



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

JULIANA SANT'ANA FALCÃO LEITE

**ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHA
DE GRILO (*Acheta domestica*) COMO SUBSTITUTO DE
CARNE EM NUGGETS DE FRANGO**

UFBA

SALVADOR

2024



JULIANA SANT'ANA FALCÃO LEITE

**ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHA
DE GRILO (*Acheta domestica*) COMO SUBSTITUTO DE
CARNE EM NUGGETS DE FRANGO**

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

Prof. Dr. Carlos Pasqualin Cavalheiro

Orientador

Dra. Claudia Ruiz-Capillas Pérez

Coorientadora

Dra. Ana Maria Herrero Herranz

Coorientadora

SALVADOR

2024

TERMO DE APROVAÇÃO

JULIANA SANT'ANA FALCÃO LEITE

ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHA DE GRILO (*Acheta domesticus*) COMO SUBSTITUTO DE CARNE EM NUGGETS DE FRANGO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 26 de julho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CARLOS PASQUALIN CAVALHEIRO**
Data: 28/07/2024 20:05:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. CARLOS PASQUALIN CAVALHEIRO (ORIENTADOR)
Universidade Federal da Bahia (UFBA, BA)

Documento assinado digitalmente
 **MIRIAM MABEL SELANI**
Data: 29/07/2024 08:54:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a MIRIAM MABEL SELANI (EXAMINADORA)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar, SP)

Documento assinado digitalmente
 **PAULO CEZAR BASTIANELLO CAMPAGNOL**
Data: 29/07/2024 14:42:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. PAULO CEZAR BASTIANELLO CAMPAGNOL (EXAMINADOR)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS)

Meus agradecimentos,

Aos meus pais Tereza e Julio, meus avós Suelly e Orlando, Rosalia (in memorian) e José (in memorian), tios e toda minha família, pelo suporte e carinho durante toda a vida. Graças a eles pude chegar aqui e sou muito grata por tudo. Em especial à minha avó Rosa, que não pôde estar presente na minha graduação e defesa de mestrado, mas sempre manifestou o desejo de me ver alcançando grandes conquistas.

Ao meu orientador, professor Carlos Cavalheiro, “prof” ou “ori” por todo carinho, cuidado, paciência, amizade e por me guiar nesse caminho. Sempre que eu não acreditava, ele estava lá por mim. Mais que uma orientação, uma inspiração profissional e pessoal. Ao querido professor Maurício, que sempre esteve por perto, me ajudando e incentivando desde a graduação.

Agradeço à toda equipe do LABCARNE, professores, técnicos Rafael Ventin e Nilma Costa, sempre presentes com sua amizade, colaboração e nossos cafezinhos. Aos pós-graduandos que passaram pelo meu caminho e estagiários. Vocês foram essenciais para a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente aos meus queridos fiéis escudeiros Rafael Sepúlveda, Brenno Barreto, Thiago Cruz e Camila Avelar, meus “braços direitos”, que foram importantes demais nessa caminhada, e por estarem diretamente envolvidos nesse trabalho fizeram do meu caminho uma trilha menos árdua. Agradeço também a Lorena Araujo, Victor Santana, Michele Bohana, Rebeca Neves, Julia Jurema e Samuel Felix, pela amizade e apoio em todos os momentos. Obrigada amigos, eu amo vocês.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio através da bolsa de estudos concedida (Nº BOL1988/2022), sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço ao corpo docente e técnico do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos (PGAli) por todos os ensinamentos e suporte.

RESUMO

A entomofagia é uma fonte de proteína alternativa mais sustentável do que as proteínas de origem animal convencionais. Dentre as espécies de insetos comestíveis, o grilo (*Acheta domesticus*) vem se destacando por possuir além de elevado teor proteico, possuir em sua composição nutricional vitaminas, minerais, ácidos graxos e aminoácidos essenciais. As farinhas de inseto vêm sendo estudadas e mostrando-se promissoras para incorporação em diversos alimentos, como os produtos cárneos, oferecendo além dos benefícios nutricionais, melhoras tecnológicas. Os nuggets de frango são consumidos mundialmente, devido à sua praticidade no preparo e sabor. Assim, esse produto pode ser uma boa alternativa para a incorporação de farinha de grilo. Desta forma, foi avaliada a incorporação da farinha de grilo em substituição da carne de frango em nuggets e seu efeito nas propriedades tecnológicas, nutricionais, físico-químicas e microbiológicas. Foram fabricadas quatro formulações de nuggets de frango com 2,5, 5,0 e 7,5% de substituição de carne de frango por farinha de grilo: CRF0 (0% de farinha de grilo), CRF2.5 (2,5%), CRF5.0 (5,0%) e CRF7.5 (7,5%) avaliadas nos dias 0, 30, 60, 90 e 120 de armazenamento congelado. Foram realizadas análises de estabilidade de emulsão, pick-up, perda por cozimento, composição centesimal, minerais, pH, cor instrumental, perfil de textura e análises microbiológicas. Os resultados mostraram que a farinha de insetos aumentou o teor de proteína do CRF7.5 comparado ao CRF0 de 14,20 para 17,35 g 100/g ($p < 0,05$) e aumentou os valores de pH ($p < 0,05$). Os nuggets com adição da farinha de grilo apresentaram coloração amarronzada quando comparados com o CRF0. Os parâmetros de textura não foram afetados pela adição da farinha de grilo ($p > 0,05$) e os parâmetros microbiológicos não foram afetados negativamente, com contagens de mesófilos variando entre 4,35 e 5,12 log UFC/g no dia 120. Este estudo demonstrou que o tratamento CRF7.5 é melhor alternativa para a utilização de insetos comestíveis na reformulação de nuggets de frango.

Palavras-chave: *Produtos cárneos reformulados. Inovação alimentar. Insetos comestíveis. Proteína alternativa.*

ABSTRACT

The entomophagy is a more sustainable alternative protein source than conventional animal-based proteins. Among edible insects, the cricket (*Acheta domesticus*) has been notable not only for its high protein content but also for its nutritional composition, which includes vitamins, minerals, fatty acids, and essential amino acids. Insect flours have been studied and shown to be promising for incorporation into various foods, such as meat products, providing nutritional benefits and technological improvements. Chicken nuggets are consumed worldwide due to their ease of preparation and taste. Therefore, this product could be a good alternative for incorporating cricket flour. Thus, cricket flour was used as a substitute for chicken meat in nuggets, and its effect on technological, nutritional, physicochemical, and microbiological properties was evaluated. Four formulations of chicken nuggets were prepared with 2.5%, 5.0%, and 7.5% replacement of chicken meat with cricket flour: CRF0 (0% cricket flour), CRF2.5 (2.5%), CRF5.0 (5.0%), and CRF7.5 (7.5%), and were evaluated on days 0, 30, 60, 90, and 120 of frozen storage. Emulsion stability, pick-up, cooking loss, proximate composition, minerals, pH, instrumental color, texture profile, and microbiological analyses were performed. The results showed that the insect flour increased the protein content of CRF7.5 compared to CRF0, from 14.20 to 17.35 g/100g ($p < 0.05$) and raised the pH values ($p < 0.05$). Nuggets with the addition of cricket flour exhibited a brownish color compared to CRF0. The texture parameters were not affected by the addition of cricket flour ($p > 0.05$), and the microbiological parameters were not negatively affected, with mesophilic counts ranging from 4.35 to 5.12 log CFU/g on day 120. This study demonstrated that the CRF7.5 treatment is the best alternative for utilizing edible insects in the reformulation of chicken nuggets.

Keywords: *Reformulated meat products. Food innovation. Edible insects. Alternative protein.*

LISTA DE FIGURAS

<i>DISSERTAÇÃO – Adição de diferentes concentrações de farinha de grilo (<i>Acheta domesticus</i>) como substituto de carne em nuggets de frango.....</i>	12
Figura 1 Aspecto visual de nuggets de frango e nuggets com adição de farinha de grilo.	17
Figura 2 Produtos disponíveis no mercado que utilizam insetos comestíveis como ingrediente.....	18
Figura 3 Espécies de insetos comestíveis.....	20
Figura 4 Grilo adulto da espécie <i>Acheta domesticus</i>	25
<i>MANUSCRITO: Chicken nuggets with cricket (<i>Acheta domesticus</i>) flour as a meat replacer.....</i>	30
Figura 1 pH de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne durante o tempo de armazenamento.....	57
Figura 2 Propriedades microbiológicas (log UFC/g) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.....	58
Figura 3 Análise de componentes principais (PCA) das propriedades tecnológicas e nutricionais de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.....	59

LISTA DE TABELAS

<i>DISSERTAÇÃO – Adição de diferentes concentrações de farinha de grilo (<i>Acheta domesticus</i>) como substituto de carne em nuggets de frango.....</i>		12
Tabela 1	Teores de proteína e gordura encontrados em alguns insetos comestíveis (% MS).....	20
<i>MANUSCRITO: Chicken nuggets with cricket (<i>Acheta domesticus</i>) flour as a meat replacer.....</i>		30
Tabela 1	Estabilidade da emulsão, pick-up e perda por cozimento (%) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.....	60
Tabela 2	Composição centesimal (g 100/g) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.....	60
Tabela 3	Conteúdo mineral (g 100/g) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.....	61
Tabela 4	Parâmetros de cor instrumental de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne durante o período de armazenamento.....	62
Tabela 5	Parâmetros de Análise de Perfil de Textura (TPA) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.....	63

SUMÁRIO

DISSERTAÇÃO – Adição de diferentes concentrações de farinha de grilo (<i>Acheta domesticus</i>) como substituto de carne em nuggets de frango.....		12
1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1	Produção de carne de frango.....	15
3.2	Processamento de produtos cárneos à base de carne de frango.....	16
3.3	Nuggets.....	16
3.4	Entomofagia.....	17
3.5	<i>Acheta domesticus</i>	20
3.5.1	Aspectos nutricionais.....	21
3.5.2	Aspectos microbiológicos.....	21
3.5.3	Alérgenos.....	22
3.5.4	Aplicações em alimentos.....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1	Matérias-primas.....	24
4.2	Fabricação de nuggets de frango.....	25
4.3	Análises tecnológicas.....	25
4.3.1	Estabilidade de emulsão.....	25
4.3.2	Porcentagem de ganho de peso após empanamento (pick-up)	26
4.3.3	Perda por cozimento.....	26
4.3.4	pH.....	26
4.3.5	Determinação de cor instrumental.....	27
4.3.6	Análise do perfil de textura.....	27
4.4	Análises nutricionais.....	27
4.4.1	Análise centesimal.....	27
4.4.2	Conteúdo mineral.....	27
4.5	Análise microbiológica.....	28
4.6	Análise estatística.....	28
5	RESULTADOS.....	29
5.1	Manuscrito: Chicken nuggets with cricket (<i>Acheta domesticus</i>) flour as a meat replacer..	30
6	CONCLUSÃO GERAL.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXOS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A carne é uma importante fonte de nutrientes e seu elevado consumo mundial é devido principalmente ao seu valor nutricional, como proteínas de alta qualidade, vitamínicas e minerais que conferem benefícios à saúde e são importantes fatores nutricionais (Wood, 2017). Entretanto, existem impactos negativos associados à produção de carne, principalmente, relacionados ao meio ambiente, como a emissão de gases de efeito estufa, incluindo metano e óxido nítrico, além de uma maior utilização de recursos naturais, como terra e água (Grossi *et al.*, 2018). Além disso, com o crescimento populacional aliado às alterações climáticas, aumenta-se a preocupação com a insegurança alimentar. Busca-se, então, opções mais sustentáveis para a obtenção de proteína de origem animal.

Fontes alternativas e mais sustentáveis para obtenção de proteína animal têm ganhado destaque, e os insetos comestíveis vêm surgindo como uma opção interessante. Os insetos comestíveis são considerados ambientalmente amigáveis porque requerem menos água e terra e produzem menos gases de efeito estufa, e possuem maior conversão alimentar (Rumpold; Schlüter, 2013). Possuem também características nutricionais significativas, como proteínas de alta qualidade, vitaminas, minerais, ácidos graxos, aminoácidos essenciais e compostos bioativos (Elhassan *et al.*, 2019). A entomofagia, utilização de insetos para alimentação, é uma prática bem estabelecida em regiões da África, Ásia e América do Sul, e sua aceitação está aumentando gradualmente em países Europeus e Norte Americanos. No entanto, os consumidores demonstram receio em seu consumo, especialmente em sua forma natural, devido à percepção de que os insetos são sujos, pouco atraentes e não saborosos. Portanto, a utilização dos insetos comestíveis em formas menos reconhecíveis, como farinha, pode aumentar a aceitação dos consumidores, além da incorporação em alimentos já conhecidos (Barton; Richardson; McSweeney, 2020).

Diversos estudos pesquisaram a incorporação de insetos comestíveis, como grilo (*Acheta domesticus*), larva da farinha (*Tenebrio molitor*) e pupas do bicho-da-seda (*Bombyx mori*), em diversos produtos alimentícios, incluindo sorvetes (David-Birman *et al.*, 2022), barras energéticas e proteicas, e pães (Adámek *et al.*, 2018; González; Garzón; Rosell, 2018). Além disso, pesquisas investigaram o uso de insetos comestíveis na reformulação de produtos cárneos, mostrando potencial melhora nas propriedades tecnológicas e nutricionais (Cavalheiro *et al.*, 2023; Cavalheiro *et al.*, 2024). O grilo (*A. domesticus*) se destaca como uma alternativa promissora para a reformulação de produtos cárneos devido ao seu alto teor de proteína (72%) e quantidade substancial de gorduras, minerais e aminoácidos (Udomisil *et al.*, 2019).

Recentemente a Comissão Europeia autorizou a comercialização de formas congeladas, secas e em pó de *A. domesticus* como um novo alimento (União Europeia, 2022).

Na literatura, não foram encontrados estudos que investigaram a incorporação de insetos comestíveis, particularmente farinha de grilo, como substituto de carne em alimentos empanados e fritos, como nuggets de frango. Esses tipos de produtos cárneos oferecem uma opção de refeição econômica, rápida e convencional, além de os nuggets de frango possuírem elevada popularidade em diferentes faixas etárias em todo o mundo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- ✓ Avaliar o efeito da adição de diferentes concentrações (2,5, 5,0 e 7,5%) de farinha de grilo (*Acheta domesticus*) como substituto de carne nas características tecnológicas, nutricionais, físico-químicas e microbiológicas de nuggets de frango durante o armazenamento congelado durante 120 dias.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Desenvolver nuggets de frango com diferentes concentrações de farinha de grilo (*A. domesticus*) como substituto de carne;
- ✓ Avaliar as características nutricionais de nuggets de frango com farinha de grilo a partir das análises de composição centesimal e perfil de minerais;
- ✓ Avaliar as características tecnológicas (estabilidade de emulsão, pick-up e perda por cozimento) de nuggets de frango com farinha de grilo;
- ✓ Avaliar as características físico-químicas (pH, cor instrumental e textura) de nuggets de frango com farinha de grilo durante o armazenamento congelado;
- ✓ Avaliar as características microbiológicas de nuggets de frango com farinha de grilo através da pesquisa de microrganismos deterioradores, como microrganismos aeróbios mesófilos, psicrofilos e bolores e leveduras, e microrganismos potencialmente patogênicos, como bactérias da família Enterobacteriaceae, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus* coagulase positiva durante armazenamento congelado;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Produção de carne de frango

A carne de frango é uma das proteínas de origem animal mais consumidas no mundo (Mottet; Tempio, 2017). É considerado um alimento rico em nutrientes como ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais, possui baixo teor de gordura e preço acessível. Seu consumo é diversificado e realizado através da cocção de cortes cárneos, ou através de produtos processados como nuggets, hambúrgueres e salsichas (Rosa *et al.*, 2021).

A carne de frango foi o tipo de carne mais produzido em 2021, com o total de 357 milhões de toneladas, e os Estados Unidos, a China e o Brasil foram responsáveis por 40% da produção mundial (FAO, 2023). Neste contexto, o Brasil tem grande destaque na produção de carne de frango, e segundo a ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal), no ano de 2023, o país produziu 14,833 milhões de toneladas de carne, ocupando o posto de segundo maior produtor mundial e primeiro exportador do mundo (ABPA, 2024). Esse destaque é justificado principalmente por abundância de terras e solo fértil para produção de alimentos para aves, inovação das empresas avícolas em superar desafios, crescimento consistente do consumo per capita de carne de frango no Brasil (atingindo quase 90 kg em 2010), e localização estratégica das principais regiões produtoras de carne de frango, como o Sul e Sudeste do Brasil, próximas a portos e mercados consumidores. Ainda, a produção brasileira atende tanto o mercado interno quanto o externo, gerando desafios que incluem a necessidade de garantir qualidade, controle adequado de doenças, padronização do produto e conformidade com padrões internacionais. Além disso, a produção de carne de frango no Brasil enfrenta questões relacionadas à competitividade no mercado internacional, distorções no mercado global e a necessidade de atender às demandas crescentes de consumo tanto no mercado interno quanto externo (Nääs *et al.*, 2015).

A cadeia produtiva da carne de frango acarreta diversos impactos ambientais significativos. As emissões de gases de efeito estufa, provenientes principalmente da produção de ração, transporte e tratamento de resíduos, contribuem para a mudança climática. Ainda, o uso intensivo de recursos naturais, como água, terra e energia, é necessário tanto para a produção de ração quanto para a manutenção das instalações avícolas (Wiedemann *et al.*, 2017). Além disso, o manejo inadequado de resíduos pode levar à contaminação da água e do solo, assim como a utilização de antibióticos e produtos químicos na produção avícola pode, também, representar riscos ambientais. Portanto, é fundamental considerar e mitigar esses impactos para promover práticas mais sustentáveis na indústria avícola (Selle *et al.*, 2020). Sabe-se também

que os consumidores estão cada vez mais atentos ao tipo de produto que compram, e demandam que estes sejam o mais natural possível, e com menor impacto ambiental (Rosa *et al.*, 2021).

3.2 Processamento de produtos cárneos à base de carne de frango

Os produtos cárneos são obtidos a partir de carnes, miúdos e de partes comestíveis das diferentes espécies animais, e a utilização da carne de frango como base para produtos cárneos é bastante versátil (Brasil, 2020). O processamento dos produtos tem como objetivos o maior aproveitamento da carcaça, desenvolvimento de novos produtos, e agregação de valor. O processo se inicia a partir da obtenção da matéria prima, e são utilizadas diversas técnicas para obtenção do produto final, como moagem, mistura com ingredientes, cozimento, embutimento, resultando em produtos como hambúrgueres, nuggets e salsichas. A grande procura por produtos cárneos à base de carne de frango dá-se pelo apelo nutricional de alto teor proteico e baixo em gordura, além do preço, disponibilidade e desenvolvimento de novos produtos (Barbut, 2012; Petracci *et al.*, 2013).

3.3 Nuggets

Produto originalmente da parte ocidental do globo, como os EUA e a Europa, os nuggets surgiram para aumentar o consumo de carne de frango pela população a partir dos anos 60. Desenvolvido pela indústria da carne de frango para oferecer novos produtos em menores porções, e por ser fácil e necessitar de menos tempo para preparo e aquecimento, ganhou boa aceitação entre os consumidores. A sua introdução no mercado fast food nos anos 70 foi um fator importante que impulsionou o seu consumo. A popularidade do produto fez com o que o preço da carne de frango aumentasse no mercado (Barbut, 2012).

Nuggets (**Figura 1**) são alimentos muito apreciados pelos consumidores e de fácil acesso, feitos a partir de carnes de aves como peito, coxas e/ou carnes mecanicamente separadas, comercializados em todo o mundo. São alimentos empanados e usualmente fritos, e além da carne de frango, diversos ingredientes podem ser utilizados na sua composição, como aditivos alimentares, a exemplo das farinhas para empanamento, a mais utilizada sendo a farinha de trigo. A sua produção consiste em quatro etapas principais, a produção da massa cárnea, seguida da etapa de pré-empanamento, imersão em emulsão de ovos e empanamento. Atualmente diversas formulações de nuggets podem ser encontradas, desde com alterações na composição da massa cárnea até diferentes tipos de empanamentos (Barbut, 2012; Tamsen; Shekarchizadeh; Soltanizadeh, 2018).

Figura 1 - Aspecto visual de nuggets de frango e nuggets com adição de farinha de grilo.



Fonte: Autor.

De acordo com a legislação brasileira, os produtos empanados, como nuggets, podem ser comercializados crus, cozidos ou fritos, com a denominação que os caracterizem (corte cárneo utilizado) e possuem em sua composição o teor máximo de 30% de carboidratos totais e mínimo de 10% de proteína (Brasil, 2001).

3.4 Entomofagia

A entomofagia, que é o consumo de insetos como alimento, é uma prática bastante comum em muitos países da África e da Ásia, onde os insetos representam papel importante na dieta dos habitantes e na economia local. Entretanto, ainda não é comumente praticada em outras regiões do mundo, como a Europa e algumas regiões da América. Porém devido ao seu caráter mais sustentável e ao elevado valor nutricional, especialmente em termos de proteínas, a aceitação pública está aumentando e o consumo de insetos está em expansão (FAO, 2013; Bhowmick; Banu; Singh, 2021).

A entomofagia é uma opção de proteína mais sustentável quando comparada a outras fontes de proteína animal, que vem ganhando destaque globalmente para produção de alimento, pois utiliza menos recursos naturais como água, espaço de terra para criação dos animais, energia, e menor emissão de gases do efeito estufa, além de os insetos possuírem alta taxa de conversão alimentar (Lange; Nakamura, 2021). Entretanto, ainda existe um receio significativo em relação ao consumo de insetos, especialmente em sua forma natural. Muitos consumidores têm a percepção de que os insetos são sujos, pouco atraentes, não apetitosos e não seguros para consumo. No entanto, quando os insetos são incorporados em alimentos familiares, como através de farinhas, a aceitação tende a aumentar, pois o aspecto visual tem menor influência sobre os consumidores (Van Thielen *et al.*, 2018; Barton; Richardson; McSweeney, 2020). No

Brasil, grande parte da população nunca consumiu insetos e os considera inseguros para consumo. Entretanto, possuem a preferência de consumo em forma de farinha (Schardong *et al.*, 2019). Atualmente no mercado existe uma variedade de produtos que utilizam insetos comestíveis como ingrediente, como snacks (A), pirulitos (B), barras de proteína (C), hambúrgueres (D), entre outros (**Figura 2**).

Figura 2 - Produtos disponíveis no mercado que utilizam insetos comestíveis como ingrediente.



Fonte: Autor.

A regulamentação para o consumo de insetos varia amplamente em escala global, refletindo diferenças culturais e socioeconômicas entre os países. Na África, os insetos são consumidos naturalmente pela sociedade, sendo colhidos de forma selvagem, onde os insetos são criados e consumidos em escala local. Entretanto, devido a questões de saúde pública, o desenvolvimento de regulamentações específicas vem sendo estimulado. Em países como Quênia, África do Sul e Uganda já existem padrões regulatórios para uso de insetos como alimento, que podem servir como exemplo e incentivo para outras regiões (Niassy *et al.*, 2022). Assim como na Ásia, onde apesar de os insetos serem amplamente consumidos em várias regiões de maneira cultural, a legislação para insetos como alimentos ainda é escassa. Uma exceção é a China, onde alguns insetos já foram catalogados pelo Ministério da Saúde local. Entretanto, países como a Tailândia têm feito avanços significativos com relação a regulação

de insetos comestíveis com apoio de órgãos reguladores internacionais (Pretezeille *et al.*, 2018; Raheem *et al.*, 2018).

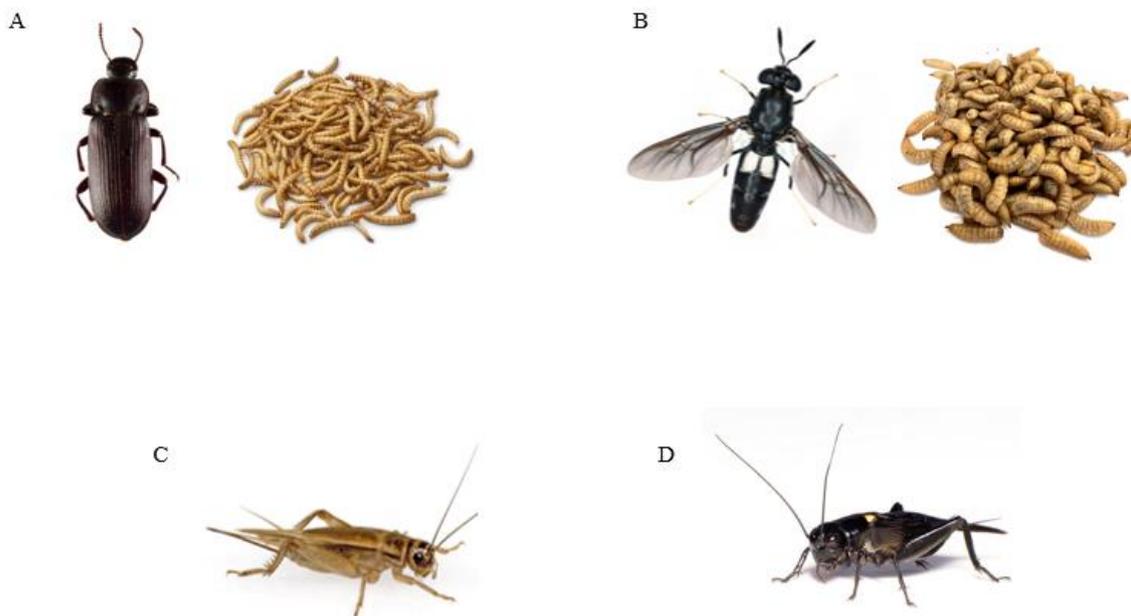
Com relação a Europa, os insetos comestíveis fazem parte da lista de Novos Alimentos, de acordo com a regulação (UE) 2015/2283, que permite o seu uso de forma inteira ou como ingrediente. Algumas espécies já autorizadas para o consumo são a larva de *Tenebrio molitor*, (União Europeia, 2021) e *Acheta domesticus* (União Europeia, 2022), podendo ser comercializadas nas formas seca, congelada e de farinha. Bélgica, Dinamarca e Holanda são alguns países que possuem legislação interna para comercialização de insetos (Mancini *et al.*, 2019). Nos EUA, não existem políticas claras que orientem a produção e distribuição de alimentos à base de insetos. Não há regulamentação específica que autorize ou proíba o uso de insetos como alimento; os insetos são considerados alimentos como quaisquer outros, desde que seu consumo seja o “uso pretendido” (Stull; Patz, 2020). Países da América Latina possuem histórico cultural do consumo de insetos em algumas localidades, principalmente por populações indígenas. Apesar disso, Brasil e Argentina, não possuem regulamentação específica para criação e comercialização de insetos para alimentação humana, enquanto Chile, Peru e Colômbia possuem atividades relacionadas ao consumo de insetos em produtos alimentares (Abril *et al.*, 2022).

Os insetos comestíveis são considerados uma fonte alimentar alternativa às convencionais por possuírem elevados índices nutricionais como altos teores de proteínas, gordura, vitaminas, minerais, entre outros compostos (**Tabela 1**). Atualmente, mais de 2000 espécies foram classificadas como comestíveis, sendo em sua maioria de besouros, seguidos de lagartas, formigas, abelhas e vespas, gafanhotos e outras espécies (Van Huis *et al.*, 2021; Jongema, 2017). Espécies como *T. molitor*, *Hermetia illucens*, e *A. domesticus* já foram utilizados na forma de farinha para confecção de pães (González; Garzón; Rosell, 2018), e *Gryllus bimaculatus* para fabricação de biscoitos (Arama *et al.*, 2023) (**Figura 3**).

A qualidade nutricional dos insetos está ligada à diversos fatores, como a dieta dos animais, que interferem diretamente em sua composição nutricional. A partir da manipulação da dieta é possível atingir objetivos específicos, como alterar teores de proteína e gordura, melhorando o perfil nutricional dos insetos para consumo humano. A alteração da dieta em larvas de grilos pode levar a diminuição da proporção ω -6/ ω -3 a partir da adição de óleo de linhaça, fonte de ω -3, na alimentação dos insetos (Oonincx *et al.*, 2020; Van Huis *et al.*, 2021). Com relação a exposição a luz ultravioleta b (UVb), pode ocorrer um aumento nos teores de vitamina D após exposição a alta intensidade (Oonincx *et al.*, 2018). O estágio de

desenvolvimento dos insetos também é um fator que influencia diretamente na sua qualidade nutricional, variando entre larva, pupa e adultos (Oliveira *et al.*, 2024).

Figura 3 – Espécies de insetos comestíveis.



A- *Tenebrio molitor*; B- *Hermetia illucens*; C- *Acheta domesticus*; D- *Gryllus bimaculatus*

Fonte: Autor.

Tabela 1 - Teores de proteína e gordura encontrados em alguns insetos comestíveis (% MS).

Espécie	Proteína	Gordura	Referência
<i>Tenebrio molitor</i>	51,20	28,00	Da Silva <i>et al.</i> , 2024
<i>Prionoplus reticularis</i>	30,10	45,00	Kavle <i>et al.</i> , 2022
<i>Zophobas morio</i>	43,70	40,10	Da Silva <i>et al.</i> , 2024
<i>Gryllus bimaculatus</i>	58,00	26,90	Murugu <i>et al.</i> , 2021
<i>Acheta domesticus</i>	71,70	10,40	Udomisil <i>et al.</i> , 2019
<i>Macrotermes bellicosus</i>	68,23	8,29	Atowa <i>et al.</i> , 2021
<i>Hermetia illucens</i>	32,59	26,63	Matsakidou <i>et al.</i> , 2024

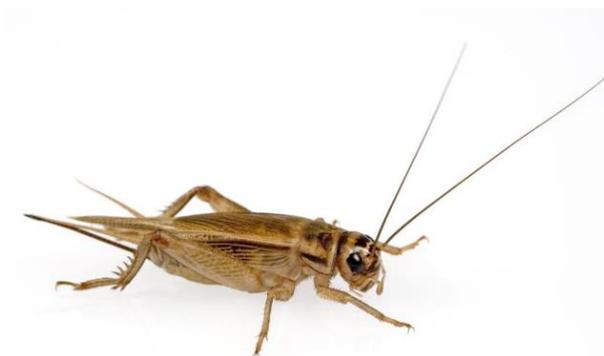
MS – Matéria seca

Fonte: Autor.

3.5 *Acheta domesticus*

Popularmente conhecido como grilo doméstico, o *Acheta domesticus* (**Figura 4**) é uma espécie de inseto pertencente à família Gryllidae. Nativo do sudoeste da Ásia, esse grilo é amplamente disseminado em várias regiões do mundo, como Europa, África, México, entre outras (Mariod; Mirghani; Hussein, 2017). Mais recentemente vem sendo estudado como fonte de proteína e nutrientes para consumo humano, e ganhando destaque por suas características nutricionais favoráveis (Pilco-Romero *et al.*, 2023).

Figura 4 – Grilo adulto da espécie *Acheta domesticus*.



Fonte: Zooplus Magazine.

3.5.1 Aspectos nutricionais

O *A. domesticus* destaca-se por seus notáveis aspectos nutricionais, sendo uma excelente fonte de proteína sustentável. Rico em proteínas de alta qualidade, com seu teor variando de 15,40 a 76,19 g/100g de matéria seca, possui também aminoácidos essenciais necessários para a nutrição humana, como leucina, lisina e isoleucina (Pilco-Romero *et al.*, 2023). Além das proteínas, o grilo doméstico é uma boa fonte de ácidos graxos insaturados, como o oleico, linoleico e linolênico (Cavalheiro *et al.*, 2023), vitaminas, como a vitamina B12, e minerais, incluindo ferro, zinco e cálcio (Pilco-Romero *et al.*, 2023). Seu perfil nutricional também revela uma baixa quantidade de carboidratos e um conteúdo relativo de fibra alimentar, derivada principalmente da quitina presente em seu exoesqueleto (Mariod; Mirghani; Hussein, 2017). Em sua composição também pode-se destacar a presença de compostos bioativos e antioxidantes, como ácidos hidroxicinâmicos, tocoferóis e esteróis (Gumul *et al.*, 2023). Esses atributos nutricionais fazem do *A. domesticus* uma alternativa promissora às fontes tradicionais de proteína, oferecendo benefícios para a saúde e contribuindo para uma alimentação mais sustentável e ecologicamente correta.

3.5.2 Aspectos microbiológicos

Os aspectos microbiológicos do *A. domesticus* são de grande importância, especialmente em relação à sua segurança e qualidade como fonte alimentar. A presença de microrganismos deterioradores e patogênicos nos insetos pode ser inerente, oriundos do trato gastrointestinal dos animais, e também estar relacionada a alguns fatores como forma de criação (selvagem ou domesticado), manipulação, práticas de higiene e formas de consumo (Rumpold; Schlüter, 2013). Em estudos envolvendo a análise da microbiota de grilos crus, não processados, foram encontrados elevados valores para contagens de bactérias totais e Enterobacteriaceae, em torno de 7 log UFC/g, para insetos vivos e mortos. Elevadas contagens também foram observadas para *Staphylococcus*, em média de 6 log UFC/g. As bactérias do gênero *Staphylococcus* encontradas foram coagulase negativa e não foram encontradas Salmonellae, *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli* (Grabowski; Klein, 2017). Elevados valores para contagens microbiológicas também foram encontrados em grilos inteiros crus, onde a média para microrganismos viáveis totais foi de 8 log UFC/g e para microrganismos psicotróficos foi de 4,5 log UFC/g (Vandeweyer *et al.*, 2017). O tipo de processamento ao qual o inseto é submetido também influencia diretamente a sua carga microbiológica. Tratamentos térmicos como autoclavagem, fervura e cozimento em vapor são capazes de diminuir a contagem de microrganismos viáveis totais dos insetos em cerca de 7 log UFC/g (Fröhling *et al.*, 2020). O processo de secagem em forno de ar quente e micro-ondas também causa a redução nas contagens de microrganismos aeróbios totais e bolores e leveduras (Bawa *et al.*, 2020a). Fatores como a oferta de alimentos e práticas de criação também podem influenciar no perfil microbiológico de insetos criados por uma mesma empresa, principalmente para endosporos bacterianos, contagens de microrganismos psicotróficos e bolores e leveduras (Vandeweyer *et al.*, 2017).

3.5.3 Alérgenos

Com a crescente utilização do *A. domesticus* na alimentação, é essencial pesquisar fatores como o seu potencial alergênico. Estudos indicam que proteínas presentes nesse inseto podem desencadear reações alérgicas em indivíduos sensíveis, especialmente aqueles que possuem alergia a mariscos, como camarão e lagostas, devido à similaridade das proteínas alergênicas. Esse potencial alergênico está relacionado a reatividade cruzada entre a tropomiosina de camarão e a tropomiosina de grilo, confirmada por ELISA competitivo. A tropomiosina é a principal proteína relacionada à reatividade cruzada entre diferentes invertebrados. Isso indica um elevado risco de que indivíduos sensibilizados a crustáceos, como o camarão, possam apresentar sintomas alérgicos após a ingestão de proteínas de *A. domesticus*

(De Marchi *et al.*, 2021). Também foi relatado que IgE de pacientes com alergia a crustáceos, a pó ácaros domésticos e a moscas, mostraram reconhecimento cruzado com *A. domesticus* (Pali-Schöll *et al.*, 2019). Além disso, foram identificados em amostras de grilos, 52 potenciais alérgenos representando 15 famílias de alérgenos, o que reforça o potencial alergênico de consumir esse inseto (Bose *et al.*, 2021).

3.5.4 Aplicações em alimentos

O *A. domesticus* pode ser aplicado em alimentos de diversas formas, aproveitando suas propriedades nutricionais e versatilidade. Uma das mais comuns é a partir da utilização na forma de farinha, que pode ser incorporada em diversos tipos de alimentos (González; Garzón; Rosell, 2019; Bawa *et al.*, 2020b; Cavalheiro *et al.*, 2023; Cavalheiro *et al.*, 2024; Bruttomesso *et al.*, 2024). Outras formas que podem ser utilizadas são pasta (Kittibunchakul; Whanmek; Santivarangkna, 2023) e a partir da extração das proteínas (Pasini *et al.*, 2022).

A farinha de *A. domesticus* vem sendo amplamente utilizada em produtos de padaria, como pães, biscoitos e panquecas. Sua utilização pode gerar impactos significativos nos alimentos, incluindo melhorias no perfil nutricional, aumento do teor de proteínas e mudanças nas características tecnológicas e cor dos produtos. Em estudo onde a farinha do inseto foi utilizada em substituição da farinha de trigo em massas e pães e foi observada a diminuição da absorção de água das massas, alteração de cor dos pães para um tom amarronzado, e aumento do seu teor proteico (González; Garzón; Rosell, 2019). Em produtos como pães e biscoitos, a adição de farinha de grilo aumentou o teor de proteínas, ferro e fósforo. Além disso, foi observado um baixo teor de carboidratos, bem como alterações de cor, resultando no escurecimento dos produtos. (Bawa *et al.*, 2020b). Resultados semelhantes foram encontrados quando a farinha de *A. domesticus* foi adicionada em panquecas, resultando em alterações de cor (escurecimento do produto), diminuição no teor de carboidratos e aumento no teor de proteína (Bruttomesso *et al.*, 2024).

O *A. domesticus* também pode ser utilizado em forma de pasta. Um estudo desenvolveu uma pasta fermentada de grilo semelhante a feita com camarão, e foi observada menor atividade de água, melhor perfil de aminoácidos e digestibilidade de proteínas, o que resultou em um produto nutritivo que pode ser considerado uma alternativa ao prato convencional (Kittibunchakul; Whanmek; Santivarangkna, 2023). Outra alternativa é a partir da utilização das proteínas extraídas do *A. domesticus*, que podem ser utilizadas para fabricação de massas alimentícias, substituindo sêmola por proteína em pó, resultando em um produto com coloração

mais escura, maior firmeza, maior absorção de água, além de um teor proteico mais elevado e de melhor qualidade (Pasini *et al.*, 2022).

Além da utilização mais comum em produtos de padaria e massas, a farinha de *A. domesticus* vem sendo utilizada com sucesso para incorporação em produtos cárneos. Em uma emulsão cárnea, a farinha de grilo adicionada em diferentes concentrações substituindo carne magra e gordura de porco resultou em um aumento do teor de proteína, e de alguns nutrientes como fósforo, potássio e magnésio, e não foram relatados impactos negativos relacionados às propriedades de textura e no rendimento de cozimento das emulsões cárneas (Kim *et al.*, 2017). Resultados favoráveis em relação a características nutricionais, tecnológicas, estruturais e sensoriais foram observados em salsichas do tipo Frankfurter quando feita a utilização da farinha de grilo em substituição de carne (Cavalheiro *et al.*, 2023). Nesse estudo houve um aumento considerável no teor de proteína do produto, sem alterações no teor de gordura, melhora no teor de nutrientes como zinco e cálcio, sem alterações no teor de sódio. Além disso, as perdas durante o processamento foram reduzidas e não foram observados efeitos negativos nas características estruturais das salsichas. Características positivas também foram atribuídas ao uso da farinha de grilo em hambúrgueres (Cavalheiro *et al.*, 2024), onde além da melhora no perfil nutricional, com o aumento do teor proteico no produto, houve uma redução dos valores de perda por cozimento e redução de diâmetro dos hambúrgueres. Desta forma, a utilização de farinha de *A. domesticus* em produtos cárneos traz benefícios nutricionais e tecnológicos aos produtos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matérias-primas

A farinha de grilo foi adquirida no mercado do Reino Unido (Derby, UK). Segundo o produtor, passou por um processo de secagem e moagem no micro-ondas (120–250 μm). A composição nutricional da farinha de grilo de acordo com o rótulo do fornecedor: proteína (66 g 100/g), gordura (25,5 g 100/g), umidade (6,8 g 100/g), fibra (3,5 g 100/g), carboidratos (2 g 100/g), e sal (0,87 g 100/g). Seu pH era 6,41, com parâmetros de cor de L^* (66,79), a^* (3,05), e b^* (14,36). Os outros ingredientes, incluindo carne de peito de frango congelada com uma composição de: (umidade = 72 g 100/g, proteína = 19 g 100/g, gordura = 3,3 g 100/g, cinzas = 1,5 g/100 g), óleo de canola (Liza, Uberlândia, Brasil), proteína de soja (proteína = 50 g 100/g, gordura = 0 g 100/g) (Camil, São Paulo, Brasil), cloreto de sódio (Sal Lebre, Areia Branca, Brasil), vinagre branco (Minhoto, Paulista, Brasil), alho em pó (BR Spices, Jandira, Brasil), cebola em pó (BR Spices, Jandira, Brasil), goma xantana (Exôdo Científica, Sumaré, Brasil),

glutamato monossódico (Ajinomoto, São Paulo, Brasil), farinha de trigo (Brandini, Alagoas, Brasil), ovos, farinha de milho (Yoki, Cambara, Brasil) e farinha de rosca (Yoki, Cambara, Brasil) foram comprados em um mercado local em Salvador, Brasil.

4.2 Fabricação de nuggets de frango

Quatro formulações de nuggets de frango foram produzidas em uma planta piloto (em duplicata) e replicadas em dois dias. As formulações ideais foram baseadas em testes prévios realizados em laboratório, considerando as condições de processamento e produção, garantindo uma mistura completa de todos os ingredientes e alcançando uma formação final adequada dos nuggets de frango. O primeiro tratamento, rotulado como CRF0 (nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne), consistiu em 64,60 g/100 g de carne de frango, 21,53 g/100 g de óleo de canola, 8,61 g/100 g de água gelada/gelo, 2,59 g/100 g de proteína de soja, 1,72 g/100 g de cloreto de sódio, 0,27 g/100 g de vinagre branco, 0,17 g/100 g de alho em pó, 0,17 g/100 g de cebola em pó, 0,17 g/100 g de goma xantana, e 0,17 g/100 g de glutamato monossódico. As outras três formulações foram produzidas incorporando 2,5% (CRF2.5), 5,0% (CRF5.0) e 7,5% (CRF7.5) de farinha de grilo, que substituiu uma quantidade equivalente de carne de frango em cada formulação respectiva. Para a primeira etapa, a carne de frango congelada foi descongelada a 3 ± 1 °C por 18 h antes do uso, cortada manualmente em pedaços de 2×2 cm. Para a segunda etapa, carne de frango crua e ingredientes não cárneos, adicionados em diferentes momentos, foram homogeneizados por 5 minutos em um processador de alimentos (RI7630, Phillips Walita, São Paulo, Brasil) para obter uma mistura homogênea, e a temperatura final foi < 12 °C em todos os casos. A massa de frango resultante foi congelada por 24 h a 18°C, cortada em forma de nuggets ($2 \times 2 \times 1,5$ cm) (12 g), e armazenado a -18°C por mais 60 min. Em seguida, como terceiro passo, os nuggets de frango foram revestidos com farinha de trigo como pré-empanamento, cobertos com uma massa de ovos inteiro, e uma mistura de farinha de milho e farinha de rosca foi usada como empanamento. Após a etapa de empanamento, os nuggets foram pré-fritos em um forno air fryer (Philips Walita, São Paulo, Brasil) a 180 °C por 30 s (para garantir o pré-cozimento), embalado em sacos plásticos de polietileno e armazenado a -18 °C por 120 dias para análises. Os dias de análise foram 0, 30, 60, 90 e 120.

4.3 Análises tecnológicas

4.3.1 Estabilidade de emulsão

A estabilidade da emulsão foi determinada em massa de nugget de frango, conforme relatado por Tamsen *et al.* (2018). Massa de nugget de frango ($5 \pm 0,1$ g) de cada tratamento foi colocada em tubos falcon pré-pesados, e a massa inicial da amostra fresca foi medida (SF). A amostra foi aquecida em banho-maria (BM02 - Kacil Indústria e Comércio Ltda., Recife, Brasil) a 80 °C por 30 min. Após esse tempo, a amostra foi resfriada, e a água e a gordura liberadas foram drenadas e pesadas novamente (SC). Este procedimento foi realizado em triplicata para cada tratamento, e a porcentagem de estabilidade da emulsão foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Estabilidade de emulsão (\%)} = 1 - \left(\frac{\text{Massa de frango crua} - \text{Massa de frango cozida}}{\text{Massa de frango crua}} \right) \times 100$$

4.3.2 Porcentagem de ganho de peso após empanamento (pick-up)

Os nuggets de frango (cinco amostras por tratamento) foram pesados antes da segunda etapa (nuggets sem empanamento) e após a terceira etapa do processo de empanamento (pré-empanamento, massa de ovos e empanamento) (nuggets com empanamento), e o percentual de ganho de peso foi calculado como:

$$\text{Pick - up (\%)} = \frac{(\text{Nuggets com empanamento} - \text{Nuggets sem empanamento})}{\text{Nuggets com empanamento}} \times 100$$

4.3.3 Perda por cozimento

Para avaliar a perda por cozimento, nuggets de frango (cinco amostras por tratamento) foram pesados e fritos por 8 min em forno air fryer (Philips Walita, São Paulo, Brasil) a 180 °C. As amostras foram então resfriadas à temperatura ambiente (25 °C) e repesadas. A perda por cozimento foi calculada usando a seguinte fórmula (Yusop *et al.*, 2010):

$$\text{Perda por cozimento (\%)} = \frac{(\text{Peso do nugget cru} - \text{Peso do nugget cozido})}{\text{Peso do nugget cru}} \times 100$$

4.3.4 pH

O pH foi determinado utilizando um pHmetro (modelo mPA-210; Tecnoyon, São Paulo, Brasil) previamente calibrado com tampões padrões (pH = 4,00; pH = 7,00 a 25 °C) em 10 g de amostras de nuggets de frango homogeneizadas em 90 mL de água destilada. A análise foi realizada em quintuplicata durante o período de armazenamento, e os nuggets foram previamente descongelados para análise.

4.3.5 Determinação de cor instrumental

A cor instrumental (CIELAB, luminosidade, L^* ; teor de vermelho, a^* ; teor de amarelo, b^*) dos nuggets de frango foi medida durante o período de armazenamento usando um Chroma Meter CR-5 (Konica Minolta Business Technologies Inc., Tóquio, Japão) com uma fonte de luz D-65, 10° observador padrão, e uma abertura de 3 mm na cabeça de medição (AMSA, 2012). Foram realizadas seis determinações para cada tratamento. Medidas de cor instrumental foram realizadas nas superfícies dos nuggets, que foram previamente descongelados para análise. Diferença total de cor (ΔE) de cada amostra foi calculada com o respectivo nugget controle (CRF0) utilizando a seguinte equação:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

4.3.6 Análise do perfil de textura

Análise do perfil de textura (TPA) foi realizada durante o período de armazenamento utilizando um TA. XTEExpress Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Inglaterra) conforme descrito por Moorthi *et al.* (2022), com pequenas modificações. Oito nuggets de frango inteiros por tratamento foram comprimidos no centro duas vezes com 50% de deformação, usando uma probe cilíndrica de alumínio de 5,08 cm (diâmetro) \times 20 mm (altura) (SMS P/0–5). As velocidades de pré-teste, teste e pós-teste foram fixadas em 1,00 mm/s, 3,00 mm/s e 10,0 mm/s. Foram determinadas dureza (N), elasticidade (mm), mastigabilidade (N \times mm) e coesividade.

4.4 Análises nutricionais

4.4.1 Análise centesimal

A análise da composição centesimal foi realizada em triplicata, e os teores de umidade, proteína, gordura e cinzas foram determinados de acordo com metodologias previamente descritas (AOAC, 2005).

4.4.2 Conteúdo mineral

Para a determinação do conteúdo mineral, as amostras liofilizadas (Lyophilizer LV2000 – Terroni, São Carlos, Brasil) foram preparadas por digestão ácida com ácido nítrico em um sistema de digestão por micro-ondas (ETHOS 1, Milestone. Srl, Sorisole, Itália), conforme relatado anteriormente (Sánchez-Faure *et al.*, 2020). Os minerais foram quantificados em um

espectrofotômetro ContrAA 700 High-Resolution Continuum Source (Analytik Jena AG, Jena, Alemanha) equipado com uma lâmpada de arco curto de xenônio (GLE, Berlim, Alemanha). Três determinações foram realizadas por amostra para medir os conteúdos de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), zinco (Zn), ferro (Fe) e cobre (Cu). Os resultados foram expressos em mg/100 g do produto.

4.5 Análise microbiológica

Nuggets de frango (10 g) e água peptonada tamponada estéril a 0,1% (90 mL) (Kasvi, São José dos Pinhais, Brasil) foram transferidos para um stomacher (LS Logen 1901, Logen Scientific, São Paulo, Brasil) e homogeneizados por 30 s. As diluições seriadas foram preparadas com água peptonada estéril a 0,1% (9 mL). Ágar padrão para contagem (PCA) (BD Difco, A Ponte Claix, França) foi utilizado para as contagens de microrganismos aeróbios mesófilos totais (48 h a 35 °C) e psicrófilos totais (7 dias a 4 °C). Ágar Violet Red Bile Lactose (Kasvi, São José dos Pinhais, Brasil) foi usado para enumeração de Enterobacteriaceae (24 h a 35 °C). Ágar Baird Parker (Kasvi, São José dos Pinhais, Brasil) foi usado para Staphylococcus coagulase positiva (48 h às 35 °C). Ágar batata dextrose acidificado (Himedia, Mumbai, Índia) foi usado para contar os bolores e leveduras (25 °C durante 5 dias). A presença ou ausência de Salmonella spp. em 25 g da amostra também foi analisado. As análises microbiológicas foram realizadas em duplicata durante o período de armazenamento, e as contagens microbianas foram convertidas em logaritmos de unidades formadoras de colônias por grama (log UFC/g).

4.6 Análise estatística

Análise de variância bidirecional (ANOVA) foi realizado com software SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) para analisar os efeitos da adição das diferentes porcentagens de farinha de grilo como substituto de carne de frango e o período de armazenamento nas propriedades tecnológicas, nutricionais e microbiológicas dos nuggets de frango. O delineamento inteiramente casualizado incluiu grupos de tratamento (CRF0, CRF2.5, CRF5.0 e CRF7.5) e períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias) como efeitos fixos e duas repetições como efeito aleatório. As médias foram comparadas pelo teste HSD de Tukey, e as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$. O efeito da adição de farinha de grilo nas propriedades tecnológicas e nutricionais dos nuggets de frango foi analisado estatisticamente usando a Análise de Componentes Principais (PCA) realizada com o OriginPro, Versão 2024 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA).

5 RESULTADOS

Como resultado da presente dissertação foram produzidos um (1) manuscrito que está em processo de publicação, com título “Chicken nuggets with cricket (*Acheta domestica*) flour as a meat replacer” no periódico Journal of Food Science and Technology.

5.1

Manuscrito: Chicken nuggets with cricket (*Acheta domesticus*) flour as a meat replacer

Chicken nuggets with cricket (*Acheta domesticus*) flour as a meat replacer

Juliana Sant'Ana Falcão LEITE¹, Rafael Sepúlveda Fonsêca Trevisan PASSOS^{1,2}, Camila Cristina Avelar DE SOUSA^{1,2}, Thiago da Matta Pires CRUZ¹, Brenno Guimarães BARRETO¹, Adriel da Silva LUZ¹, Maurício Costa Alves DA SILVA¹, Ana Maria HERRERO², Claudia RUIZ-CAPILLAS², Carlos Pasqualin CAVALHEIRO^{1,2*}

¹ Laboratório de Indústria e Inspeção de Carnes e Derivados, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, 40170-115 Salvador, Brazil

² INDMEAT Group, Department of Meat and Fish Products, Institute of Food Science, Technology and Nutrition (ICTAN-CSIC), 28040 Madrid, Spain

<i>Periódico a ser submetido (1ª submissão):</i>	<i>Journal of Food Science and Technology - ISSN:0022-1155</i>
<i>Maior percentil (Scopus):</i>	<i>85%</i>
<i>Periódico a ser submetido (2ª submissão):</i>	<i>Food Science and Nutrition – ISSN: 2048-7177</i>
<i>Maior percentil (Scopus):</i>	<i>84%</i>

RESUMO

Este estudo examinou a incorporação de farinha de grilo (*Acheta domesticus*) a 0% (CRF0), 2,5% (CRF2,5), 5,0% (CRF5,0) e 7,5% (CRF7,5) como substituto da carne de frango em nuggets de frango e seu efeito nas propriedades tecnológicas, físico-químicas e microbiológicas durante o armazenamento congelado. A adição de farinha de grilo aumentou significativamente os valores de pick-up ($p < 0,05$), levando a um maior teor de proteína em CRF7,5 (17,35 g/100 g) em comparação com CRF0 (14,20 g/100 g) ($p < 0,05$). Além disso, os parâmetros de pH e cor foram influenciados pela inclusão de farinha de grilo. Em comparação com CRF0, os

nuggets de frango com farinha de grilo ficaram mais dourados. Não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros de textura ($p > 0,05$). A análise microbiológica revelou que a farinha de grilo não impactou negativamente a viabilidade do produto final. Este estudo demonstrou que substituir até 7,5% de carne de frango por farinha de grilo em nuggets congelados é viável.

Palavras-chaves: Insetos comestíveis; Novos alimentos; Produtos cárneos; Produtos reformulados; Proteína.

***Corresponding author:** *Dr. Carlos Pasqualin Cavalheiro (Laboratório de Indústria e Inspeção de Carnes e Derivados, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, Salvador 40170-115, Salvador, Brazil. +55 71 99990-8383. E-mail: carlos.cavalheiro@ufba.br*

INTRODUÇÃO

A carne é uma fonte crucial de nutrientes consumida globalmente, e a demanda por proteína animal está aumentando. As projeções estimam um aumento na produção anual de carne de 200 milhões de toneladas anualmente até 2050 (Alexandratos e Bruinsma 2012). A carne de frango é a mais consumida no mundo e foi a mais produzida em 2021, com um total de 357 milhões de toneladas, e os Estados Unidos, China e Brasil foram responsáveis por 40% da produção global (FAO 2023). No entanto, as ramificações ambientais associadas à produção de carne são dignas de nota e incluem a emissão de gases de efeito estufa e o aumento da pressão sobre recursos naturais, como água e terra (Grossi et al. 2018).

Nesse contexto, fontes alternativas e mais sustentáveis de proteína animal ganharam destaque, e o consumo de insetos comestíveis surgiu como uma opção intrigante. Os insetos comestíveis são considerados ecologicamente corretos porque requerem menos água e terra e produzem menos gases de efeito estufa. Além disso, insetos comestíveis ostentam características nutricionais significativas, incluindo proteína de alta qualidade, minerais, vitaminas, ácidos graxos essenciais e composição de aminoácidos (Rumpold e Schlüter 2013). Embora a entomofagia seja uma prática bem estabelecida em muitos continentes, particularmente nas regiões africanas e asiáticas, sua aceitação está aumentando gradualmente nos países ocidentais. No entanto, as preocupações persistem sobre o consumo de insetos, especialmente em sua forma natural. Portanto, insetos comestíveis em formas menos reconhecíveis, como farinha, podem aumentar a aceitação do consumidor de alimentos à base de insetos (van Huis e Rumpold 2023). Além disso, incorporar farinha de inseto comestível em alimentos familiares, como produtos de carne, apresenta outra via para aumentar o consumo.

Vários estudos exploraram a incorporação de insetos comestíveis, como grilo (*Acheta domesticus*), larva de besouro (*Alphitobius diaperinus*), larvas de *Tenebrio molitor* em produtos alimentícios (Gumul et al. 2023). O grilo (*A. domesticus*) surgiu como uma alternativa promissora para a reformulação de produtos cárneos devido ao seu alto teor de proteína (72%) e gordura, minerais e aminoácidos substanciais. Além disso, o grilo pode melhorar as propriedades tecnológicas e nutricionais dos produtos cárneos (Cavalheiro et al. 2023; Cavalheiro et al. 2024). Recentemente, a Comissão Europeia autorizou a comercialização de formas congeladas, secas e em pó de *A. domesticus* como um novo alimento (União Europeia 2022).

Até onde sabemos, nenhum estudo investigou a incorporação de insetos comestíveis, particularmente farinha de grilo, como um substituto da carne em alimentos empanados, como nuggets de frango. Notavelmente, esses tipos de produtos cárneos oferecem uma solução de

refeição econômica, rápida e convencional (Gilbert e Khokhar 2008; Varela-Moreiras et al. 2010), caracterizada por atributos sensoriais agradáveis, incluindo uma camada externa crocante e um interior macio, úmido e suculento (Tamsen et al. 2018). Portanto, o objetivo do presente estudo foi examinar o efeito da substituição da carne de frango por farinha de grilo em várias proporções (0%, 2,5%, 5,0% e 7,5%) nos parâmetros tecnológicos, nutricionais e microbiológicos de nuggets de frango reformulados.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias-primas

A farinha de grilo foi comprada no mercado do Reino Unido (Derby, Reino Unido). De acordo com o produtor, ela passou por um processo de secagem por micro-ondas e moagem (120–250 μm). A composição nutricional, o pH e os parâmetros de cor da farinha de grilo foram relatados anteriormente por Cavalheiro et al. O peito de frango (umidade: 72 g/100 g, proteína: 19 g/100 g, gordura: 3,3 g/100 g e cinzas: 1,5 g/100 g), óleo de canola (Liza, Uberlândia, Brasil), proteína de soja (proteína: 50 g/100 g) (Camil, São Paulo, Brasil), cloreto de sódio (Sal Lebre, Areia Branca, Brasil), vinagre branco (Minhoto, Paulista, Brasil), alho em pó (BR Spices, Jandira, Brasil), cebola em pó (BR Spices, Jandira, Brasil), goma xantana (Exôdo Científica, Sumaré, Brasil), glutamato monossódico (Ajinomoto, São Paulo, Brasil), farinha de trigo (Brandini, Alagoas, Brasil), massa de ovo integral e uma mistura de farinha de milho (Yoki, Cambara, Brasil) e farinha de rosca (Yoki, Cambara, Brasil) foram adquiridos em um mercado local em Salvador, Brasil.

Fabricação de nuggets de frango

Quatro formulações de nuggets de frango foram produzidas dentro de uma planta piloto (em duplicata) e replicadas ao longo de dois dias. As formulações ótimas foram baseadas em testes anteriores conduzidos em laboratório, considerando as condições de processamento e produção, garantindo uma mistura completa de todos os ingredientes e alcançando uma formação final adequada dos nuggets de frango. O primeiro tratamento, denominado CRF0 (nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto de carne), consistiu em 64,60 g/100 g de carne de frango, 21,53 g/100 g de óleo de canola, 8,61 g/100 g de água fria/gelo, 2,59 g/100 g de proteína de soja, 1,72 g/100 g de cloreto de sódio, 0,27 g/100 g de vinagre branco, 0,17 g/100 g de alho em pó, 0,17 g/100 g de cebola em pó, 0,17 g/100 g de goma xantana e 0,17 g/100 g de glutamato monossódico. As outras três formulações foram produzidas incorporando 2,5% (CRF2,5), 5,0% (CRF5,0) e 7,5% (CRF7,5) de farinha de grilo, que

substituiu uma quantidade equivalente de carne de frango em cada formulação respectiva. Primeiro, a carne de peito de frango congelada foi descongelada a 3 ± 1 °C por 18 h e cortada manualmente em pedaços de 2×2 cm. Em seguida, a carne de peito de frango crua e os ingredientes não cárneos, adicionados em diferentes pontos de tempo, foram homogeneizados por 5 minutos em um processador de alimentos (RI7630, Phillips Walita, São Paulo, Brasil) para obter uma mistura homogênea, e a temperatura final foi < 12 °C em todos os casos. A pasta de frango resultante foi congelada por 24 h a -18 °C, cortada em formato de nuggets ($2 \times 2 \times 1,5$ cm) (12 g) e armazenada a -18 °C por mais 60 min. Os nuggets de frango foram revestidos com farinha de trigo como pré-polvilha e colocados em camadas com uma massa de ovo integral, e uma mistura de farinha de milho e farinha de rosca foi usada como empanamento. Finalmente, os nuggets de frango foram pré-fritos em um forno de fritura a ar (Philips Walita, São Paulo, Brasil) a 180 °C por 30 s, embalados em sacos plásticos de polietileno e armazenados a -18 °C por 120 dias para análise.

Análises de estabilidade de emulsão, pick-up e perda por cozimento

A estabilidade da emulsão foi determinada em pasta de nuggets de frango, conforme relatado por Tamsen et al. (2018). Pasta de frango crua ($5 \pm 0,1$ g) foi colocada em tubos de falcão pré-pesados, e o peso inicial foi medido. Os falcões com as amostras foram aquecidos em banho-maria (BM02 – Kacil Indústria e Comércio Ltda., Recife, Brasil) a 80 °C por 30 min. Após esse tempo, a pasta de frango cozida foi resfriada, e a água e a gordura liberadas foram drenadas e pesadas novamente. Este procedimento foi realizado em triplicata para cada tratamento, e a porcentagem de estabilidade da emulsão foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Estabilidade de emulsão (\%)} = 1 - \left(\frac{\text{Pasta de frango crua} - \text{Pasta de frango cozida}}{\text{Pasta de frango crua}} \right) \times 100$$

A porcentagem de ganho de peso (pick-up) foi determinada em nuggets de frango (cinco amostras por tratamento), que foram pesados antes e depois do processo de revestimento, e a porcentagem de ganho de peso foi calculada da seguinte forma:

$$\text{Pick - up (\%)} = \frac{(\text{Nuggets com empanamento} - \text{Nuggets sem empanamento})}{\text{Nuggets com empanamento}} \times 100$$

Para avaliar a perda de cozimento, os nuggets de frango (cinco amostras por tratamento) foram pesados e fritos por 8 min em um forno de fritura a ar (Philips Walita, São Paulo, Brasil) a 180

°C. As amostras foram então resfriadas à temperatura ambiente (25 °C) e repesadas. A perda de cozimento foi calculada usando a seguinte fórmula (Yusop et al. 2010):

$$\text{Perda por cozimento (\%)} = \frac{(\text{Peso do nugget cru} - \text{Peso do nugget cozido})}{\text{Peso do nugget cru}} \times 100$$

Características texturais

A Análise do Perfil de Textura (TPA) foi realizada durante o período de armazenamento usando um TA. XTEExpress Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Inglaterra) conforme descrito por Moorthi et al. (2022), com pequenas modificações. Oito nuggets de frango cozidos por tratamento foram comprimidos no centro duas vezes com 50% de deformação usando uma sonda cilíndrica de alumínio de 5,08 cm (diâmetro) × 20 mm (altura) (SMS P/0–5). As velocidades de pré-teste, teste e pós-teste foram definidas em 1,00 mm/s, 3,00 mm/s e 10,0 mm/s. Dureza (N), elasticidade (mm), mastigabilidade (N × mm) e coesividade foram determinadas.

Características de cor instrumental

A cor instrumental (CIELAB, luminosidade, L^* ; vermelhidão, a^* ; amarelo, b^*) dos nuggets de frango foi medida durante o período de armazenamento usando um Chroma Meter CR-5 (Konica Minolta Business Technologies Inc., Tóquio, Japão) com uma fonte de luz D-65, um observador padrão de 10° e uma abertura de 3 mm na cabeça de medição (AMSA, 2012). Seis determinações para cada tratamento foram realizadas. Medições de cor instrumental foram realizadas nas superfícies de nuggets de frango descongelados. A diferença total de cor (ΔE) de cada amostra foi calculada com o nugget de controle de respeito (CRF0) usando a equação:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

Análises físico-químicas

O pH foi determinado utilizando um pHmetro (mPA-210; Tecnoyon, São Paulo, Brasil) previamente calibrado com tampões padrões (pH = 4,00; pH = 7,00 a 25 °C) em 10 g de amostras de nuggets de frango descongelados e homogeneizados em 90 mL de água destilada. A análise foi realizada em quintuplicata durante o período de armazenamento.

A análise da composição centesimal foi realizada em triplicata, e os teores de umidade, proteína, gordura e cinzas foram determinados de acordo com metodologias descritas anteriormente (AOAC 2005).

Para a determinação do teor de minerais, as amostras liofilizadas (Liofilizador LV2000 – Terroni, São Carlos, Brasil) foram preparadas por digestão ácida com ácido nítrico em um sistema de digestão por micro-ondas (ETHOS 1, Milestone. Srl, Sorisole, Itália), conforme relatado anteriormente (Sánchez-Faure et al. 2020). Os minerais foram quantificados em um espectrofotômetro ContrAA 700 High-Resolution Continuum Source (Analytik Jena AG, Jena, Alemanha) equipado com uma lâmpada de arco curto de xenônio (GLE, Berlim, Alemanha). Três determinações foram realizadas por amostra para medir os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), zinco (Zn), ferro (Fe) e cobre (Cu). Os resultados foram expressos em mg/100 g do produto.

Análises microbiológicas

Nuggets de frango previamente descongelados (10 g) e uma água peptonada tamponada estéril a 0,1% (90 mL) (Kasvi, São José dos Pinhais, Brasil) foram transferidos para um stomacher (LS Logen 1901, Logen Scientific, São Paulo, Brasil) e misturados por 30 s. Diluições seriadas foram preparadas usando água peptonada estéril a 0,1% (9 mL). O ágar de contagem de placas (BD Difco, Le Pont de Claix, França) foi usado para as contagens aeróbicas mesófilas totais (48 h a 35 °C) e as contagens aeróbicas psicrófilas totais (7 dias a 4 °C). O ágar de bile vermelho violeta (Kasvi, São José dos Pinhais, Brasil) foi usado para enumeração de Enterobacteriaceae (24 h a 35 °C). O ágar Baird Parker (Kasvi, São José dos Pinhais, Brasil) foi usado para estafilococos coagulase-positivos (48 h a 35 °C). O ágar batata dextrose acidificada (Himedia, Mumbai, Índia) foi usado para contagem de fungos e leveduras (25 °C por 5 dias). A presença ou ausência de *Salmonella* spp. em 25 g da amostra também foi analisada. As análises microbiológicas foram realizadas em duplicata no dia seguinte ao processamento, e as contagens microbianas foram convertidas em logaritmos de unidades formadoras de colônias por grama (log UFC/g).

Análise estatística

A análise de variância bidirecional (ANOVA) foi realizada com o software SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) para analisar os efeitos da adição de diferentes porcentagens de farinha de grilo como substituto de carne e armazenamento nas propriedades tecnológicas, nutricionais e microbiológicas dos nuggets de frango. O delineamento inteiramente casualizado incluiu grupos de tratamento (CRF0, CRF2.5, CRF5.0 e CRF7.5) e períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias) como efeitos fixos e duas repetições como efeito aleatório. As médias foram comparadas usando o teste HSD de Tukey, e as diferenças foram consideradas

significativas quando $p < 0,05$. O efeito da adição de farinha de grilo nas propriedades tecnológicas e nutricionais dos nuggets de frango foi analisado estatisticamente usando a Análise de Componentes Principais (PCA) realizada com OriginPro, Versão 2024 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabilidade da emulsão, pick-up e perda por cozimento

A estabilidade da emulsão de nuggets de frango com diferentes porcentagens de farinha de grilo é apresentada na Tabela 1. Os resultados não mostraram diferenças ($p > 0,05$) entre CRF0, CRF2.5 e CRF5.0, que variaram de 91,93% a 93,37%. No entanto, a estabilidade da emulsão de CRF7.5 foi significativamente menor (85,03%) ($p < 0,05$), o que também se refletiu na maior perda por cozimento deste tratamento (Tabela 1). A proteína na farinha de grilo foi desnaturada durante a secagem por micro-ondas, resultando em uma menor capacidade emulsificante do que a proteína de frango (Choi et al. 2017). Conseqüentemente, concentrações mais altas de farinha de grilo reduziram a estabilidade da emulsão de nuggets de frango. No entanto, a estabilidade da emulsão observada no tratamento CRF7.5 foi semelhante a outros nuggets de frango, variando de 86,10% a 98,20% (Kaur et al. 2015).

Os valores médios de pick-up diferiram ($p < 0,05$) entre os nuggets sem e com adição de farinha de grilo (Tabela 1). O tratamento CRF0 apresentou menor valor ($p < 0,05$) para pick-up (18,90%), enquanto CRF2,5, CRF5,0 e CRF7,5 apresentaram resultados maiores, que variaram de 21,96% a 23,15% ($p > 0,05$). Segundo Da Silva et al. (2021), diferentes valores de pick-up são geralmente explicados por diferenças na granulometria de cada farinha utilizada no revestimento. No entanto, a mesma mistura de farinha (milho e farinha de rosca) foi utilizada em todos os tratamentos de nuggets de frango neste estudo. Então, a adição de maiores concentrações de farinha de grilo poderia melhorar o pick-up dos nuggets de frango.

A perda por cozimento é um parâmetro crucial relacionado aos nuggets de frango durante o cozimento. De acordo com a Tabela 1, a perda por cozimento foi menor ($p < 0,05$) no CRF0 (7,43%), enquanto variou entre 10,52% e 16,41% nos tratamentos com farinha de grilo com uma diferença significativa no CRF2,5 em comparação com os tratamentos CRF5,0 e CRF7,5 ($p < 0,05$). A perda por cozimento foi ligeiramente relacionada aos valores de estabilidade da emulsão, onde o CRF7,5 apresentou o menor valor ($p < 0,05$). Inversamente, outros estudos relataram que a adição de insetos comestíveis poderia reduzir a perda por cozimento de produtos cárneos, provavelmente devido ao teor de umidade reduzido nesses produtos (Cavalheiro et al. 2023). Poucos estudos foram conduzidos envolvendo o impacto da

adição de farinha de inseto como substituto da carne de frango em produtos cárneos, e o efeito dessa substituição na perda por cozimento de produtos cárneos de frango deve ser avaliado mais detalhadamente. Entretanto, os valores de perdas por cozimento foram considerados aceitáveis quando comparados aos de outros estudos, que relataram valores de perdas por cozimento variando de 10,84 a 16,71% em nuggets de frango (Zaini et al. 2021).

Características de textura

No início do armazenamento (dia 0), a adição de farinha de grilo não promoveu diferenças entre os tratamentos nos parâmetros analisados (Tabela 1). Além disso, os valores de TPA não mudaram entre os tratamentos ou o período de armazenamento (dados não mostrados). Nossos resultados podem indicar que o material de revestimento influenciou mais o TPA dos nuggets de frango do que os procedimentos de reformulação, que foi o mesmo em todos os tratamentos analisados.

Características da cor

Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) dos nuggets de frango são apresentados na Tabela 2, indicando alterações significativas ($p < 0,05$) com a incorporação de farinha de grilo durante o período de armazenamento. Todos os parâmetros de cor diminuíram com o aumento dos níveis de farinha de grilo adicionada. No início do período de armazenamento (dia 0), diferenças nos valores de L^* foram encontradas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Os tratamentos CRF0 e CRF2.5 apresentaram os maiores valores de L^* (76,17 e 74,47, respectivamente), enquanto o CRF7.5 apresentou os menores ($p < 0,05$) (61,93). No dia 30, foi observada uma diminuição ($p < 0,05$) nos valores de L^* de CRF0 e CRF2.5, enquanto os valores de L^* de CRF5.0 e CRF7.5 foram semelhantes ($p > 0,05$) aos do dia 0. A partir do dia 60, os valores de L^* não apresentaram alterações significativas ($p > 0,05$) para CRF0 e CRF5.0, enquanto CRF2.5 apresentou um aumento ($p < 0,05$) e CRF7.5 uma diminuição ($p < 0,05$) neste parâmetro. No dia 120, os valores de L^* foram maiores no tratamento CRF0 do que nos outros tratamentos ($p < 0,05$). Além disso, não foram observadas diferenças nos valores de L^* entre os tratamentos CRF2.5 e CRF5.0 no final do armazenamento ($p > 0,05$). Durante o período de armazenamento, o CRF0 permaneceu como o tratamento com os maiores valores de L^* ($p < 0,05$), enquanto o CRF7,5 apresentou os menores valores ($p < 0,05$), enfatizando as alterações induzidas pela adição de farinha de grilo. Os baixos valores de L^* nos nuggets de frango com farinha de grilo como substituto de carne são devidos aos menores valores de L^* da farinha de grilo (66,79) em comparação aos da carne de frango. Além disso, a coloração amarronzada da farinha de grilo também foi observada nos

nuggets de frango com maiores teores de farinha de grilo. Outros estudos também relataram esse efeito em produtos cárneos (Cavalheiro et al. 2023; Martins et al. 2024). Esse fato também é importante porque a coloração amarronzada reduz a aceitação dos produtos cárneos, o que também foi relatado por Cavalheiro et al. (2023) em salsichas com adição de 5,0% e 7,5% de farinha de grilo.

Os valores de a^* dos nuggets de frango no dia 0 variaram de 6,82 a 3,51, sendo que o tratamento CRF0 apresentou o maior valor e o CRF5.0 o menor ($p < 0,05$) (Tabela 2). No dia 30, em comparação com os demais tratamentos, o tratamento CRF0 apresentou o maior valor de a^* (5,83) ($p < 0,05$). Do dia 60 ao 120, observou-se maior similaridade nos resultados entre os tratamentos com farinha de grilo e CRF0, não havendo diferenças significativas ($p > 0,05$) observadas no dia 120 entre todos os tratamentos, variando de 3,15 a 3,37. Ao final do período de armazenamento (dia 120), os valores de a^* diminuíram em todos os tratamentos, em comparação aos do dia 0, exceto para o CRF5.0, que apresentou resultado semelhante aos do início do armazenamento. Uma diminuição nos valores de a^* também foi relatada em outros estudos envolvendo a adição de insetos comestíveis em produtos cárneos (Cavalheiro et al. 2023; Cavalheiro et al. 2024; Martins et al. 2024; Rochetti et al. 2024).

Nos dias 0 e 30, CRF0 teve maiores ($p < 0,05$) valores de b^* (22,46 e 23,85, respectivamente) do que os outros tratamentos, que variaram de 18,24 a 19,18 no dia 0 e 13,83 a 18,09 no dia 30. Dos dias 60 a 120, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre CRF0, CRF2.5 e CRF5.0. Além disso, CRF7.5 teve os menores ($p < 0,05$) valores de b^* no período de armazenamento posterior. Não houve diferenças significativas nos valores de b^* durante todo o período de armazenamento para os tratamentos CRF0, CRF2.5 e CRF5.0 ($p > 0,05$). Entretanto, os valores de b^* diminuíram ($p < 0,05$) no tratamento CRF7.5 entre os dias 0 e 30, mas permaneceram estáveis até o dia 120 ($p > 0,05$). No dia 0, os valores de ΔE variaram de 5,15 a 14,98, com CRF2.5 apresentando o menor valor ($p < 0,05$) e CRF5.0 e CRF7.5 os maiores. Do dia 30 ao 120, o tratamento CRF7.5 apresentou valores maiores em comparação aos outros tratamentos com adição de farinha de grilo. Ao final do período de armazenamento (dia 120), CRF2.5 e CRF5.0 obtiveram resultados semelhantes ao dia 0 ($p > 0,05$); enquanto isso, CRF7.5 apresentou aumento ($p < 0,05$). Segundo Fernández-López et al. (2019) as mudanças de cor são aparentes para os consumidores quando os valores de ΔE são maiores que 3. Em nosso estudo, a adição de farinha de grilo causou mudanças de cor perceptivas nos nuggets de frango com a adição de farinha de grilo em todos os tempos de armazenamento. Também foi observado que o tratamento CRF7.5 teve um impacto maior na cor.

Análises físico-químicas

O pH dos nuggets de frango variou durante o período de armazenamento ($p < 0,05$), conforme mostrado na Figura 1. Os valores iniciais de pH estavam entre 5,85 e 5,95, e o pH do CRF0 foi menor ($p < 0,05$) do que os tratamentos com adição de farinha de grilo. Os valores iniciais de pH mais altos ($p > 0,05$) dos tratamentos com adição de farinha de grilo podem ser atribuídos ao pH da farinha de grilo, que é 6,41 e maior do que o pH da carne de frango (5,90). Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos, que relataram que produtos cárneos com adição de farinha de insetos comestíveis apresentaram valores de pH relativamente altos (Choi et al. 2017; Park et al. 2017; Martins et al. 2024). No 30º dia de armazenamento, foi observada uma diminuição ($p < 0,05$) nos valores de pH em todos os tratamentos. Isso não está relacionado à farinha de grilo e provavelmente se deve à produção de exsudato resultante do congelamento, que pode causar a desnaturação das proteínas tampão. Esse processo leva à liberação de íons de hidrogênio e à subsequente diminuição do pH (Leygonie et al. 2011). No entanto, após essa diminuição, o pH aumentou ($p < 0,05$) até o final do período de armazenamento (dia 120), quando atingiu o pH mais alto ($p < 0,05$). No entanto, no final do período de armazenamento, os tratamentos CRF5.0 e CRF7.5 apresentaram valores de pH mais altos ($p < 0,05$) (6,13 e 6,17) do que o CRF0 (6,03), mostrando que o alto pH da farinha de grilo pode impactar os valores de pH dos nuggets de frango durante o armazenamento congelado. No entanto, os valores de pH encontrados neste estudo foram semelhantes aos já relacionados para nuggets de frango e peixe (Da Silva et al. 2021; Mahmud et al. 2024).

A composição centesimal dos nuggets de frango foi afetada pela adição de farinha de grilo como substituto de carne (Tabela 3). O teor de umidade variou entre 54,18 e 57,92 g/100 g. O tratamento CRF7.5 apresentou o menor teor de umidade ($p < 0,05$). Este tratamento também apresentou alto ($p < 0,05$) teor de proteína quando comparado aos tratamentos CRF0 e CRF2.5. Além disso, não foram observadas diferenças no teor de proteína entre os tratamentos CRF5.0 e CRF7.5. De acordo com a legislação brasileira, é necessário um mínimo de 10% de proteína para nuggets de frango (Brasil 2001). Neste contexto, todos os tratamentos estavam de acordo com a legislação. A mesma tendência de redução de umidade e aumento de proteína foi observada em outros estudos incorporando insetos comestíveis em produtos cárneos (Cavalheiro et al. 2023; Park et al. 2017). O teor de gordura ficou entre 13,37 g/100 g e 15,57 g/100 g, sendo o tratamento CRF7.5 o de menor teor ($p < 0,05$) (Tabela 3). Isso pode ser devido ao menor valor de estabilidade da emulsão desse tratamento, o que significa maior liberação de gordura. A adição de farinha de grilo não alterou ($p > 0,05$) o teor de cinzas dos nuggets de frango quando comparado ao tratamento CRF0.

Em geral, a composição mineral dos nuggets de frango foi melhorada ($p < 0,05$) com a incorporação de farinha de grilo (Tabela 3). Com o aumento da adição de farinha de grilo, os teores de cálcio, potássio, magnésio, zinco e cobre foram aumentados ($p < 0,05$). O mineral mais abundante nos nuggets de frango foi o sódio, com valores entre 664,45 mg/100 g e 741,20 mg/100 g (Tabela 3). A adição de farinha de grilo não afetou o teor de sódio dos nuggets de frango ($p < 0,05$). Segundo Cavalheiro et al. (2023), o teor de sódio de produtos cárneos reformulados com adição de insetos comestíveis está mais relacionado à adição direta de cloreto de sódio (NaCl). Portanto, neste contexto, as estratégias atuais de redução de sódio devem ser aplicadas aos nuggets de frango com adição de farinha de grilo. O teor de fósforo também não foi afetado pela incorporação de farinha de grilo (Tabela 3). Em relação ao teor de cálcio, também foi observado que os tratamentos CRF5.0 e CRF7.5 apresentaram valores maiores ($p < 0,05$) do que o CRF0. Um maior teor de potássio foi detectado no CRF2.5 e CRF7.5 ($p < 0,05$). Um maior teor de ferro ($p < 0,05$) (1,45 g/100 g) foi encontrado no tratamento CRF7.5 do que no tratamento CRF0 (1,18 g/100 g). De acordo com a Tabela 3, o cobre estava ausente no tratamento CRF0, enquanto foi encontrado nos tratamentos com adição de farinha de grilo. Isso indicou que a farinha de grilo é uma fonte de cobre para nuggets de frango. Esses resultados estão alinhados com outros que relacionaram maiores teores de minerais em produtos cárneos com adição de farinha de grilo (Cavalheiro et al. 2023; Park et al. 2017).

Análises microbiológicas

As contagens totais de aeróbios mesófilos, aeróbios psicrófilos totais, Enterobacteriaceae e fungos e leveduras dos nuggets de frango no dia 0 são apresentadas na Figura 2. A incorporação de farinha de grilo não teve impacto nas contagens totais de aeróbios mesófilos, que variaram de 4,81 log UFC/g a 6,40 log UFC/g. Apesar das contagens de aeróbios mesófilos serem consideradas bastante altas mesmo no início do armazenamento congelado, os nuggets de frango são consumidos cozidos, reduzindo significativamente a microbiota. Para bactérias aeróbicas psicrófilas totais, as contagens variaram de 4,32 a 5,26 log UFC/g, com os tratamentos contendo farinha de grilo tendo as contagens mais baixas e a amostra CRF0 tendo as mais altas ($p < 0,05$). Em relação ao grupo Enterobacteriaceae, os tratamentos CRF2.5 e CRF5.0 apresentaram contagens menores (3,37 e 3,13 log UFC/g) ($p < 0,05$) do que o CRF0 (4,69 log UFC/g). As contagens de fungos e leveduras para nuggets de frango variaram de 2,80 a 3,34 log UFC/g sem diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Durante o período de armazenamento, não foram observados aumentos significativos nas contagens de microrganismos, corroborando que não houve crescimento bacteriano significativo em

temperaturas de congelamento (dados não mostrados). *Salmonella* spp. e estafilococos coagulase-positivos não foram detectados durante o armazenamento, indicando boas condições de higiene e sanitárias durante a produção e armazenamento dos nuggets de frango. Microbiologicamente, a adição de farinha de grilo não impactou negativamente a vida útil dos nuggets de frango.

Análise de Componentes Principais

A Figura 3 é uma representação gráfica do grau de correlação entre os tratamentos com nuggets de frango e as propriedades tecnológicas e físico-químicas no início do período de armazenamento (dia 0). Esse tratamento multivariado dos resultados da amostra de nuggets de frango nos permitiu reduzir as variáveis a dois componentes principais que explicaram 87,71% da variabilidade total. O primeiro componente (PC1) explicou 62,54% e o segundo (PC2) 25,17%. A figura mostra que o CRF0 foi mais intimamente associado aos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*), mastigabilidade e gordura. Isso é consistente com os resultados nas Tabelas 1, 2 e 3, onde o CRF0 teve os maiores valores para esses parâmetros. Quanto ao CRF2.5, ele foi fortemente correlacionado com umidade, estabilidade da emulsão e elasticidade. Essas correlações estão relacionadas aos resultados das Tabelas 1 e 3. O CRF5.0 foi mais associado à coesividade, pick-up, perda por cozimento, pH, potássio, sódio, magnésio, cálcio, cobre, zinco e ferro, o que pode ser observado nas Tabelas 1 e 3 e na Fig. 1. Por fim, o tratamento CRF7.5 correlacionou-se com proteína, cinzas e dureza, conforme mostrado nas Tabelas 1 e 3. Esses resultados indicam a influência da adição de farinha de grilo nesses parâmetros.

CONCLUSÃO

Neste estudo, investigamos a incorporação de diferentes níveis de farinha de grilo como substituto de carne em nuggets de frango. A incorporação de farinha de grilo levou a uma menor estabilidade da emulsão em CRF7.5 em comparação com outros tratamentos, um aumento significativo nos valores de pick-up e um aumento na perda de cozimento. Os parâmetros de textura permaneceram inalterados pela adição de farinha de grilo. Em relação aos parâmetros de cor, os nuggets de frango com adição de farinha de grilo foram considerados mais dourados em comparação com o tratamento CRF0, e o tratamento CRF7.5 exibiu o maior impacto neste parâmetro. Níveis mais altos de farinha de grilo aumentaram o teor de proteína e diminuíram o teor de gordura. A adição de farinha de grilo melhorou o teor mineral dos nuggets de frango para cálcio, magnésio, potássio e zinco, sem aumento no teor de sódio. Os parâmetros microbiológicos não impactaram negativamente a viabilidade do produto. Este estudo

demonstrou que a substituição da carne de frango por concentrações de farinha de grilo de até 7,5% (CRF7.5) em nuggets mantidos em armazenamento congelado é interessante e viável. Entretanto, estudos adicionais devem ser realizados sobre a oxidação lipídica desses produtos e para avaliar a aceitação do consumidor de nuggets de frango com adição de farinha de grilo.

REFERÊNCIA

- Alexandratos N, Bruinsma J (2012) World agriculture towards 2030/50: The 2012 revision. ESA working paper No. 12–03. Rome, Italy: FAO. <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-background-documents/wsfs-expert-papers/en/>. Accessed 15 January 2024
- AMSA (2012) Meat color measurement guidelines. American Meat Science Association.
- AOAC (2005) Official methods of analysis (18th ed.). Association of Official Analytical Chemistry
- Brasil – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2001) Instrução Normativa n. 06, de 15 de fevereiro de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Empanados. Accessed 16 February 2024
- Cavalheiro CP, Ruiz-Capillas C, Herrero AM, Pintado T, Cruz TMP, Silva MCA (2023) Cricket (*Acheta domestica*) flour as meat replacer in frankfurters: Nutritional, technological, structural, and sensory characteristics. *Innov Food Sci Emerg Technol* 83:103245. doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103245
- Cavalheiro CP, Ruiz-Capillas C, Herrero AM, Pintado T, Sousa CCA, Leite JSF, Silva MCA (2024) Potential of Cricket (*Acheta domestica*) Flour as a Lean Meat Replacer in the Development of Beef Patties. *Foods* 13(2):286. doi.org/10.3390/foods13020286
- Choi YS, Kim TK, Choi HD, Park JD, Sung JM, Jeon KH, Paik HD, Kim YB (2017) Optimization of replacing pork meat with yellow worm (*Tenebrio molitor* L.) for frankfurters. *Korean J Food Sci Anim Resour* 37(5):617–625. doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.5.617
- Da Silva MCA, Leite JSF, Barreto BG, Neves MVA, Silva AS, Viveiros KM, Passos RSFT, Costa NP, Silva RV, Cavalheiro CP (2021) The impact of innovative gluten-free coatings on the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics of fish nuggets. *LWT Food Sci Technol* 137:110409. doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110409

- European Union (2022) Regulation (EU) no. 188/2022 – Commission Implementing Regulation (EU) 2022/188 of 10 February 2022 authorizing the placing on the market of frozen, dried and powder forms of *Acheta domestica* as a novel food. Official Journal of the European Union, 30:108–114
- FAO (2023) World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023
- Fernández-López J, Lucas-González R, Viuda-Martos M, Sayas-Barberá E, Navarro C, Haros CM, Pérez-Alvaréz JA (2019) Chia (*Salvia hispanica* L.) products as ingredients for reformulating frankfurters: Effects on quality properties and shelf-life. *Meat Sci* 156:139–145. doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.028
- Gilbert PA, Khokhar S (2008) Changing dietary habits of ethnic groups in Europe and implications for health. *Nutr Rev* 66(4):203–215. doi.org/10.1111/j.1753-4887.2008.00025.x
- Grossi G, Goglio P, Vitali A, Williams AG (2018) Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Anim Front* 9(1):69–76. doi.org/10.1093/af/vfy034
- Gumul D, Oracz J, Kowalski S, Mikulec A, Skotnicka M, Karwowska K, Areczuk A (2023) Bioactive Compounds and Antioxidant Composition of Nut Bars with Addition of Various Edible Insect Flours. *Molecules* 28(8):3556. doi.org/10.3390/molecules28083556
- Kaur S, Kumar S, Bhat ZF (2015) Utilization of pomegranate seed powder and tomato powder in the development of fiber-enriched chicken nuggets. *Nutr Food Sci* 45(5):793–807. doi.org/10.1108/NFS-05-2015-0066
- Leygonie C, Britz TJ, Hoffman LC (2011) Oxidative stability of previously frozen ostrich *Muscularis iliofibularis* packaged under different modified atmospheric conditions. *Int J Food Sci Technol* 46(6):1171–1178. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02603.x
- Mahmud N, Islam J, Tahergorabi R (2024) Utilizing foam-structured hydroxypropyl methylcellulose oleogels with curcumin for deep-fried chicken nuggets in carnauba wax-canola oil oleogel. *J Agr Food Res* 18:101364. doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101364
- Martins VMG, Milano P, Pollonio MAR, dos Santos M, de Oliveira AP, Savay-da-Silva LK, Câmara AKFI, Paglarini CS (2024) Adding cricket (*Gryllus assimilis*) flour in hybrid

beef patties: physicochemical, technological and sensory challenges. *Int J Food Sci Technol* 59:450–459. doi.org/10.1111/ijfs.16826

Moorthi P, Abu Bakar CA, Ismail-Fitry MR, Ismail I (2022) Physicochemical and Sensory Characteristics of Meatless Nuggets of Boiled Chickpea and in Combination with Oyster Mushroom. *Malays Appl Biol* 51(6):17–25. doi.org/10.55230/mabjournal.v51i6.2325

Park YS, Choi YS, Hwang KE, Kim TK, Lee CW, Shin DM, Han SG (2017) Physicochemical Properties of Meat Batter Added with Edible Silkworm Pupae (*Bombyx mori*) and Transglutaminase. *Korean J Food Sci Anim Resour* 37(3):351–359. doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.351

Rochetti G, Leni G, Rebecchi A, Dordoni R, Guiberti G, Lucini L (2024) The distinctive effect of different insect powders as meat extenders in beef burgers subjected to cooking and *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chem* 442:138422. doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138422

Rumpold BA, Schlüter OK (2013) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov Food Sci Emerg Technol* 17:1–11. doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005

Tamsen M, Shekarchizadeh H, Soltanizadeh N (2018) Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT Food Sci Technol* 91:580–587. doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.001

van Huis A, Rumpold B (2023) Strategies to convince consumers to eat insects? A review. *Food Qual Prefer* 110:104927. doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104927

Varela-Moreiras G, Ávila JM, Cuadrado C, del Pozo S, Ruiz E, Moreiras O (2010) Evaluation of food consumption and dietary patterns in Spain by the food consumption survey: Updated information. *Eur J Clin Nutr* 64:S37–S43. doi.org/10.1038/ejcn.2010.208

Yusop SM, O’Sullivan MG, Kerry JF, Kerry JP (2010) Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat Sci* 85(4):657–633. doi.org/10.1080/00071668.2021.1963674

Zaini HBM, Mantihal S, Fiona Wen Yah N, Pindi W (2021) The incorporation of green peas as the source of dietary fiber in developing functional chicken nuggets. *J Food Process Preserv* 45(5): e15412. doi.org/10.1111/jfpp.15412

Contribuições do autor

Juliana Sant’Ana Falcão Leite: Conceitualização, Análise formal, Metodologia, Recursos, Investigação, Validação, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição, Visualização. **Rafael Sepúlveda Fonsêca Trevisan Passos:** Recursos, Investigação. **Camila Cristina Avelar de Sousa:** Recursos, Investigação. **Thiago da Matta Pires Cruz:** Recursos, Investigação. **Brenno Guimarães Barreto:** Recursos, Investigação. **Adriel da Silva Luz:** Recursos, Investigação. **Maurício Costa Alves da Silva:** Conceitualização. **Ana Maria Herrero:** Conceitualização, Captação de recursos, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição. **Claudia Ruiz-Capillas:** Conceitualização, Captação de recursos, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição. **Carlos Pasqualin Cavalheiro:** Conceitualização, Obtenção de financiamento, Investigação, Metodologia, Administração do projeto, Supervisão, Visualização, Redação - rascunho original, Redação - revisão e edição.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Thadeu Mariniello Silva, Leonardo Fonseca Maciel, Gisele Rocha dos Santos e Davino Alves dos Santos Neto pela assistência técnica. Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) – N° BOL1988/2022, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES); Programa CAPES-PrInt-UFBA, MCTIC/CNPq (bolsa número 406734/2022-4; Cadeia Produtiva da Carne INCT – Cadeia Produtiva da Carne), Projeto PID2019 – 107542RB-C21 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, os intramurais CSIC (202370E138 e 202370E140)

6 CONCLUSÃO GERAL

A entomofagia e a utilização da farinha de grilo representam uma inovação promissora no âmbito da alimentação mais sustentável. A substituição parcial da carne de frango por farinha de grilo em nuggets permite o desenvolvimento de um novo produto cárneo, que apresenta benefícios significativos tanto nutricionais quanto ambientais. A farinha de grilo, rica em proteínas, minerais como cálcio, magnésio e zinco, além de outros nutrientes essenciais, contribui para um perfil nutricional superior, reduzindo o teor de gordura do produto. Apesar de alterações na cor, que conferem um tom mais amarronzado, e pequenas mudanças como a maior perda por cozimento, os parâmetros de textura e microbiologia permanecem estáveis, garantindo a viabilidade de armazenamento. No entanto, é necessário realizar estudos adicionais sobre a oxidação lipídica desses produtos, bem como avaliar a aceitação dos consumidores em relação aos nuggets de frango com adição de farinha de grilo. O uso da farinha de grilo reforça a sustentabilidade do produto, alinhando-se à tendência de consumo mais consciente e ambientalmente responsável. Essa inovação não apenas melhora a qualidade dos nuggets, mas também impulsiona a adoção de práticas alimentares mais saudáveis e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABRIL, S.; PINZÓN, M.; HERNANDEZ-CARRIÓN, M.; SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P. Edible Insects in Latin America: A Sustainable Alternative for Our Food Security. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 2022.

ADÁMEK, M., ADÁMKOVÁ, A., MLČEK, J., BORKOVCOVÁ, M., BEDNÁŘOVÁ, M. Acceptability and sensory evaluation of energy bars and protein bars enriched with edible insect. **Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences**, v. 12, n. 1, p. 431-437, 2018.

ARAMA, D.; KINYURU, J.; NG'ANG'A, J.; KIAGE-MOKUA, B.; OCHIENG, B. O.; TANGA, C. M. Unraveling the physicochemical attributes of three cricket (*Gryllus bimaculatus*)-enriched biscuit products and implications on consumers' preference and willingness to pay. **LWT – Food Science and Technology**, v. 185, 115171, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Relatório Anual 2024. https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf. [Acessado em 12 de junho de 2024], 2024.

ATOWA, C. O.; OKORO, B. C.; UMEGO, E. C.; ATOWA, A. O.; EMMANUEL, O.; UDE, V. C.; UGBOGU, E. A. Nutritional values of *Zonocerus variegatus*, *Macrotermes bellicosus* and *Cirina forda* insects: Mineral composition, fatty acids and amino acid profile. **Scientific African**, v. 12, e00798, 2022.

BARBUT, S. Convenience breaded poultry meat products - New developments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, p. 14-20, 2012.

BARTON, A.; RICHARDSON, C. D.; MCSWEENEY, M. B. Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*)-based protein powders. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 1, p. 781–78, 2020.

BAWA, M.; SONGSERMPONG, S.; KAEWTAPEE, C.; CHANPUT, W. 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**, v. 44, n. 5, e14407, 2020a.

BAWA, M.; SONGSERMPONG, S.; KAEWTAPEE, C.; CHANPUT, W. Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domestica*) powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 8, e14601, 2020b.

BHOWMICK, D.; BANU, N.; SINGH, K. S. The practices of entomophagy around the world with special reference to North-East India: a primitive practice that needs to be safeguarded. **Plant Archives**, v. 21, n. 2, p. 1-9, 2021.

BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução Normativa n. 06, de 15 de fevereiro de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Empanados, 2001.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Decreto n. 10.468, de 18 de agosto de 2020. Diário Oficial da União, Brasília, 2020.

BRUTTOMESSO, M.; BIANCHI, F.; PASQUALONI, I.; RIZZI, C.; SIMONATO, B. Evaluation of the technological and compositional features of pancakes fortified with *Acheta domestica*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 199, 116073, 2024.

BOSE, U.; BROADBENT, J. A.; JUHÁSZ, A.; KARNANEEDI, S.; JOHNSTON, E. B.; STOCKWELL, S.; BYRNE, K.; LIMVIPHUVADH, V.; MAURER-STROH, S.; LOPATA, A. L.; COLGRAVE, M. L. Protein extraction protocols for optimal proteome measurement and arginine kinase quantitation from cricket *Acheta domestica* for food safety assessment. **Food Chemistry**, v. 348, 129110, 2021.

CAVALHEIRO, C. P.; RUIZ-CAPILLAS, C.; HERRERO, A. M.; PINTADO, T.; CRUZ, T. M. P.; SILVA, M. C. A. Cricket (*Acheta domestica*) flour as meat replacer in frankfurters: Nutritional, technological, structural, and sensory characteristics. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 83, 103245, 2023.

CAVALHEIRO, C. P.; RUIZ-CAPILLAS, C.; HERRERO, A. M.; PINTADO, T.; SOUSA, C. C. A.; LEITE, J. S. F.; SILVA, M. C. A. Potential of Cricket (*Acheta domestica*) Flour as a Lean Meat Replacer in the Development of Beef Patties. **Foods**, v. 13, 286, 2024.

DA SILVA, R. M.; KÖHLER, A.; SCHNEIDER, R. C. S.; VARGAS, D. P.; KÖHLER, A. L.; SILVA, D. C.; SOARES, J. Proximate and fatty acid profile analysis of *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* using different killing methods. **Food Chemistry**, v. 445, 138719, 2024.

DAVID-BIRMAN, T., ROMANO, A., AGA, A., PASCOVICHE, D., DAVIDOVICH-PINHAS, M., LESMES, U. Impact of silkworm pupae (*Bombyx mori*) powder on cream foaming, ice cream properties and palatability. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 75, 102874, 2022.

DE MARCHI, L.; MAINENTE, F.; LEONARDI, M.; SCHEURER, S.; WANGORSCH, A.; MAHLER, V.; PILOLLI, R.; SORIO, D.; ZOCATELLI, G. Allergenicity assessment of the edible cricket *Acheta domestica* in terms of thermal and gastrointestinal processing and IgE cross-reactivity with shrimp. **Food Chemistry**, v. 359, 129878, 2021.

ELHASSAN, M., WENDIN, K., OLSSON, V., LANGTON, M. Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts. **Foods**, v. 8, n. 3, 95, 2019.

FAO. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security [online], Rome: Food and agriculture organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf>. [Acessado em 23 de maio de 2024], 2013.

FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023, 2023.

FRÖHLING, A.; BUßLER, S.; DUREK, J.; SCHLÜTER, O. K. Thermal Impact on the Culturable Microbial Diversity Along the Processing Chain of Flour From Crickets (*Acheta domestica*). **Frontiers in Microbiology**, v. 11, 884, 2020.

GONZÁLEZ, C. M.; GARZÓN, R.; ROSELL, C. M. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 51, p. 205-210, 2018.

GRABOWSKI, N. T.; KLEIN, G. Microbiological analysis of raw edible insects. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 3, n. 1, p. 7-14, 2017.

GROSSI, G., GOGLIO, P., VITALI, A., WILLIAMS, A. G. Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 69–76, 2018.

GUMUL, D.; ORACZ, J.; KOWALSKI, S.; MIKULEC, A.; SKOTNICKA, M.; KARWOWSKA, K.; ARECZUK, A. Bioactive Compounds and Antioxidant Composition of Nut Bars with Addition of Various Edible Insect Flours. **Molecules**, v. 28, 3556, 2023.

JONGEMA, Y. List of Edible Insects of the World. Disponível em: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>, [Acessado em 23 de maio de 2024], 2017.

KAVLE, R. R.; CARNE, A.; BEKHIT, A. E. A.; KEBEDE, B.; AGYEI, D. Proximate composition and lipid nutritional indices of larvae and pupae of the edible Huhu beetle (*Prionoplus reticularis*) endemic to New Zealand. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 110, 104578, 2022.

KIM, H. W.; SETYABRATA, D.; LEE, Y.; JONES, O. G.; KIM, Y. H. B. Effect of House Cricket (*Acheta domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 12, p. 2787–2793, 2017.

KITTIBUNCHAKUL, S.; WHANMEK, K.; SANTIVARANGKNA, C. Physicochemical, microbiological and nutritional quality of fermented cricket (*Acheta domesticus*) paste. **LWT - Food Science and Technology**, v. 189, 115444, 2023.

LANGE, K. W.; NAKAMURA, Y. Edible insects as future food: chances and challenges. **Journal of Future Foods**, v. 1, n. 1, p. 38-46, 2021.

MANCINI, S.; MORUZZO, R.; RICCIOLI, F.; PACI, G. European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. **Food Research International**, v. 122, p. 661-678, 2019.

MARIOD, A. A.; SAEED MIRGHANI, M. E.; HUSSEIN, I. *Acheta domesticus* House Cricket. **Unconventional Oilseeds and Oil Sources**, 1^a ed., Academic Press, 2017.

MATSAKIDOU, A.; SARIVASILIOU, S.; PISSIA, M.; RUMBOS, C. I.; ATHANASSIOU, C. G.; PARASKEVOPOULOU, A. Compositional, volatile, and structural features of *Hermetia illucens* (black soldier fly) flours: The effect of population and life stages. **Future Foods**, v. 9, 100320, 2024.

MOTTET, A.; TEMPIO, G. Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. **World's Poultry Science Journal**, v.73, p. 245–256, 2017.

MURUGU, D. K.; ONYANGO, A. N.; NDIRITU, A. K.; OSUGA, I. M.; XAVIER, C.; NAKIMBUGWE, D.; TANGA, C. M. From Farm to Fork: Crickets as Alternative Source of Protein, Minerals, and Vitamins. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, 2021

NÄÄS, I. A.; MOLLO NETO, M.; CANUTO, S. A.; WAKER, R.; OLIVEIRA, D. R. M. S.; VENDRAMETTO, O. Brazilian Chicken Meat Production Chain: a 10-year Overview. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, p. 87-94, 2015.

NIASSY S.; OMUSE E. R.; ROOS N.; HALLORAN A.; EILENBERG J.; EGONYU J. P.; TANGA C.; MEUTCHIEYE F.; MWANGI R.; SUBRAMANIAN S.; MUSUNDIRE R.; NKUNIKA P. O. Y.; ANANKWARE J. P.; KINYURU J.; YUSUF A.; EKESI S. Safety, regulatory and environmental issues related to breeding and international trade of edible insects in Africa. **Scientific and Technical Review**, v. 41, p. 117-131, 2022.

OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, S. M. S.; DIAS, K. A.; PAES, S. S.; GRANCIERI, M.; JIMENEZ, L. G. S.; CARVALHO, C. W. P.; OLIVEIRA, E. E.; MARTINO, H. S. D.; LUCIA, C. M. D. Nutritional content, amino acid profile, and protein properties of edible insects (*Tenebrio molitor* and *Gryllus assimilis*) powders at different stages of development. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 125, 105804, 2024.

OONINCX, D. G. A. B.; VAN KEULEN, P.; FINKE, M. D.; BAINES, F. M.; VERMEULEN, M.; BOSCH, G. Evidence of vitamin D synthesis in insects exposed to UVb light. **Scientific Reports**, v. 8, 10807, 2018.

OONINCX, D. G. A. B.; LAURENT, S.; VEENENBOS, M. E.; VAN LOON, J. J. A. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. **Insect Science**, v. 27, n. 3, p. 500-509, 2020.

PALI-SCHÖLL, I.; MEINLSCHMIDT, P.; LARENAS-LINNEMANN, D.; PURSCHKE, B.; HOFSTETTER, G.; RODRÍGUEZ-MONROY, F. A.; EINHORN, L.; MOTHES-LUKSCH; N.; JENSEN-JAROLIM, E.; JÄGER, H. Edible insects: Cross-recognition of IgE from crustacean- and house dust mite allergic patients, and reduction of allergenicity by food processing. **World Allergy Organization Journal**, v. 12, 100006, 2019.

PASINI, G.; CULLERE, M.; VEGRO, M.; SIMONATO, B.; ZOTTE, A. D. Potentiality of protein fractions from the house cricket (*Acheta domestica*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for pasta formulation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 164, 113638, 2022.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; MUDALAL, S.; CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. Functional ingredients for poultry meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 33, n. 1, p. 27–39, 2013.

PILCO-ROMERO, G.; CHISAGUANO-TONATO, A. M.; HERRERA-FONTANA, M. E.; CHIMBO-GÁNDARA, L. F.; SHARIFI-RAD, M.; GIAMPERI, F.; BATTINO, M.; VERNAZA, M. G.; ÁLVAREZ-SUÁREZ, J. M. House cricket (*Acheta domestica*): A review based on its nutritional composition, quality, and potential uses in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 142, 104226, 2023.

PRETESEILLE, N.; DEGUERRY, A.; REVERBERI, M.; WEIGEL, T. Insects in Thailand: National Leadership and Regional Development, from Standards to Regulations Through Association. **Edible Insects in Sustainable Food Systems**, 1^a ed., Springer Cham, 2018.

RAHEEM, D.; CARRASCOSA, C.; OLUWOLE, O. B.; NIEUWLAND, M.; SARAIVA, A.; MILLÁN, R.; RAPOSO, A. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 14, p. 1–20, 2018.

ROSA, P. P.; ÁVILA, B. P.; ANGELO, I. D. V.; CHESINI, R. G.; FERNANDES, T. A.; CAMACHO, J. S.; BUGONI, M.; ROLL, V. F. B.; GULARTE, M. A. Impact of different Chicken meat Productions systems on consumers' Purchase perception. **British Poultry Science**, v. 62, n. 3, 2021.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 17, p. 1-11, 2013.

SCHARDONG, I. S.; FREIBERG, J. A.; SANTANA, N. A.; RICHARDS, N. S. P. S. Brazilian consumers' perception of edible insects. **Ciência Rural**, v. 49, n. 10, e20180960, 2019.

SELLE, P. H.; DORIGAM, J. C. P.; LEMME, A.; CHRYSTAL, P. V.; LIU, S. Y. Synthetic and Crystalline Amino Acids: Alternatives to Soybean Meal in Chicken-Meat Production. **Animals**, v. 10, n. 4, 729, 2020.

STULL, V.; PATZ, J. Research and policy priorities for edible insects. **Sustainability Science**, v. 15, p. 633-645, 2020.

TAMSEN, M.; SHEKARCHIZADEH, H.; SOLTANIZADEH, N. Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 91, p. 580-587, 2018.

UDOMSIL, N., IMSOONTHORNRUKSA, S., GOSALAWIT, C., KETUDAT-CAIRNS, M. Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). **Food Science and Technology Research**, v. 25, n. 4, p. 597–605, 2019.

UNIÃO EUROPEIA (UE). Regulamento (UE) 2015/2283 do parlamento europeu e do conselho de 25 de novembro de 2015 relativo a novos alimentos. **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 327, p; 1-22, 2015.

UNIÃO EUROPEIA (UE). Regulamento de execução (UE) 2021/882 da comissão de 1 de junho de 2021 que autoriza a colocação no mercado de larvas de *Tenebrio molitor* desidratadas como novo alimento. **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 194, p. 16-21, 2021.

UNIÃO EUROPEIA (UE). Regulamento de execução (UE) 2022/188 da comissão de 10 de fevereiro de 2022 que autoriza a colocação no mercado das formas congelada, desidratada e em pó de *Acheta domesticus* como novo alimento. **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 30, p. 108-114, 2022.

VAN HUIS, A.; RUMPOLD, B.; MAYA, C.; ROOS, N. Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. **Annual Review of Nutrition**, v. 21, p. 551-576, 2021.

VAN THIELEN, L.; VERMUYTEN, S.; STORMS, B.; RUMPOLD, B.; VAN CAMPENHOUT, L. Consumer acceptance of foods containing edible insects in Belgium two years after their introduction to the market. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 5, n. 1, p. 35-44, 2018.

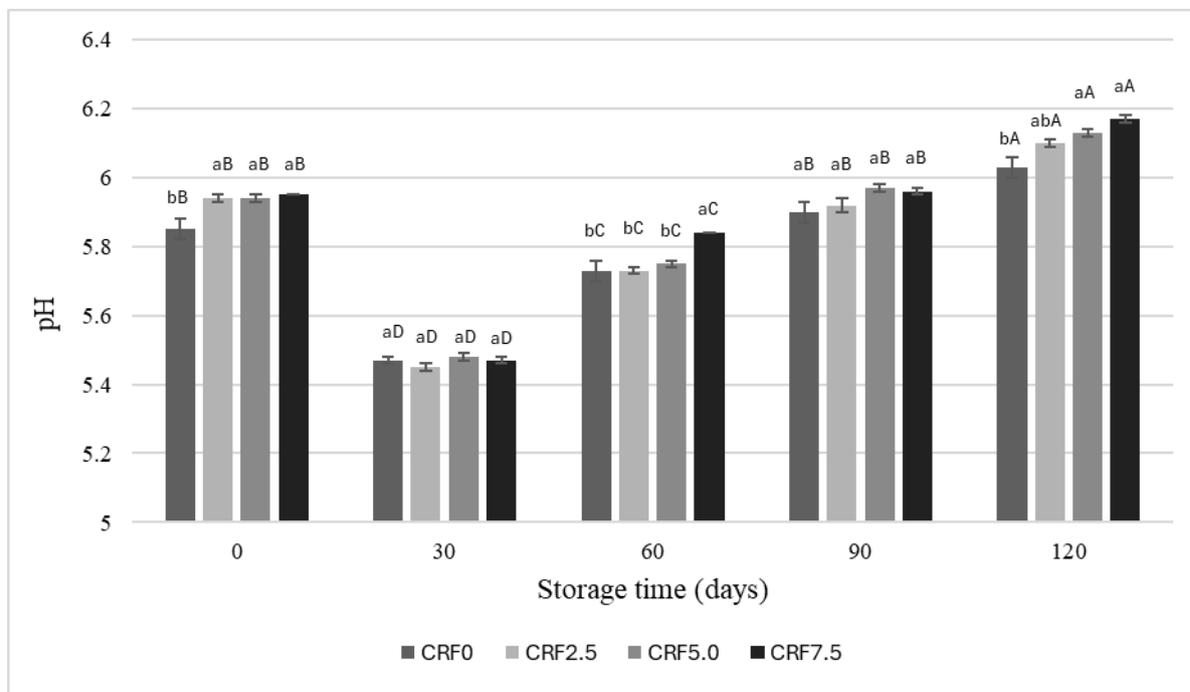
VANDEWEYER, D.; CRAUWELS, S.; LIEVENS, B.; VAN CAMPENHOUT, L. Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllobates sigillatus*) from different rearing companies and different production batches. **International Journal of Food Microbiology**, v. 242, p. 13–18, 2017.

WIEDEMANN, S. G.; MCGAHAN, E. J.; MURPHY, C. M. Resource use and environmental impacts from Australian chicken meat production. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 675-684, 2017.

WOOD, J. D. Meat Composition and Nutritional Value. **Lawrie's Meat Science**, 8^a ed., Woodhead Publishing, 2017.

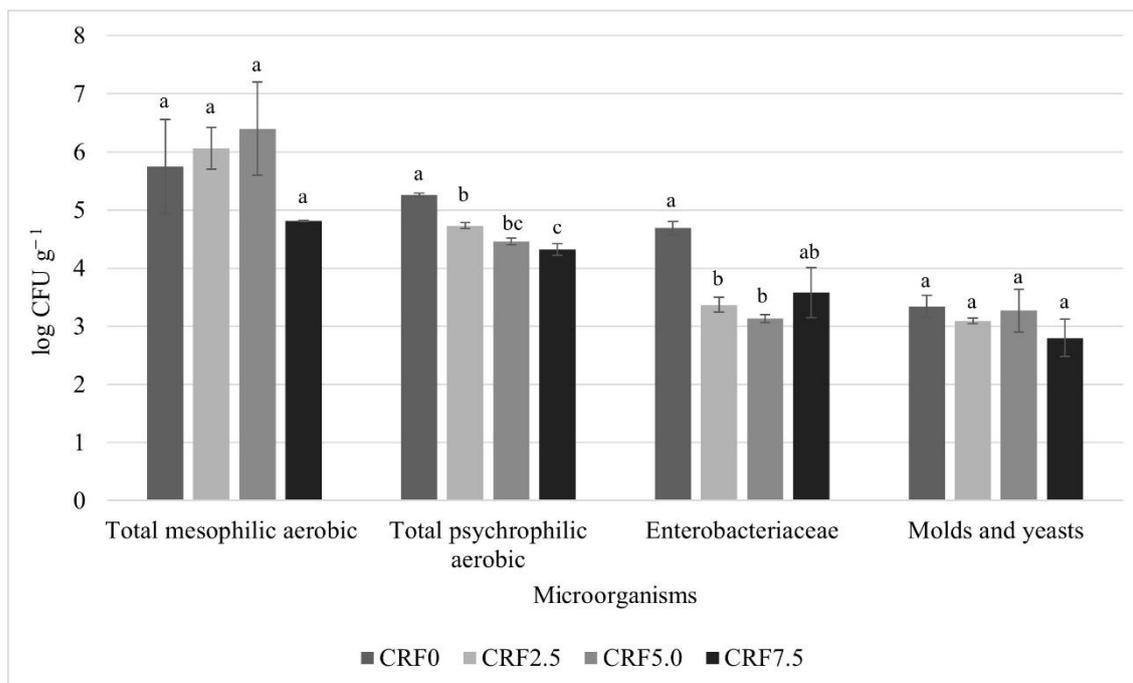
ANEXOS

Figura 1. pH de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne durante o tempo de armazenamento.



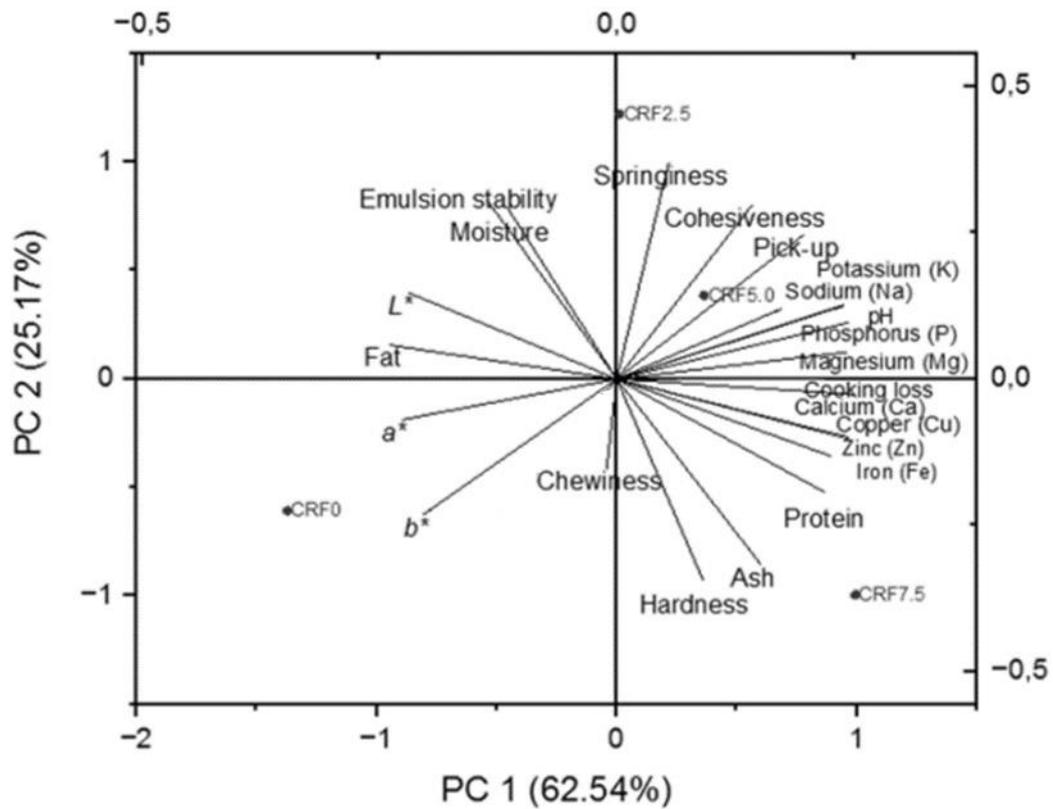
Médias \pm erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a–c) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Diferentes letras maiúsculas sobrescritas (A–D) indicam diferenças significativas no tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Figura 2. Propriedades microbiológicas (log UFC/g) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.



Médias \pm erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a–c) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) das propriedades tecnológicas e nutricionais de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.



Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Tabela 1. Estabilidade da emulsão, pick-up e perda por cozimento (%) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.

	Tratamentos			
	CRF0	CRF2.5	CRF5.0	CRF7.5
Estabilidade da emulsão	91,93±0,43 ^a	93,37±0,55 ^a	93,13±0,84 ^a	85,03±0,09 ^b
Pick-up	18,90±0,49 ^b	23,15±0,90 ^a	22,21±0,72 ^a	21,96±0,47 ^a
Perda por cozimento	7,43±0,41 ^c	10,52±1,06 ^b	16,41±0,43 ^a	14,73±0,88 ^a

Médias ± erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a–c) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Tabela 2. Composição centesimal (g 100/g) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.

	Tratamentos			
	CRF0	CRF2.5	CRF5.0	CRF7.5
Umidade	56,86±0,24 ^a	57,34±0,49 ^a	57,92±0,35 ^a	54,18±0,37 ^b
Proteína	14,20±0,41 ^b	14,50±0,32 ^b	15,92±0,17 ^{ab}	17,35±0,57 ^a
Gordura	15,57±0,10 ^a	14,40±0,01 ^{bc}	14,60±0,31 ^{ab}	13,37±0,22 ^c
Cinzas	4,48±0,18 ^a	4,19±0,80 ^a	4,60±0,22 ^a	5,27±0,22 ^a

Médias ± erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a–c) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Tabela 3. Conteúdo mineral (g 100/g) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.

	Tratamentos			
	CRF0	CRF2.5	CRF5.0	CRF7.5
Cálcio (Ca)	17,26±0,13 ^b	21,14±0,83 ^{ab}	22,84±0,71 ^a	24,10±1,25 ^a
Magnésio (Mg)	26,20±0,10 ^c	29,52±0,08 ^{ab}	28,88±0,37 ^b	30,65±0,25 ^a
Sódio (Na)	664,45±7,61 ^a	741,20±20,33 ^a	684,69±33,26 ^a	732,86±7,61 ^a
Potássio (K)	250,14±11,96 ^b	302,88±2,09 ^a	297,43±12,60 ^{ab}	307,92±2,46 ^a
Fósforo (P)	95,50±6,71 ^a	116,68±9,88 ^a	119,45±3,39 ^a	121,85±7,98 ^a
Zinco (Zn)	0,85±0,02 ^d	1,18±0,03 ^c	1,47±0,01 ^b	1,80±0,04 ^a
Ferro (Fe)	1,18±0,07 ^b	1,28±0,01 ^{ab}	1,27±0,02 ^{ab}	1,45±0,05 ^a
Cobre (Cu)	0,00±0,00 ^d	0,09±0,00 ^c	0,14±0,01 ^b	0,18±0,01 ^a

Médias ± erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a–d) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Tabela 4. Parâmetros de cor instrumental de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne durante o período de armazenamento.

Tratamentos		Período de armazenamento (dias)				
		0	30	60	90	120
<i>L*</i>	CRF0	76,17±0,78 ^{aA}	73,23±0,54 ^{aB}	73,88±0,24 ^{aAB}	75,62±0,73 ^{aAB}	75,29±0,17 ^{aAB}
	CRF2.5	74,47±0,74 ^{aA}	65,03±0,47 ^{bD}	66,32±0,36 ^{bCD}	69,98±0,54 ^{abB}	68,53±1,68 ^{bBC}
	CRF5.0	64,94±0,36 ^{bA}	63,64±0,98 ^{bA}	63,44±0,82 ^{bA}	69,06±2,97 ^{abA}	69,03±0,48 ^{bA}
	CRF7.5	61,93±0,32 ^{cAB}	58,50±1,52 ^{cAB}	56,73±1,03 ^{cBC}	61,51±1,26 ^{bA}	52,61±0,46 ^{cC}
<i>a*</i>	CRF0	6,82±0,27 ^{aA}	5,83±0,36 ^{aAB}	3,68±0,68 ^{aBC}	4,53±0,57 ^{aBC}	3,27±0,62 ^{aC}
	CRF2.5	5,09±0,11 ^{bA}	4,22±0,51 ^{bAB}	3,88±0,30 ^{aAB}	3,74±0,20 ^{abB}	3,18±0,18 ^{aB}
	CRF5.0	3,51±0,05 ^{dAB}	4,02±0,07 ^{bA}	3,03±0,13 ^{aB}	3,01±0,38 ^{abB}	3,15±0,28 ^{aAB}
	CRF7.5	4,18±0,08 ^{cA}	2,69±0,10 ^{cBC}	3,02±0,24 ^{aB}	2,10±0,50 ^{bC}	3,37±0,10 ^{aB}
<i>b*</i>	CRF0	22,46±0,87 ^{aA}	23,85±0,56 ^{aA}	20,59±1,37 ^{aA}	21,40±1,29 ^{aA}	20,53±1,31 ^{aA}
	CRF2.5	18,24±0,52 ^{bA}	17,30±1,44 ^{bA}	20,22±0,67 ^{aA}	18,68±0,57 ^{aA}	20,29±0,71 ^{aA}
	CRF5.0	18,27±0,09 ^{bA}	18,09±1,35 ^{bA}	17,03±0,91 ^{aA}	17,25±1,91 ^{aA}	18,93±0,89 ^{aA}
	CRF7.5	19,18±0,35 ^{bA}	13,83±1,37 ^{bB}	11,76±1,32 ^{bB}	12,00±0,87 ^{bB}	11,75±0,41 ^{bB}
<i>ΔE</i>	CRF0	-	-	-	-	-
	CRF2.5	5,15±0,44 ^{bB}	11,04±0,84 ^{bA}	7,53±0,66 ^{bAB}	6,99±0,62 ^{bB}	7,34±1,87 ^{bAB}
	CRF5.0	12,60±0,97 ^{aA}	10,25±2,06 ^{bAB}	9,65±1,01 ^{bAB}	6,59±1,40 ^{bB}	7,54±0,58 ^{bAB}
	CRF7.5	14,98±0,84 ^{aB}	18,18±1,43 ^{aB}	18,20±1,66 ^{aB}	17,08±1,56 ^{aB}	24,48±0,24 ^{aA}

Médias ± erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a–d) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Diferentes letras maiúsculas sobrescritas (A–D) indicam diferenças significativas no tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

Tabela 5. Parâmetros de Análise de Perfil de Textura (TPA) de nuggets de frango com adição de farinha de grilo como substituto da carne.

Tratamentos	Dureza (N)	Elasticidade (mm)	Coabilidade	Mastigabilidade (N × mm)
CRF0	3,65±0,22 ^a	0,85±0,03 ^a	0,68±0,01 ^a	215,40±16,46 ^a
CRF2.5	3,17±0,09 ^a	0,89±0,02 ^a	0,70±0,02 ^a	177,27±16,11 ^a
CRF5.0	3,74±0,26 ^a	0,89±0,01 ^a	0,69±0,02 ^a	236,17±19,87 ^a
CRF7.5	4,00±0,21 ^a	0,85±0,03 ^a	0,69±0,01 ^a	205,17±15,91 ^a

Médias ± erro padrão da média. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Abreviações: CRF0 = nuggets de frango sem adição de farinha de grilo como substituto da carne; CRF2.5 = nuggets de frango com adição de 2,5% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF5.0 = nuggets de frango com adição de 5,0% de farinha de grilo como substituto da carne; CRF7.5 = nuggets de frango com adição de 7,5% de farinha de grilo como substituto da carne.

PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Participação em Publicação de Artigos Científicos

- PASQUALIN CAVALHEIRO, CARLOS; RUIZ-CAPILLAS, CLAUDI; HERRERO, ANA M; PINTADO, TATIANA; AVELAR DE SOUSA, CAMILA CRISTINA; **SANT'ANA FALCÃO LEITE, JULIANA**; COSTA ALVES DA SILVA, MAURÍCIO. Potential of Cricket (*Acheta domesticus*) Flour as a Lean Meat Replacer in the Development of Beef Patties. Foods, v. 13, p. 286, 2024.

Participação em Publicação de Capítulos de Livros

- AVELAR DE SOUSA, CAMILA CRISTINA; **LEITE, JULIANA SANT'ANA FALCÃO**; PASSOS, RAFAEL SEPULVEDA FONSÊCA TREVISAN; CRUZ, THIAGO DA MATTA PIRES; SILVA, MAURÍCIO COSTA ALVES DA; CAVALHEIRO, CARLOS PASQUALIN. Macro, Micro and Nanoencapsulation as Delivery System of *Lactobacillus plantarum*. *Lactobacillus plantarum* and its Role in Human Health. 1ed.: Nova Publishers, 2024.

- PASSOS, RAFAEL SEPULVEDA FONSÊCA TREVISAN; AVELAR DE SOUSA, CAMILA CRISTINA; CRUZ, THIAGO DA MATTA PIRES; **LEITE, JULIANA SANT'ANA FALCÃO**; SILVA, MAURÍCIO COSTA ALVES DA; CAVALHEIRO, CARLOS PASQUALIN. *Lactobacillus plantarum* and Its Role in Meat Products Manufacturing. *Lactobacillus plantarum* and its Role in Human Health. 1ed.: Nova Publishers, 2024.

Participação em Resumo Expandido

- PASSOS, R. S. F. T.; CAVALHEIRO, C. P.; **LEITE, J. S. F.**; RUIZ-CAPILLAS, C.; HERRERO, A. M.; PINTADO, T. Nutritional and textural properties of beef patties elaborated with cricket flour (*Acheta domestica*) flour as a meat replacer. In: XXVII Jornadas Internacionales de Nutrición Práctica / XVI Congreso Internacional de SEDCA, 2023, Madrid, 2023.

- LUZ, A. S.; PASSOS, R. S. F. T.; ANJOS, G. S.; VELOSO, A. C.; BARRETO, B. G.; **LEITE, J. S. F.**; CRUZ, T. M. P.; SOUSA, C. C. A.; SILVA, M. C. A.; CAVALHEIRO, C. P. Estabilidade microbiológica e pH de nuggets elaborados com farinha de quinoa. In: II Simpósio Integrado dos Programas de Pós-Graduação da Farmácia, 2023, Salvador. Anais, 2023.

- **LEITE, J. S. F.**; SOUSA, C. C. A.; PASSOS, R. S. F. T.; CRUZ, T. M. P.; SILVA, M. C. A.; COTTA, L. A. B.; VELOSO, A. C.; BARRETO, B. G.; SILVA, P. V. D.; CAVALHEIRO, C. P. Análise de cor instrumental em nuggets com farinha de quinoa durante o armazenamento refrigerado. In: II Simpósio Integrado dos Programas de Pós-Graduação da Farmácia, 2023, Salvador, 2023.

- PASSOS, R. S. F. T.; CAVALHEIRO, C. P.; LUZ, A. S.; VELOSO, A. C.; BARRETO, B. G.; **LEITE, J. S. F.**; CRUZ, T. M. P.; SOUSA, C. C. A.; SILVA, M. C. A. Efeitos da aplicação de óleos essenciais de cominho e coentro nas características físico-químicas e microbiológicas de carne de frango moída. In: II Simpósio Integrado dos Programas de Pós-Graduação da Farmácia, 2023, Salvador, 2023.

- CRUZ, T. M. P.; SILVA, P. V. D.; LUZ, A. S.; ANJOS, G. S.; **LEITE, J. S. F.**; PASSOS, R. S. F. T.; SOUSA, C. C. A.; SILVA, M. C. A.; CAVALHEIRO, C. P. Atividade

antimicrobiana in vitro de óleos essenciais de coentro e cominho. In: II Simpósio Integrado dos Programas de Pós-Graduação da Farmácia, 2023, Salvador, 2023.

Tutoria de Iniciação Científica

Palestra/Curso Ministrado/ Trabalho Apresentado (Oral)

- Consumo de Farinha de Insetos em Produtos Cárneos. 2024.

Participação (ouvinte) em Evento Nacional/Regional/Local

- Ciclo de Palestras "Sustentabilidade e Colaboração Internacional na Tecnologia de Alimentos!". 2024.

- Palestra Marinação de Produtos Cárneos: Conceitos e Aplicações. 2024.

- PGAlI em números (edição 2024.1). 2024.

- PGAlI em números (edição 2024.2). 2024.

- II Simpósio Integrado dos Programas de Pós-Graduação da Faculdade de Farmácia (SIPPFar). 2023