50), acetato de etila e acetato de etila:água (90:10) obtiveram as melhores eficiências, extraindo respectivamente 38, 29 e 29 gramas de óleo/100 g do total de lipídios presente na amostra. As eficiências de extração encontradas neste artigo são relativamente baixas mesmo com solventes orgânicos. Isto pode ser devido ao fato de que as larvas não foram moídas antes da extração, o que dificulta o acesso do solvente aos lipídios.

Outro levantamento por Ravi *et al.* (2019) analisou parâmetros de solubilidade, toxicidade e gasto energético de uma gama de solventes para definir qual seria o melhor, teoricamente, na extração de óleo de larvas de mosca soldado-preto. Os solventes estudados foram: etanol, isopropanol, dimetil carbonato, acetato de metila, acetato de etila, lactato de etila, 2-MeO, ciclopentilmetileter, alfa-pineno, d-limoneno e para-cimeno. Com os parâmetros analisados, o solvente escolhido foi o 2-MeO, que foi capaz de extrair 35,8 g de óleo por 100 g de farinha de larva. Esta eficiência foi superior à extração com solvente orgânico hexano, que extraiu 32,5 g/100 g. Vale notar que muitos destes solventes não são práticos para aplicação em escala devido ao seu custo. Apesar das conclusões dos autores, dos solventes testados, apenas etanol ou isopropanol teriam aplicabilidade prática. Mais um estudo com múltiplos solventes foi o de Laroche *et al.* (2019), que comparou extração de lipídios de grilo-doméstico e tenébrio em Soxhlet com 4 solventes: hexano, éter de petróleo, acetato de etila e etanol. Além da extração em Soxhlet, também foi testada a extração com CO₂ supercrítico. A extração mais eficiente foi com etanol e a menos eficiente com fluido supercrítico para ambos os insetos. Com etanol, foi extraído 28,8 g de óleo por 100 g de *T. molitor* e 22,7 g/100 g de *A. domesticus*.

Quadro 5: Artigos sobre extração de lipídios de insetos (continua)

Autores	Inseto	Extração do Óleo	Resultados/ Conclusões
Kim <i>et al.</i> (2021)	<i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas)	Liofilização, extração com hexano ou etanol ou metanol sob agitação (20 °C/ 1 h)	O teor de lipídios resultante no precipitado das extrações foi significativamente menor após extração com solventes etanol e hexano (0,2% e 0,4%, respectivamente) em comparação com os precipitados de extração com metanol.
Amarender <i>et al.</i> (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Extração com etanol em vortex (15 min) e centrifugação (4800 rpm/ 10 min)	A extração com etanol apresentou eficiência maior que a extração com hexano, sendo capaz de reduzir o teor de lipídios de 21,6% para 9,73% (base seca)
Azzollini <i>et al.</i> (2020)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Branqueamento (90° C/5 min), prensagem a frio, sonicação (60 °C/30 min), hidrólise enzimática (60° C/1 h/ Alcalase®) e centrifugação (4.000 g/ 10 min)	Branqueamento causou desnaturação proteica, o que dificultou a remoção de lipídios, com 25% de lipídios perdidos na torta da prensa comparado com 3,3% perdidos em processo sem branqueamento. Sonicação não alterou significativamente a eficiência de extração de lipídios. Processamento sem branqueamento resultou em maior extração de lipídios (acima de 80%) em fase de creme. Já branqueamento aliado a hidrólise enzimática permitiu o maior rendimento em fase de óleo límpido, acima de 40%.
Cheseto <i>et al.</i> (2020)	<i>Ruspolia differens</i> (adultos), <i>Schistocerca gregaria</i> (adultos)	Extração aquosa (80 °C/ 3h) com agitação magnética, filtração, centrifugação (14.000 rpm/ 30 min)	A extração de óleo de <i>R.differens</i> resultou em 80 mg de óleo por grama de inseto, o dobro do obtido na extração de óleo de <i>S. gregaria</i> .
Lee <i>et al.</i> (2020b)	<i>Protaetia brevitarsis</i> (larvas)	Extração com etanol 70% com agitação (13000 rpm/ 1 min) e centrifugação (6710 g/ 30 min). Processo repetido 3 vezes.	A extração com etanol reduziu o teor de lipídios de 27,2% para 25,3%. A etapa de extração com etanol reduziu a contagem de bactérias aeróbias e coliformes sem alterar a digestibilidade das proteínas.
Mintah <i>et al.</i> (2020b)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Secagem em micro-ondas (45 °C/ 3 min/ 5 vezes), extração com etanol (40 °C/ 60 min/ 2 vezes)	A extração com etanol reduziu o teor de lipídios de 34,3% para 1,1% (base seca).
Otero <i>et al.</i> (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Extração com ultrassom (89.9 um/ 20 kHz/ 15 min) ou com fluido de alta pressão (120 °C/ 100 bars/ 15 min). Solventes utilizados: etanol ou etanol:água (1:1)	A eficiência de extração do óleo de <i>T. molitor</i> , não importa o método, foi superior à de óleo de <i>A. domesticus</i> . Para 100 g de inseto, pôde-se extrair até 33,9 g de óleo de <i>T. molitor</i> ou 24,8 g de <i>A. domesticus</i> . Etanol apresentou melhor eficiência como solvente e fluido de alta pressão melhor eficiência como método. Extração com ultrassom e etanol: água como solvente resultou em maior concentração de ácidos graxos poliinsaturados.

Quadro 5: Artigos sobre extração de lipídios de insetos (continuação)

Feng <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Extração com hexano auxiliado por micro-ondas (100-500 W/ 35-50 min/ 25-60 °C)	A eficiência de extração do óleo de <i>H. illucens</i> chegou a mais de 80% em função dos parâmetros testados. A extração foi maior em temperaturas maiores, maiores razões de solvente por soluto e maior potência do micro-ondas. Porém, o impacto sobre o gasto energético foi maior para a potência do micro-ondas, com pouca influência da temperatura utilizada.
Laroche <i>et al.</i> (2019)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Extração com 4 solventes em Soxhlet (6 h): hexano, éter de petróleo, acetato de etila e etanol; ou extração com CO ₂ supercrítico (325 bar/ 55 °C/ 75 min)	Nas extrações testadas, para ambos os insetos, a extração em Soxhlet com etanol resultou na maior eficiência, chegando a 22,7 g de óleo por 100 g de inseto com <i>A. domesticus</i> e 28,8 g com <i>T. molitor</i> . A extração com CO ₂ supercrítico resultou na menor eficiência para ambos os insetos. O perfil de ácidos graxos mudou em relação aos métodos de extração: a extração com etanol resultou em perfil com concentração mais baixa de ácidos graxos não polares.
Matthaus <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Extração por prensagem (40 rpm/ 2,2 kg/h / 90 °C/ 6 mm), degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização	A extração de lipídios reduziu o teor destes na farinha seca de <i>H. illucens</i> de 38% para 10%. O óleo obtido apresenta características similares ao óleo de palmiste e côco, tanto em termos de composição quanto em pontos de fusão e ebulição. Após o refino, o óleo estava dentro dos parâmetros de qualidade esperados para consumo humano no Codex Alimentarius.
Navarro del Hierro <i>et al.</i> (2019)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Extração com ultrassom (89.9 um/ 20 kHz/ 15 min) ou com fluido de alta pressão (120 °C/ 100 bar/ 15 min). Solventes utilizados: etanol ou etanol:água (1:1)	O solvente escolhido teve impacto significativo na atividade antioxidante, com a mistura de água e etanol obtendo o maior resultado. O método de extração impactou significativamente na inibição de lipase pancreática, com a extração com Fluido de Alta Pressão sendo preferido. Todos os extratos apresentaram bioatividade funcional.
Ravi <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Extração com 2-Metiltetraidrofurano com agitação (150 rpm/ 55 °C/ 1 h/ 3 vezes)	O estudo avaliou o desempenho dos seguintes solventes em relação a parâmetros de solubilidade, gasto energético e toxicidade: etanol, isopropanol, dimetil carbonato, acetato de metila, acetato de etila, lactato de etila, 2-metiltetraidrofurano (2-MeO), ciclopentilmetileter, a-pineno, d-limoneno e p-cimeno. Sob estes critérios, o solvente escolhido foi o 2-MeO.

Quadro 5: Artigos sobre extração de lipídios de insetos (conclusão)

Su <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Hidrólise enzimática com protease (Flavourzyme®, Protamex®, Chamzyme FP®, bromelina e papaína/ 30 °C/ 60 min), extração com hexano	O pré-tratamento com Protamex® resultou na maior extração de lipídios, aumentando 2,2 vezes a eficiência em comparação a extração sem pré-tratamento enzimático. Após planejamento de experimentos, as condições ótimas de extração utilizando pré-tratamento com Protamex® foram: 3,85% de enzima, 38.1° C e 4,27 horas de extração.
Tzompa-Sosa <i>et al.</i> (2019)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos), <i>Alphitobius diaperinus</i> (larvas), <i>Blaptica dubia</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Extração aquosa com sonicação (15 min), filtração, centrifugação refrigerada (15.000 g/ 4 °C/ 30 min), separação da fase lipídica, centrifugação (15.000 g/ 40 °C/ 30 min)	Dos insetos estudados, <i>A. diaperinus</i> e <i>T. molitor</i> tiveram 58 e 60%, respectivamente, de seus lipídios extraídos por este método. <i>A. domesticus</i> teve a menor eficiência de extração, com apenas 18%. Todos os óleos extraídos são líquidos em temperatura ambiente, com picos de pontos de fusão de -30 a 22 °C. Todos os óleos apresentaram forte cor amarelo-avermelhada. Todos, exceto o óleo de <i>B. dubia</i> , apresentaram odor agradável segundo painel de avaliadores.
Wang <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Extração com solvente com agitação (30 °C/ 1 h). Solventes utilizados: éter de petróleo, n-hexano, isopropanol, acetato de etila e água deionizada.	O solvente com maior eficiência de extração (38 g de óleo/100 g de inseto) foi a mistura de éter de petróleo com isopropanol. Em seguida (29 g de óleo/ 100 g de inseto), acetato de etila e acetato de etila:água (90:10), que são solventes interessantes pela sua baixa toxicidade.

Fonte: Autor (2021)

Estes estudos mostram que solventes como 2-MeO e acetato de etila apresentam resultados interessantes para a extração de óleo de inseto. Porém, o solvente mais pesquisado é o etanol que além de apresentar boa eficiência de extração é um solvente de baixa toxicidade e causa melhora nas propriedades tecno-funcionais nas farinhas das quais é extraído. A eficiência de extração com etanol varia de acordo com os parâmetros de processo utilizados. Lee *et al.* (2020b) utilizou etanol para remover lipídios de farinha de larvas de besouro, porém conseguiu apenas reduzir o teor de lipídios em base seca de 27,2g/ 100 g para 25,3g/ 100 g. Os autores atribuem esta baixa eficiência ao baixo tempo de extração, de apenas 1 min. Já o estudo de Amarender *et al.* (2020) extraiu o óleo de grilo com etanol durante 15 min e foi capaz de reduzir o teor de lipídios em base seca da farinha de 21,6g/ 100 g para 9,73g 100 g. Estudo de Mintah *et al.* (2020b) extraiu os lipídios de mosca soldado-preto com etanol durante 1 h, após sua farinha ter sido seca em micro-ondas por 3 min. O resultado foi a redução do teor de lipídios em base seca da farinha de 34,3g/ 100 g para 1,1g/ 100 g. O estudo de Kim *et al.* (2021) também utilizou o tempo de extração dos lipídios de 1 h, além de liofilizar a farinha de larva de besouro previamente. Assim, conseguiu reduzir o teor de lipídios, em base seca, de 22,1g/ 100 g na farinha liofilizada para 0,2% após extração com etanol. Nota-se a importância do tempo na eficiência de extração com etanol, bem como de outros parâmetros, como influência da etapa de secagem, temperatura e razão de soluto e solvente, que ainda precisam ser estudados para aperfeiçoar o processo de extração e óleo de insetos com etanol. E, apesar dos estudos incluírem espécies de insetos diferentes, deve ser analisado se a extração com etanol é viável para uma variedade maior de espécies.

A extração de lipídios em meio aquoso é possível, como pode-se ver em artigo de Cheseto *et al.* (2020). Nestes casos, um método físico é utilizado para rompimento das interações entre lipídios e matriz, sendo a água deionizada, neste caso, não um solvente, apenas um meio de coleta dos lipídios extraídos. A extração aquosa de óleo de inseto sob agitação magnética resultou numa extração de 8 g de óleo por 100 g de *R. differens* e 4 g/100 g de *S. gregaria*, duas espécies de gafanhotos. Como os autores não informaram a quantidade total de lipídios nos insetos antes ou após a extração é difícil confirmar a eficiência do método. Já em estudo de Tsompa-Soza *et al.* (2019), a extração de lipídios em água deionizada foi auxiliada por sonicação. Dentre os 4 insetos estudados neste artigo, conseguiu-se extrair 60g de óleo por 100 g de lipídios de tenébrio, 58 g/ 100 g dos lipídios de cascudinho, 41g/ 100 g dos lipídios de barata dúbia e 18g/ 100 g dos lipídios de grilo-doméstico. A eficiência da extração é fortemente dependente do tipo de inseto e pode ter influência do estágio de vida, dado que a eficiência de extração foi superior nas larvas em comparação com os insetos adultos.

Diversos procedimentos podem ser utilizados para aumentar a eficiência da extração com solvente. Dois estudos, pelo mesmo grupo de pesquisadores, verificaram o efeito de aplicação de

ultrassom ou fluido de alta pressão sobre a extração de lipídios de tenébrio e grilo-doméstico com etanol ou etanol:água (50:50). O primeiro, Navarro del Hierro *et al.* (2019), observou que dentre os óleos obtidos, aqueles extraídos com etanol:água (50:50) apresentaram maior atividade antioxidante e os extraídos por fluido de alta pressão resultaram em maior inibição de lipase pancreática. O segundo estudo, Otero *et al.* (2020), observou que, para ambos os solventes e métodos, a eficiência de extração do óleo de *T.molitor* foi superior ao de *A. domesticus*, com o primeiro alcançando até 33,9 g de óleo extraído por 100 g de farinha. As eficiências de extração foram superiores quando etanol foi o solvente utilizado e fluido de alta pressão o método aplicado. Não é possível afirmar que a extração auxiliada por fluido de alta pressão é um método melhor que a extração auxiliada por ultrassom, visto que apenas uma combinação de parâmetros foi testada para cada método. É necessário realizar uma otimização para cada um dos métodos alternativos apresentados, como feito por Feng *et al.* (2019), que estudou os parâmetros de extração de lipídios auxiliada por micro-ondas. Este estudo concluiu que a eficiência de extração é superior em temperaturas maiores, maior razão de solvente:soluto e maior potência de micro-ondas. Porém, deve-se levar em conta o gasto energético, que é fortemente dependente da potência do micro-ondas e da quantidade de solvente, sofrendo pouca influência do aumento de temperatura. Válido ressaltar que este estudo realizou a extração com hexano, sendo importante o estudo de parâmetros de extração utilizando solventes mais adequados.

Parte da dificuldade de extrair os lipídios de insetos é devido à forte interação entre estes e as proteínas que o compõem. Por isso, há a proposta do uso de enzimas para aumentar a eficiência de extração. Su *et al.* (2019) estudou o efeito das enzimas Flavourzyme®, Protamex®, Chamzyme FP®, bromelina e papaína sobre a extração do óleo de mosca soldado-preto com hexano. Destas, a Protamex® apresentou o melhor desempenho e, após otimização de temperatura e tempo de extração, teor de enzima e razão solvente:soluto, a extração com hidrólise enzimática apresentou eficiência 4,4 vezes maior, alcançando 36,1 g de óleo extraído por 100g de farinha.

Além de procedimentos que auxiliam a extração, é preciso atentar que certas etapas podem prejudicar a eficiência de extração ou alterar sua pureza. Estudo de Azzolini *et al.* (2020) investigou o efeito de branqueamento, prensagem, sonicação e hidrólise enzimática com Alcalase® sobre a extração de óleo de mosca soldado-preto. Concluiu-se que larvas que passaram por etapa de branqueamento sofrem desnaturação proteica, o que dificulta a extração de óleo. A sonicação não causou grandes efeitos sobre a extração. A extração que resultou na maior extração de lipídios no sobrenadante, acima de 80 g por 100 g de farinha, foram as extrações após prensagem sem etapa de branqueamento prévia. Porém o sobrenadante obtido foi classificado como creme, isto é, tinha considerável presença de proteínas em emulsão. O processo que combinou branqueamento,

prensagem e hidrólise enzimática conseguiu formar uma fase lipídica límpida que concentrava 40% dos lipídios disponíveis do inseto.

Por fim, o refino dos óleos extraídos de insetos está sendo estudado. Artigo de Matthaus *et al.* (2019) obteve óleo de mosca soldado-preto por prensagem, reduzindo o teor de lipídios em base seca na farinha de 38 g/ 100 g para 10 g/ 100 g. O óleo prensado foi refinado em 4 etapas: degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização. O refino foi estudado para adequar o óleo dentro dos padrões de qualidade para consumo humano, por exemplo, reduzindo o teor de ácidos graxos livres. Ao fim, o óleo refinado obtido atendeu aos parâmetros estabelecidos pelo Codex Alimentarius, mostrando que o óleo extraído de inseto é adequado para alimentação humana após o devido refino. Podemos ver também que a prensagem é um método de extração válido ainda pouco usado para insetos, podendo ser mais explorado futuramente.

5.6. Alimentos com farinha de inseto como ingrediente

A outra forma de utilização de insetos é aplicando-os diretamente na composição de produtos, sem fracionamento prévio, conforme reportado em alguns artigos (Quadro 6). Os produtos finais mais comumente usados são derivados de cereais. García-Segovia, Igual e Martínez-Monzó (2020) fizeram um estudo de pães enriquecidos com proteínas alternativas, dentre elas, tenébrio e cascudinho. A presença de até 10% de insetos na composição reduziu parâmetros de qualidade da massa, resultando em massas menos coesivas e resistentes. Isto é esperado, pois insetos não possuem proteínas formadoras de glúten. Uma banca de avaliadores associou fortemente o pão de inseto a emoções negativas como nojo, mas apesar disso, uma análise sensorial com teste de aceitação resultou em respostas semelhantes ou superiores para pães com adição de inseto em comparação ao controle. Nissen *et. al.* (2020) produziram um pão sem glúten a partir de farinha de milho, arroz e grilo. A adição de farinha de grilo resultou em produção de compostos de aroma com notas de vinagre e manteiga, além de maior poder antioxidante. Em análise sensorial, pães com até 5% (base farinha) de farinha de inseto obtiveram notas similares a pães sem farinha de inseto. Em trabalho reportado por Roncolini *et. al.* (2020), prepararam-se snacks de torradas com até 30% de farinha de cascudinho na composição. As composições com inseto também apresentaram massa mais fraca, valor de equilíbrio de curva medido por alveógrafo (P/L) mais elevado e resultaram em torradas mais escuras. Em análise sensorial, os pães que tiveram 10% de adição de farinha de inseto (em relação à massa total) possuíram aceitação similar ao pão branco controle.

Quadro 6: Artigos sobre produtos finalizados com farinha de inseto como ingrediente (continua)

Autores	Inseto	Processamento Farinha	Processamento Produto	Resultados/ Conclusões
Adeboye, Fasogbon, Adegbuyi (2020)	<i>Macrotermes bellicosus</i> (adultos)	Secagem (60 °C), Remoção de asas, Moagem	Sopa em pó: mistura da farinha com outros ingredientes em pó. Reconstituição da sopa com água quente.	Adição de até 20% de massa do inseto em pó não causou diferença significativa sensorial na maioria dos critérios testados (aceitabilidade, cor, aroma, sabor e textura), além de aumentar o teor de proteínas e lipídios e diminuição do teor de carboidratos. A sopa com 10% de pó de inseto recebeu média de aceitabilidade significativamente maior que a sopa de controle sem farinha de inseto.
Awobusuyi, Siwela, Pillay (2020)	<i>Macrotermes bellicosus</i> (adultos)	Remoção de asas, Secagem (Forno 40 °C/ 8h), Moagem	Biscoito com sorgo: Mistura, Formatação, Forneamento (150 °C/ 20 min)	A substituição da farinha de trigo por até 15% de inseto e 45% de sorgo aumentou o teor de proteínas, aminoácidos essenciais e minerais dos biscoitos, bem como digestibilidade de proteínas e capacidade de absorção de água e óleo, mas diminuiu seu fator de espalhamento, além de escurecer e avermelhar os biscoitos.
Biró et. al. (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Não especificado - Farinha Comercial	Biscoito de aveia: mistura, formatação, forneamento (180 °C/ 10 min)	De acordo com a legislação europeia, biscoitos com substituição do farelo de aveia a partir de 10% em massa por pó de inseto podem ser considerados fontes de proteína. Adição de insetos causou escurecimento dos biscoitos e aumento de acidez, sem afetar textura. Em análise sensorial, participantes rejeitaram biscoito com 15% em massa de inseto, mas 5% e 0% não tiveram diferença significativa na aceitação.
Çabuk, Ilmaz (2020)	<i>Locusta migratoria</i> (adultos), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Moagem e Armazenamento (4 °C)	<i>Eriste</i> (massa a base de ovo e trigo): mistura dos ingredientes, secagem (60°C/ 10 min), fatiamento, segunda secagem (60°C/ 90 min)	A substituição de 15% da farinha de trigo por farinha de inseto diminuiu a maciez das massas, tornou-as mais escuras, além de reduzir expansão volumétrica após fervura e aumentar o tempo de cozimento, aumentando de 15 minutos no produto de controle para 20 minutos na massa com <i>L. migratoria</i> e 23 na massa com <i>T. molitor</i> . Porém, massas com inseto tinham mais proteínas e fibras e menos amido.
García-Segovia et. al. (2020)	<i>Alphitobius diaperinus</i> (larvas), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Não especificado - Farinha comercial	Extrusado de milho: extrusão em 4 etapas (25, 70, 170, 175°C)	A adição de até 5% em massa de farinha de inseto na formulação do extrusado não ofereceu grandes alterações nas características físico-químicas dos extrusados, porém extrusados com adição de <i>T. molitor</i> se mostraram em geral mais compactos e endurecidos.

Quadro 6: Artigos sobre produtos finalizados com farinha de inseto como ingrediente (continuação)

García-Segovia, Igual, Matínez-Monzó (2020)	<i>Alphitobius diaperinus</i> (larvas), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Não especificado - Farinha comercial	Pão de forma: mistura, divisão, boleamento, modelagem, fermentação (28 °C/ 15 min), forneamento (210 °C/ 25 min)	A adição de até 10% de <i>T. molitor</i> ou de 5% de <i>A. diaperinus</i> não afetou significativamente os parâmetros reológicos da massa. Porém, 10% de adição de <i>A. diaperinus</i> o valor de equilíbrio da curva medido por alveógrafo (P/L) e diminuiu extensibilidade (L). Maiores concentrações de farinha de inseto escureceram significativamente crosta e miolo. O pão com 10% de <i>T. molitor</i> teve a maior nota de aceitação em análise sensorial, significativamente maior que o pão branco de controle.
Kiiru et. al. (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Farinha Comercial, Extração de Lipídios com Etanol	Extrusado com proteína de soja: extração com etanol, extrusão em 5 etapas (40, 60, 80, 100°C, com a última variando a 120°, 140° e 160°C)	Resistência a tração aumentou com o aumento de temperatura, mas diminuiu com o teor de farinha de inseto, chegando ao seu valor mais baixo com 45% de inseto em massa. Resistência à tração paralela se mostrou maior que resistência à tração perpendicular. Resultados mais análogos a extrusados de carne foram obtidos com adição de 30% de inseto parcialmente deslipidificado, aquecimento a 160°C e taxa de vazão de água de 10 mL/min.
Myshina et. al. (2020)	<i>Bombyx mori</i> (pupas), <i>Locusta migratoria manilensis</i> (adultos)	Liofilização ou Forneamento (60°C/ 24 h) ou Microondas (700 W/ 13 min), Moagem	Biscoitos: preparação da massa, forneamento (190°C/ 12 min)	A substituição de 15% da farinha dos biscoitos por farinha de inseto causou a aparição de novos descritores de aromas para uma banca de avaliadores, como aroma de ervas e peixes.
Nissen et. al. (2020)	<i>Acheta domesticus</i> (adultos)	Não especificado - Farinha comercial	Pão sem glúten com fermentação comum ou tipo <i>sourdough</i> : mistura, divisão, boleamento, modelagem, forneamento a 180 °C/ 20 min	A adição de farinha de inseto alterou o perfil de compostos de aroma do pão, além de aumentar atividade antioxidante e qualidade nutricional das proteínas. Análise sensorial não encontrou diferença significativa na aceitabilidade entre pães com farinha de inseto e pães com farinha de milho e arroz.

Quadro 6: Artigos sobre produtos finalizados com farinha de inseto como ingrediente (conclusão)

Roncolini et al. (2020)	<i>Alphitobus diaperinus</i> (larvas)	Não especificado - Farinha comercial	Torradas: formação da massa (com ou sem fermento tipo <i>sourdough</i>), fermentação (30°C/ 1 h), forneamento (200°C/ 1 h), Resfriamento, fatiamento (1 cm), forneamento (200°C/ 20 min)	A adição de até 30% de farinha de inseto em massa na composição do produto elevou consideravelmente os níveis de proteínas e minerais. A adição de farinha de insetos alterou parâmetros reológicos da massa, como: aumentando o valor de equilíbrio de curva (P/L) medido por alveógrafo; diminuindo tempo de formação e tempo de estabilidade da massa; diminuindo <i>falling number</i> . A substituição de 10 e 30% da composição alterou significativamente a cor do miolo, tornando-os mais escuros (exceto para a torrada com 10% e fermento tipo <i>sourdough</i>). Teste de aceitação não resultou em diferença significativa entre as torradas de controle e torradas com inseto (com exceção de 30% de adição de inseto sem fermento tipo <i>sourdough</i> , que apresentou média significativamente menor).
Scholliers, Steen, Fraeye (2020a)	<i>Zophobas Morio</i> (larvas)	Congelamento, Moagem a 3°C, Estoque Resfriado (12 °C)	Salsicha: preenchimento de latas com ingredientes, forneamento (70, 80, 90 °C/ 90 min), banho de gelo (30 min) e estoque resfriado (3 °C)	Substituição de até 10% de carne de porco por farinha de inseto resultou em propriedades viscoelásticas semelhantes à salsicha de porco após forneamento a 90°C. Apesar de boa estabilidade durante a estocagem em baixa temperatura, salsichas híbridas (porco com inseto) tiveram maior perda de fluidos durante cozimento que salsichas de porco. Maiores temperaturas de forneamento afetaram positivamente características emulsionantes das salsichas híbridas.
Scholliers, Steen, Fraeye (2020b)	<i>Zophobas Morio</i> (larvas)	Congelamento (-18 °C)	Emulsão mista para salsichas: moagem conjunta dos Ingredientes (3 °C)	Emulsões mistas com carne de porco e inseto tratados a 80°C apresentaram propriedades viscoelásticas e de retenção de água similares a emulsão de porco tratada a 70°C. Porém outros parâmetros reológicos e de textura se mostraram superiores na emulsão com apenas carne de porco. Já a razão inseto:porco não afetou significativamente os parâmetros.
Zielinska, Pankiewicz (2020)	<i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Liofilização, Moagem	Biscoito tipo <i>shortcake</i> : mistura, formatação, forneamento (180 °C/ 25 min)	A substituição parcial (até 10% em massa) de farinha de trigo e manteiga por insetos escureceu o produto e alterou a cor instrumental, reduzindo b* e aumentando a*. Maiores teores de inseto aumentaram o fator de espalhamento do biscoito, atividade antioxidante e teor de amido de digestão lenta.

Fonte: Autor (2021)

A farinha de insetos pode ser combinada com farinhas de diversos cereais para fabricação de produtos de panificação. Zielinska e Pankiewicz (2020) formularam um biscoito com até 10% de substituição de farinha de trigo por farinha de tenébrio. O resultado foi um biscoito mais escuro e mais espalhado, com maior atividade antioxidante e digestibilidade similar ao biscoito de controle. Também, devido à maior presença de fibras, a composição com inseto reduziu a velocidade de digestão do amido. Em outro estudo, Awobusuyi, Siwela e Pillay (2020) produziram um biscoito à base de trigo com substituição da farinha de trigo por até 45% farinha de sorgo e 15% de farinha de cupim. Quanto maior a adição de inseto e sorgo, menor o fator de espalhamento dos biscoitos, e os produtos eram mais escuros, frágeis e menos duros. Myshina *et al.* (2020) produziram biscoitos substituindo 15% da farinha de trigo por farinha de dois insetos secas com 3 métodos diferentes. Em análise sensorial, os biscoitos feitos com adição de farinha de tenébrio tiveram aceitação semelhante aos biscoitos de controle. Já os biscoitos produzidos com adição de farinha de bicho-da-seda tiveram sua aceitação dependente do método de secagem da farinha, tendo o biscoito formulado com farinha seca por micro-ondas atingido a pior média de aceitação. Houve também relatos de aroma de ervas e de peixe nos biscoitos produzidos com farinha de bicho-da-seda. O aroma assinalado como peixe pode ser consequência da oxidação de ácidos graxos poliinsaturados. Ainda sobre biscoitos, Biró *et al.* (2020) produziram biscoitos com farinha de aveia e até 15% de farinha de grilo-doméstico. Em análise sensorial, os biscoitos com até 5% de farinha de inseto tiveram aceitação similar ao controle. Já os formulados com 10% e 15% tiveram aceitabilidade inferior e teste de CATA relacionou esta rejeição com sabor de queimado e cor muito escura. A adição crescente de insetos não alterou significativamente a dureza destes biscoitos.

Çabuk e Ilmaz (2020) estudaram o uso de insetos na produção de uma massa típica turca, à base de ovos. Neste estudo, a farinha de trigo foi completamente substituída por matérias-primas alternativas, incluindo farinha de tenébrio e de gafanhoto-migratório. Massas feitas com inseto precisaram de maior tempo de cozimento, diminuíram índice de expansão e foram avaliadas como menos macias, elásticas e com presença de odor desagradável. Percebe-se que o uso de insetos em produtos de panificação resulta em efeitos diversos que são difíceis de generalizar, por vezes endurecendo e por vezes amaciando e por vezes não alterando a textura dos alimentos. Isto pode ser consequência tanto de diferentes espécies de inseto utilizadas, bem como estágio de desenvolvimento, ou mesmo a escolhas de parâmetros de processo, que ainda foram pouco estudados. Uma tendência geral parece ser o escurecimento das massas. Não se sabe se este escurecimento pode ser evitado ou amenizado com o uso de etapa de branqueamento durante o processo, visando inativar enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático. Porém, se este escurecimento for inevitável, pode-se avaliar o uso de insetos em associação com produtos já tradicionalmente escuros, como biscoitos com

sabor de chocolate. Ainda cabe avaliar se a remoção de lipídios pode alterar positivamente as propriedades destes alimentos enriquecidos com farinha de inseto. Em geral, nota-se que substituições de até 10% em massa de farinha de trigo por farinha de inseto resultam em produtos aceitos a níveis aceitáveis ou similares a amostras de controle, resultando em uma melhora nas características nutricionais de produtos de panificação.

Farinha de inseto também é estudada em processos de extrusão. García-Segovia *et al.* (2020) produziram extrusados com 5% de enriquecimentos proteicos alternativos, incluindo farinha de tenébrio e de cascudinho. Com este nível de substituição, não foram encontradas diferenças significativas na maior parte dos parâmetros de textura e de funcionalidade testados, com os flocos que tinham adição de tenébrio sendo mais compactos e duros. Uma adição maior de farinha de inseto, bem como estudo de parâmetros de processo de extrusão foi feito por Kiiru *et al.* (2020). Foram produzidos extrusados com até 45% de farinha de grilo e complementada com proteína isolada de soja. Este estudo objetivou encontrar as condições que levassem à melhor mimetização de um extrusado de carne. O ensaio que resultou no produto mais próximo utilizou 30% de farinha de grilo com remoção parcial de lipídios (extraídos com etanol). Esta remoção parcial de lipídios é interessante pois foi realizada com um solvente que não limita o uso posterior na alimentação humana. E, apesar de não promover uma remoção completa dos lipídios, há alteração significativa nas características da farinha de inseto.

Insetos também podem ser usados em produtos cárneos híbridos, como salsichas, substituindo parcialmente a proteína de mamíferos e aves, de forma similar a proteínas vegetais já usadas para este fim. Dois estudos do mesmo grupo de pesquisadores observaram o comportamento de produtos com carne de porco e farinha de *Z. morio* em sua composição. No primeiro (SCHOLLIERS, STEEN, FRAEYE, 2020a), foram produzidas salsichas com até 50% da proteína de porco substituída por farinha de inseto. Este estudo concluiu que sistemas híbridos com até 10% de substituição por inseto atingiram propriedades viscoelásticas similares a salsichas de porco, desde que durante o preparo fossem aplicadas temperaturas maiores. Porém, os parâmetros de textura foram sempre inferiores, mesmo com apenas 5% de adição de insetos. Além disso, apesar de proteínas de inseto apresentarem boa estabilidade de retenção de água e óleo durante a estocagem a 3 °C, as salsichas híbridas se mostraram menos resistentes a aplicação de força externa. Conclusões similares foram encontradas no segundo estudo (SCHOLLIERS, STEEN, FRAEYE, 2020b), que analisou sistemas de emulsão híbridos com diferentes razões de carne de porco e farinha de inseto. Estes artigos ajudam a entender os maiores desafios na incorporação de insetos em produtos cárneos. Apesar da viscoelasticidade poder ser mimetizada com alterações na temperatura de processo ainda é difícil atingir texturas similares às carnes. Cabe também o estudo de outros insetos, com ou sem remoção de lipídios.

Por fim, o artigo de Adeboye, Fasogbon e Adegbuyi (2020) utilizou até 20% de farinha de cupim na composição de uma sopa em pó. As diferentes composições avaliadas receberam médias satisfatórias em análise sensorial, avaliando critérios de aroma, cor, sabor, textura e aceitabilidade. A maior nota em aceitabilidade foi para a sopa com 10% de farinha de cupim. Isto mostra a versatilidade dos insetos como ingredientes, podendo ser usados como enriquecimento de proteínas, fibras e minerais em uma grande diversidade de alimentos, desde que sejam devidamente processados.

5.7. Alimentos com óleo de inseto como ingrediente

Como o interesse pelo óleo de inseto é mais recente do que pela farinha de inseto, há menos trabalhos publicados neste tópico visando a alimentação humana (Quadro 7). Além de usos para o óleo de inseto já apontados para usos não alimentícios, pesquisas recentes encorajam seu uso substituindo óleo de soja e de palma na formulação de rações. Já foram estudadas as substituições parcial e total de óleos vegetais por óleo de inseto na ração de perus (SYPNIEWSKI *et al.*, 2020), coelhos (GASCO *et al.*, 2019a,2019b) e galinhas (BENZERTIHA *et al.*, 2019; CULLERE *et al.*, 2019; KIERONCZYK *et al.*, 2020). Em nenhum destes estudos foram observados efeitos adversos no crescimento dos animais nem em parâmetros de saúde, como por exemplo, qualidade da bioquímica sanguínea. Ainda pode haver efeitos positivos sobre a qualidade das carnes destes animais se usados para alimentação humana. Dentre estes efeitos foram observados melhoria na resistência à oxidação durante armazenamento das carnes (GASCO *et al.*, 2019a) e redução do teor de colesterol das carnes com aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados (BENZERTIHA *et al.*, 2019).

Pensando na alimentação humana, Cheseto *et al.* (2020) produziram biscoitos utilizando óleo de duas espécies de grilo, na proporção de 300 mL do óleo em 1300g de farinha. Os biscoitos resultantes foram levados para análise sensorial, onde foram avaliados atributos de sabor, cor, aroma e aceitação. O biscoito com óleo de *R. differens* resultou na maior aceitação, porém os biscoitos produzidos com óleos de ambos os grilos apresentaram odor desagradável, de acordo com os avaliadores. Outro estudo com biscoitos, e incluindo bolos e *waffles* foi feito por Delicato *et al.* (2019). Em análise sensorial, a aceitação de bolos e biscoitos com 25% da manteiga substituída por óleo de *H. illucens* não apresentou diferença significativa para a aceitação dos produtos de controle. Para *waffles*, até 50% da manteiga pôde ser substituída por óleo de inseto sem apresentar diferença entre a aceitação com o controle. Em teste do tipo *rate all that apply* (RATA) emoções negativas como “enojado” ou “desconfiado” apresentaram médias abaixo de 0,5 (em escala de 0 a 5) para todos os produtos. De acordo com os autores, estas médias baixas podem ser consequência dos avaliadores não conseguirem diferenciar sensorialmente que amostras possuíam óleo de inseto.

Quadro 7: Artigos sobre produtos finalizados com óleo de inseto como ingrediente

Autor	Inseto	Processamento Óleo	Processamento Produto	Resultados/ Conclusões
Cheseto <i>et al.</i> (2020)	<i>Ruspolia differens</i> (adultos), <i>Schistocerca gregaria</i> (adultos)	Extração com Água Deionizada sob Agitação Magnética, Filtração, Centrifugação	Biscoitos: mistura, formatação dos biscoitos, forneamento (200 °C/ 10 min)	Os biscoitos com óleo de <i>R.differens</i> apresentaram notas de aceitação em análise sensorial melhores que as do controle. Porém, os aromas dos biscoitos com óleos de ambos os insetos foram rejeitados pelos participantes da análise
Smetana <i>et al.</i> (2020)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas), <i>Tenebrio molitor</i> (larvas)	Extração com CO2 supercrítico - Óleo comercial	Margarina: emulsificação das fases lipídica e aquosa (60 °C), cristalização em banho de gelo (5 min)	Produção de margarina, substituindo óleo de palma por óleo de <i>H. illucens</i> e substituindo óleo de canola por óleo de <i>T.molitor</i> . A substituição de até 75% dos óleos vegetais não afetou a espalhabilidade e aceitação da margarina, tendo inclusive efeito positivo sobre a cor. Porém, substituições maiores que 50% aumentaram o impacto ambiental estimado do produto (apesar de menor que o estimado para manteiga).
Delicato <i>et al.</i> (2019)	<i>Hermetia illucens</i> (larvas)	Não especificado - Óleo comercial	Mistura dos ingredientes para formação da massa, forneamento: biscoitos (180 °C/ 10 min), bolos (180 °C/ 1 h), <i>waffles</i> (5 min em máquina de <i>waffle</i>)	Biscoitos, bolos e <i>waffles</i> foram produzidos substituindo até 50% da manteiga de sua composição por óleo de <i>H. illucens</i> . A substituição de até 25% em bolos e biscoitos não alterou significativamente as médias de aceitação em análise sensorial. <i>Waffles</i> podem ter até 50% da manteiga substituída sem diferença significativa na aceitação. Não foi detectada diferença significativa em cor ou textura nas formulações testadas.

Fonte: Autor (2021)

Um exemplo de produto fora da área de cereais já produzido com óleo de inseto é margarina produzida com óleo de tenébrio substituindo parcialmente o óleo de soja e óleo de mosca soldado-preto substituindo parcialmente óleo de palma, conforme estudado por Smetana *et al.* (2020). A substituição de até 75% destes óleos vegetais pelos óleos de inseto não causou alteração significativa na aceitação e espalhabilidade da margarina. Ainda, houve uma influência positiva à avaliação sensorial de cor, com a crescente substituição por óleo de inseto aumentando a média dada para avaliação de cor. Porém foi feito um estudo sobre o impacto ambiental da produção desta margarina. Estima-se que substituição de mais que 50% de óleo vegetal por óleo de inseto resulte em maior impacto ambiental em relação a uma margarina produzida somente com óleos de origem vegetal. Esta estimativa leva em conta fatores desde a criação de insetos até seu processamento e comparou a contribuição destas etapas no impacto ambiental sobre emissão de gases poluentes, poluição hídrica e de solo. Porém, todas as margarinas com adição de inseto apresentaram menor impacto ambiental em sua fabricação do que a produção de manteiga.

6. CONCLUSÕES

Este levantamento objetivou mostrar os mais recentes avanços na pesquisa sobre processamento de insetos, passando desde abate e armazenamento até aplicações em alimentos finalizados. Percebe-se que há ainda muitas lacunas de conhecimento e desafios a serem superados nestes tópicos. Dentre os desafios, pode-se destacar: exploração de mais técnicas (como prensagem) e parâmetros para extração de lipídios de insetos usando-se apenas solventes renováveis; estudo mais aprofundado dos efeitos de remover lipídios da farinha de inseto; encontrar formas de evitar problemas de cor escura, principalmente pela inibição de processos de escurecimento por enzimas endógenas em produtos com farinha; encontrar formas de evitar odores desagradáveis em produtos com farinha ou óleo de inseto, principalmente pela oxidação de ácidos graxos poliinsaturados (como processos de desodorização do óleo ou adição de antioxidantes).

O uso de insetos na alimentação humana é um tópico com crescente interesse e uma possibilidade de resposta ao desafio proposto pela FAO de “como alimentar uma população de 9 bilhões de pessoas até 2050?”. Enquanto alimento, os insetos possuem interessantes características nutricionais e tecno-funcionais, além de um modelo de criação com menor impacto ambiental em comparação com criação de outros animais. Apesar de já existirem indústrias de nicho utilizando insetos como alimentos para humanos, entender e aprimorar o processamento destes é essencial para viabilizar seu uso com competitividade comercial em comparação com outras fontes alimentares de proteínas e lipídios. Futuramente, insetos poderão ser utilizados em alimentos comuns mesmo em produtos de marcas conhecidas e populares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÁMKOVÁ, A. *et al.* *Tenebrio molitor* (Coleoptera: tenebrionidae): optimization of rearing conditions to obtain desired nutritional values. **Journal Of Insect Science**, [S.l.], v. 20, n. 5, p. 1-10, 2020. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/jisesa/ieaa100>>.
- ADÁMKOVÁ, A. *et al.* Nutritional Potential of Selected Insect Species Reared on the Island of Sumatra. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 521-531, 2017. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph14050521>>
- ADEBOYE, A.; FASOGBON, B.; ADEGBUYI, K. Formulation of vegetable soup powder from *Clerodendrum volubile* enriched with *Macrotermes bellicosus* (termite) flour. **International Journal Of Tropical Insect Science**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 20-29, 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s42690-020-00350-1>>.
- ALVES, A. *et al.* Safety evaluation of the oils extracted from edible insects (*Tenebrio molitor* and *Pachymerus nucleorum*) as novel food for humans. **Regulatory Toxicology And Pharmacology**, [S.l.], v. 102, p. 90-94, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.01.013>>.
- AMARENDER, R. *et al.* Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (Gryllidae). **Lwt**, [S.L.], v. 125, p. 109222-109231, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>.
- ARAÚJO, R. *et al.* Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: potential foods harvested in Brazil. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.l.], v. 76, p. 22-26, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>>.
- ANUDUANG, A. *et al.* Effect of Thermal Processing on Physico-Chemical and Antioxidant Properties in Mulberry Silkworm (*Bombyx mori* L.) Powder. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 7, p. 871-880, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9070871>>.
- AWOBUSUYI, T.; SIWELA, M.; PILLAY, K. Sorghum–Insect Composites for Healthier Cookies: nutritional, functional, and technological evaluation. **Foods**, [s.l.], v. 9, n. 10, p. 1427-1441, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9101427>>.
- AZZOLLINI, D. *et al.* Mechanical and Enzyme Assisted Fractionation Process for a Sustainable Production of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Ingredients. **Frontiers In Sustainable Food Systems**, [S.l.], v. 4, p. 21-29, 2020. Frontiers Media SA. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2020.00080>>.
- BAIANO, A. Edible insects: an overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. **Trends In Food Science & Technology**, [S.l.], v. 100, p. 35-50, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>>.
- BATISH, I. *et al.* Effects of Enzymatic Hydrolysis on the Functional Properties, Antioxidant Activity and Protein Structure of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Protein. **Insects**, [S.l.], v. 11, n. 12, p. 876-889, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/insects11120876>>.
- BAWA, M. *et al.* Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (*Acheta domesticus*). **Journal Of Food Processing And Preservation**, [S.l.], v. 44, n. 5, p. 327-336, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.14407>>.
- BENZERTIHA, A. *et al.* Insect Oil as An Alternative to Palm Oil and Poultry Fat in Broiler Chicken Nutrition. **Animals**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 116-134, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ani9030116>>.

- BIRÓ, B. *et al.* Cricket-Enriched Oat Biscuit: technological analysis and sensory evaluation. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 11, p. 1561-1573, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9111561>>.
- BISCONSIN-JÚNIOR, Antônio *et al.* Examining the role of regional culture and geographical distances on the representation of unfamiliar foods in a continental-size country. **Food Quality And Preference**, [S.l.], v. 79, p. 103779-103790, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103779>>.
- BOLAT, B. *et al.* Effects of High Hydrostatic Pressure assisted degreasing on the technological properties of insect powders obtained from *Acheta domesticus* & *Tenebrio molitor*. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 292, p. 110359-110367, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110359>>.
- BORREMANS, A. *et al.* Effect of Blanching Plus Fermentation on Selected Functional Properties of Mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 7, p. 917-931, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9070917>>.
- BOUKIL, A. *et al.* High Hydrostatic Pressure-Assisted Enzymatic Hydrolysis Affect Mealworm Allergenic Proteins. **Molecules**, [S.l.], v. 25, n. 11, p. 2685-2692, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/molecules25112685>>.
- BOULOS, S; TÄNNLER, A; NYSTRÖM, L. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. **Frontiers In Nutrition**, [S.l.], v. 7, p. 89-100, 2020. Frontiers Media SA. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2020.00089>>.
- ÇABUK, B.; YILMAZ, B. Fortification of traditional egg pasta (erişte) with edible insects: nutritional quality, cooking properties and sensory characteristics evaluation. **Journal Of Food Science And Technology**, [s.l.], v. 57, n. 7, p. 2750-2757, 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13197-020-04315-7>>.
- CALIGIANI, A. *et al.* Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. **Food Research International**, [S.l.], v. 116, p. 276-282, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.033>>.
- CHESETO, X. *et al.* Chemistry and Sensory Characterization of a Bakery Product Prepared with Oils from African Edible Insects. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 6, p. 800-826, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9060800>>.
- CHOW, C. *et al.* School children cooking and eating insects as part of a teaching program – Effects of cooking, insect type, tasting order and food neophobia on hedonic response. **Food Quality And Preference**, [S.l.], v. 87, p. 104027-104032, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104027>>.
- CULLERE, M. *et al.* Meat Quality and Sensory Traits of Finisher Broiler Chickens Fed with Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* L.) Larvae Fat as Alternative Fat Source. **Animals**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 140-154, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ani9040140>>.
- DELICATO, C. *et al.* Consumers' perception of bakery products with insect fat as partial butter replacement. **Food Quality And Preference**, [S.l.], v. 79, p. 103755-103763, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103755>>.
- DION-POULIN, A. *et al.* Functionality of Cricket and Mealworm Hydrolysates Generated after Pretreatment of Meals with High Hydrostatic Pressures. **Molecules**, [S.l.], v. 25, n. 22, p. 5366-5375, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/molecules25225366>>.

- DREASSI, E. *et al.* Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: tenebrionidae). **Lipids**, [S.l.], v. 52, n. 3, p. 285-294, 2017. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11745-016-4220-3>>.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The Future of Food Safety: There is no food security without food safety. 2019 Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca4289en/CA4289EN.pdf>>. Acesso em: 18/01/2021
- FENG, W. *et al.* Energy consumption analysis of lipid extraction from black soldier fly biomass. **Energy**, [S.l.], v. 185, p. 1076-1085, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.113>>.
- FINKE, M. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology**, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 269-285, 2002. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/zoo.10031>>.
- GARCÍA-SEGOVIA, P.; IGUAL, M.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 7, p. 933-941, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9070933>>.
- GARCÍA-SEGOVIA, P. *et al.* Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. **European Food Research And Technology**, [S.l.], v. 246, n. 4, p. 703-712, 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00217-020-03441-y>>.
- GARINO, C. *et al.* Quantitative allergenicity risk assessment of food products containing yellow mealworm (*Tenebrio molitor*). **Food And Chemical Toxicology**, [S.l.], v. 142, p. 111460-111471, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2020.111460>>.
- GAROFALO, C. *et al.* Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: a state-of-the-art review. **Food Research International**, [S.l.], v. 125, p. 108527-108558, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108527>>.
- GASCO, L. *et al.* Quality and Consumer Acceptance of Meat from Rabbits Fed Diets in Which Soybean Oil is Replaced with Black Soldier Fly and Yellow Mealworm Fats. **Animals**, [S.l.], v. 9, n. 9, p. 629-642, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/ani9090629>>.
- GASCO, L. *et al.* Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. **Journal Of Animal Science And Biotechnology**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 25-33, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s40104-018-0309-2>>.
- GERE, A.; RADVÁNYI, D.; HÉBERGER, K. Which insect species can best be proposed for human consumption? **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.l.], v. 52, p. 358-367, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.016>>.
- GIL, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Edição, São Paulo : Atlas, 2008.
- JANSSEN, R. *et al.* Involvement of phenoloxidase in browning during grinding of *Tenebrio molitor* larvae. **Plos One**, [S.l.], v. 12, n. 12, p. 189685-189698, 2017. Public Library of Science (PLoS). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0189685>>.
- JIANG, Y. *et al.* Effects of salting-in/out-assisted extractions on structural, physicochemical and functional properties of *Tenebrio molitor* larvae protein isolates. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 338, p. 128158-128168, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128158>>.

- KAMARULZAMAN, M. *et al.* Combustion, performances and emissions characteristics of black soldier fly larvae oil and diesel blends in compression ignition engine. **Renewable Energy**, [S.l.], v. 142, p. 569-580, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.126>>.
- KAMAU, E. *et al.* Changes in chemical and microbiological quality of semi-processed black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larval meal during storage. **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 417-428, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0043>>.
- KIEROŃCZYK, B. From Waste to Sustainable Feed Material: the effect of *Hermetia illucens* oil on the growth performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphometry of broiler chickens. **Annals Of Animal Science**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 157-177, 2020. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2019-0066>>.
- KIIRU, S. *et al.* Extrusion texturization of cricket flour and soy protein isolate: influence of insect content, extrusion temperature, and moisture :level variation on textural properties. **Food Science & Nutrition**, [S.l.], v. 8, n. 8, p. 4112-4120, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.1700>>.
- KIM, T. *et al.* Effects of organic solvent on functional properties of defatted proteins extracted from *Protaetia brevitarsis* larvae. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 336, p. 127679-127691, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127679>>
- KIM, T. *et al.* Thermal stability and rheological properties of heat-induced gels prepared using edible insect proteins in a model system. **Lwt**, [S.l.], v. 134, p. 110270-110282, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110270>
- KIM, T. *et al.* Effect of Interaction between Mealworm Protein and Myofibrillar Protein on the Rheological Properties and Thermal Stability of the Prepared Emulsion Systems. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 10, p. 1443-1456, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9101443>>.
- KIM, T. *et al.* Changes of amino acid composition and protein technical functionality of edible insects by extracting steps. **Journal Of Asia-Pacific Entomology**, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 298-305, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2019.12.017>>.
- KIM, T. *et al.* Functional Properties of Extracted Protein from Edible Insect Larvae and Their Interaction with Transglutaminase. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 591-600, 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9050591>.
- KRÖNCKE, N. *et al.* Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.l.], v. 50, p.20-25, 2018. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>>.
- LAROCHE M. *et al.* Comparison of Conventional and Sustainable Lipid Extraction Methods for the Production of Oil and Protein Isolate from Edible Insect Meal. **Foods**, [S.l.], v. 8, n. 11, p. 572-582, 2019. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods8110572>>.
- LEE, H. *et al.* Storage characteristics of two-spotted cricket (*Gryllus bimaculatus* De Geer) powder according to drying method and storage temperature. **Entomological Research**, [S.l.], v. 50, n. 11, p. 517-524, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1748-5967.12472>>.
- LEE, S. *et al.* Quality characteristics and protein digestibility of *Protaetia brevitarsis* larvae. **Journal Of Animal Science And Technology**, [S.l.], v. 62, n. 5, p. 741-752, 2020. Korean Society of Animal Science and Technology. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5187/jast.2020.62.5.741>>.

- LEE, J. *et al.* Beneficial Effects of Insect Extracts on Nonalcoholic Fatty Liver Disease. **Journal Of Medicinal Food**, [S.l.], v. 23, n. 7, p. 760-771, 2020. Mary Ann Liebert Inc. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1089/jmf.2019.4536>>.
- LENI, G. *et al.* Degree of Hydrolysis Affects the Techno-Functional Properties of Lesser Mealworm Protein Hydrolysates. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 381-391, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9040381>>.
- LENI, G. *et al.* Protein hydrolysates from *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* larvae treated with commercial proteases. **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 393-404, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0037>>.
- LIU, C. *et al.* Growth Performance and Nutrient Composition of Mealworms (*Tenebrio Molitor*) Fed on Fresh Plant Materials-Supplemented Diets. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 151-160, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9020151>>.
- LUCAS, A. *et al.* Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 311, p. 126022, maio 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>>.
- LUCAS-GONZÁLEZ, R. *et al.* Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domestica*). **European Food Research And Technology**, [S.l.], v. 245, n. 7, p. 1451-1458, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>>.
- LUCCHESI-CHEUNG, T. *et al.* Determinants of the Intention to Consume Edible Insects in Brazil. **Journal Of Food Products Marketing**, [S.l.], v. 26, n. 4, p. 297-316, 2020. Informa UK Limited. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10454446.2020.1766626>>.
- MANCINI, S. *et al.* Effects of different blanching treatments on microbiological profile and quality of the mealworm (*Tenebrio molitor*). **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 5, n. 3, p.225-234, 2019. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2018.0034>>.
- MANCINI, S. *et al.* *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is it gluten free?. **Food Control**, [s.l.], v. 110, p. 107014-107017, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107014>>.
- MATTHÄUS, B. *et al.* Renewable Resources from Insects: exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold pressing from *Hermetia illucens* (black soldier fly) larvae. **European Journal Of Lipid Science And Technology**, [S.l.], v. 121, n. 7, p. 1800376-1800386, 11 jun. 2019. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201800376>>.
- MEYER-ROCHOW, V.; KEJONEN, A.. Could Western Attitudes towards Edible Insects Possibly be Influenced by Idioms Containing Unfavourable References to Insects, Spiders and other Invertebrates? **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 172-180, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/foods9020172>>.
- MINTAH, B. *et al.* Characterization of edible soldier fly protein and hydrolysate altered by multiple-frequency ultrasound: structural, physical, and functional attributes. **Process Biochemistry**, [S.l.], v. 95, p. 157-165, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2020.05.021>>.
- MINTAH, B. *et al.* Edible insect protein for food applications: extraction, composition, and functional properties. **Journal Of Food Process Engineering**, [S.l.], v. 43, n. 4, p. 13362-13373, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/jfpe.13362>>.

- MISHYNA, M. *et al.* Drying methods differentially alter volatile profiles of edible locusts and silkworms. **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 405-415, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0046>>.
- MODLINSKA, K. *et al.* The Effect of Labelling and Visual Properties on the Acceptance of Foods Containing Insects. **Nutrients**, [S.l.], v. 12, n. 9, p. 2498-2516, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/nu12092498>>.
- MONTEVECCHI, G. *et al.* Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.): effect on the fat integrity using different approaches to the killing of the prepupae. **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 121-131, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0002>>.
- NAVARRO DEL HIERRO, J. *et al.* Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 309, p. 125742-125777, mar. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125742>>.
- NGUYEN, H. *et al.* Switchable Solvent-Catalyzed Direct Transesterification of Insect Biomass for Biodiesel Production. **Bioenergy Research**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 563-570, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12155-019-10085-8>>.
- NISSEN, L. *et al.* Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: antioxidant improvement and volatilome characterization. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 333, p. 127410-127417, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127410>>.
- NYBERG, M.; OLSSON, V.; WENDIN, K.. ‘Would you like to eat an insect?’—Children's perceptions of and thoughts about eating insects. **International Journal Of Consumer Studies**, [S.l.], v. 45, n. 2, p. 248-258, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/ijcs.12616>>.
- OTERO, P. *et al.* Extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor* with improved fatty acid profile due to ultrasound assisted or pressurized liquid extraction. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 314, p. 126200-126208, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126200>>.
- PALI-SCHÖLL, I. *et al.* Edible insects – defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [S.l.], v. 59, n. 17, p. 2760-2771, 2018. Informa UK Limited. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1468731>>.
- RAVI, H. *et al.* Alternative solvents for lipid extraction and their effect on protein quality in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Journal Of Cleaner Production**, [S.l.], v. 238, p. 117861-117873, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117861>>.
- RAVZANAADII, N. *et al.* Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. **International Journal Of Industrial Entomology**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 93-98, 2012. Korean Society of Sericultural Science. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>>.
- RIBEIRO, N.; ABELHO, M.; COSTA, R. A Review of the Scientific Literature for Optimal Conditions for Mass Rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: tenebrionidae). **Journal Of Entomological Science**, [S.l.], v. 53, n. 4, p. 434-454, out. 2018. Georgia Entomological Society. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18474/jes17-67.1>>.
- RONCOLINI, A. *et al.* Lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) powder as a novel baking ingredient for manufacturing high-protein, mineral-dense snacks. **Food Research International**, [S.l.], v. 131, p. 109031-10937, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109031>>.

RUMPOLD, Birgit A.; SCHLÜTER, Oliver K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, [S.l.], v. 57, n. 5, p. 802-823, 2013. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201200735>>.

SANTIAGO, L.; FADEL, O.; TAVARES, G. How does the thermal-aggregation behavior of black cricket protein isolate affect its foaming and gelling properties? **Food Hydrocolloids**, [S.l.], v. 110, p. 106169-106180, 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106169>>.

SCHOLLIERS, J.; STEEN, L.; FRAEYE, I. Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: effect of heating temperature and insect. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.l.], v. 66, p. 102535-102546, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102535>>.

SCHOLLIERS, J.; STEEN, L.; FRAEYE, I. Structure and physical stability of hybrid model systems containing pork meat and superworm (*Zophobas morio* larvae): the influence of heating regime and insect. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.l.], v. 65, p. 102452-102459, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102452>>.

SINGH, Y. *et al.* Effect of different killing methods on physicochemical traits, nutritional characteristics, in vitro human digestibility and oxidative stability during storage of the house cricket (*Acheta domesticus* L.). **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.l.], v. 65, p. 102444-102459, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102444>>.

SMETANA, S. *et al.* Insect margarine: processing, sustainability and design. **Journal Of Cleaner Production**, [S.l.], v. 264, p. 121670-121679, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121670>>.

SSEPUUYA, G. Effect of heat processing on the nutrient composition, colour, and volatile odour compounds of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* serville. **Food Research International**, [S.l.], v. 129, p. 108831-108865, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108831>>.

STONE, A. K.; TANAKA, T.; NICKERSON, M. Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.l.], v. 56, n. 7, p. 3355-3363, 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13197-019-03818-2>>.

SU, C. *et al.* Enzyme-assisted extraction of insect fat for biodiesel production. **Journal Of Cleaner Production**, [S.l.], v. 223, p. 436-444, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.150>>.

SYPNIEWSKI, J. *et al.* Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. **British Poultry Science**, [S.l.], v. 61, n. 3, p. 294-302, 2020. Informa UK Limited. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2020.1716302>>.

TAO, J.; LI, Y. Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. **Food Quality And Safety**, [S.l.], v. 26, n. 17, p. 17-27, 2018. Oxford. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/fqsafe/fyy001>>.

TINARWO, J. *et al.* Effect of heat treatment on selected macronutrients in the wild harvested edible ground cricket, *Henicus whellani* Chopard. **International Journal Of Tropical Insect Science**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 13-20, 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s42690-020-00375-6>>.

TOPRAK, U. *et al.* A journey into the world of insect lipid metabolism. **Archives Of Insect Biochemistry And Physiology**, [S.l.], v. 104, n. 2, p. 1-67, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/arch.21682>>.

TURCK, D. *et al.* Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. **Efsa Journal**, [S.L.], v. 1, n. 19, p. 6343-3471, 13 jan. 2021. EFSA. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>>.

TZOMPA-SOSA, D. *et al.* Four insect oils as food ingredient: physical and chemical characterisation of insect oils obtained by an aqueous oil extraction. **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 279-292, 2019. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2018.0020>>.

VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal Of Insects As Food And Feed**, [S.l.], v. 6, n. 1, p.27-44, 2020. Wageningen Academic Publishers. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0017>>.

VERHEYEN, G. *et al.* **Current Green Chemistry**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 239-248, 2020. Bentham Science Publishers Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2174/2213346107999200424084626>>.

WANG, T. *et al.* Aqueous ethyl acetate as a novel solvent for the degreasing of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae: degreasing rate, nutritional value evaluation of the degreased meal, and thermal properties. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.l.], v. 100, n. 3, p. 1204-1212, 2019. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.10131>>.

WESSELS, M; AZZOLLINI, D; FOGLIANO, V. Frozen storage of lesser mealworm larvae (*Alphitobius diaperinus*) changes chemical properties and functionalities of the derived ingredients. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 320, p. 126649-126658, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126649>>

XIONG, J. *et al.* Refining and Sulfurization of Oil from Black Soldier Fly and Its Application as Biodegradable Lubricant Additive. **Journal Of The American Oil Chemists' Society**, [S.l.], v. 97, n. 11, p. 1243-1251, 2020. Wiley. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/aocs.12403>>.

ZIELINSKA, E.; PANKIEWICZ, U. Nutritional, Physiochemical, and Antioxidative Characteristics of Shortcake Biscuits Enriched with *Tenebrio molitor* Flour. **Molecules**, [S.l.], v. 25, n. 23, p. 5629-5645, 2020. MDPI AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/molecules25235629>>.