



INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA)

TIAGO NEGRÃO DE ANDRADE

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS “PLANT-BASED” A PARTIR DA
MATRIZ DO GIRASSOL: COMBATENDO O DESPERDÍCIO**

CAMPINAS

2024

TIAGO NEGRÃO DE ANDRADE

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS “PLANT-BASED” A PARTIR DA
MATRIZ DO GIRASSOL: COMBATENDO O DESPERDÍCIO**

*Dissertação apresentada ao Instituto de
Tecnologia de Alimentos para obtenção do
título de Mestre em Ciência e Tecnologia
de Alimentos.*

Aluno: Tiago Negrão de Andrade

Orientadora: Prof. Dra. Maria Teresa
Bertoldo Pacheco

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pelo aluno Tiago Negrão de Andrade e orientada pelo Prof. Dra. Maria Teresa Bertoldo Pacheco

CAMPINAS

2024

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e apoio financeiro da Fapesp proc. no. 2018/12546-1

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada por Lucilene P. Silva - Bibliotecária CRB/8 - 8507
Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL

A554d Andrade, Tiago Negrão de

Desenvolvimento de Produtos *Plant-Based* a partir da matriz do Girassol: combatendo o desperdício. / Tiago Negrão de Andrade. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP: Ital, 2024.

238 f.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Teresa Bertoldo Pacheco

1. Produtos *plant-based*. 2. Farinha proteica do girassol. 3. Economia circular do girassol. I. Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital). Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA). II. Pacheco, Maria Teresa Bertoldo. III. Título.

Título em inglês: Development of “*plant-based*” products from Brazilian Protein Sources: Combating Waste

Key-words: “*plant-based*” Products”, “*plant-based*” Circular Economy”, “Sunflower Protein”

Titulação: Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Banca Examinadora: Prof. Dra. Maria Teresa Bertoldo Pacheco; Dr.(a) Caroline Dário Capitani; Dr.(a) Elizabeth Harumi Nabeshima; Dr.(a) Roseli Aparecida Ferrari.

Data da Defesa: 21/03/2024

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por Tiago Negrão de Andrade aprovada pela Comissão Julgadora em 21/03/2024.

Prof. Dra. Maria Teresa Bertoldo Pacheco
Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL (Presidente)

Dr.(a) Caroline Dário Capitani
Faculdade de Ciências Aplicadas -UNICAMP (titular)

Dr.(a) Elizabeth Harumi Nabeshima
Instituto de Tecnologia de Alimentos (titular)

Dr.(a) Roseli Aparecida Ferrari
Instituto de Tecnologia de Alimentos (suplente)

A ata de defesa de dissertação de mestrado com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se arquivada junto à documentação do aluno.

DEDICATÓRIA

Esta dissertação é dedicada a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho, oferecendo orientação, conhecimento, amizade e inspiração.

Um agradecimento especial à Profa. Dra. Maria Teresa Bertoldo Pacheco, cuja orientação incansável, ensinamentos profundos, amizade genuína e inspiração constante foram fundamentais para a minha jornada acadêmica e pessoal.

Agradeço ao Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA), especialmente a Beatriz Thie Iamanaka e equipe, pelas análises microbiológicas meticolosas; e a Aline de Oliveira Garcia e equipe, pela Avaliação Sensorial e Análises Físicas detalhadas, contribuindo significativamente para a qualidade e rigor deste estudo.

Agradecimento ao centro Cereal Chocotec, a pesquisadora Elizabeth Nabeshima, pelas contribuições da análise de texturas.

Meus sinceros agradecimentos a todos os meus professores da Pós-Graduação, cujas orientações e ensinamentos foram essenciais para meu desenvolvimento e sucesso.

Um agradecimento carinhoso à minha amiga Clara Takayama Arbach, cujo apoio e amizade foram um farol de esperança e alegria nos momentos mais desafiadores. Agradecimento a Bruna Fernanda Damasceno Ramirez pelas ilustrações e toda ajuda disponível.

Por último, mas não menos importante, minha gratidão eterna à minha mãe, Elzinha, cujo cuidado foi necessário para seguir adiante nesta jornada.

RESUMO

A Economia Circular da Proteína do Girassol emerge como uma abordagem inovadora em alimentos “plant-based”, atendendo a demandas éticas, nutricionais e sensoriais dos consumidores, reduzindo desperdícios e alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. O objetivo do estudo foi desenvolver e avaliar dois produtos inovadores: Mistura Análoga à Carne (MAC) e Biscoito de Girassol com Banana (BGB). Foram realizadas análises físicoquímicas, testes microbiológicos, avaliações de textura e estudos de aceitabilidade sensorial com um grupo de 82 consumidores. As avaliações sensoriais foram realizadas utilizando uma escala hedônica de nove pontos para aceitabilidade geral e uma escala de cinco pontos para características específicas através do método Check- All-That-Apply (CATA). Para análises de textura e sensorial, foram criadas duas variantes de um componente em cada produto. A MAC foi moldada em mini-hambúrgueres, onde uma amostra utilizou 6,5% girassol extrusado (MACt) e outra com pepitas de girassol torradas (MACp) na mesma proporção. A BGB foi desenvolvida em versões mais finas (BGBf) e mais espessas (BGBe). A caracterização química da matéria prima revelou uma farinha rica em proteínas, e o produto MAC constituído de 41,15% de carboidratos, 18,87% de proteínas, 15,71% de fibras e 4,6% de minerais, enfatizando elevados níveis de potássio, magnésio, cobre e manganês. O BGB, apresentou 25% de proteínas e 38% de lipídios, dos quais 34,24% eram ácidos graxos insaturados. A presença de aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) foi notável, com 5,42% para valina, 6,52% para leucina e 4,34% para isoleucina. Entre as variações da BGB, a BGBe apresentou maior dureza (19,23N) e menor elasticidade (0,77mm), enquanto a BGBf foi mais elástica (2,37mm) e menos dura (7,13N), sugerindo uma textura mais crocante. Na avaliação da aceitação sensorial, a MAC ambas as formulações (com girassol extrudado ou pepitas torradas) alcançaram cerca de 50% de aceitação para os aspectos globais, aroma e sabor. A textura da variante com proteína extrusada (MACt) foi melhor recebida, aproximando-se mais do ideal de suculência. O conceito geral do produto teve uma aceitação de 76,8%. Já o BGB, a versão com menor conteúdo de banana (BGBf) mostrou maior aceitação e foi considerada mais próxima do ideal em termos de firmeza. A pesquisa enfatizou a importância da economia circular na

alimentação, mostrando que a farinha de girassol, através da MAC e da BGB, pode originar alimentos nutritivos.

Palavras-Chaves: farinha de girassol, produtos “plant-based”, economia circular do girassol.

ABSTRACT

The Circular Economy of Sunflower Protein emerges as an innovative approach in “plant-based” foods, addressing ethical, nutritional, and sensory demands of consumers, reducing waste, and aligning with the Sustainable Development Goals. The aim of the study was to develop and assess two innovative products: the Meat Analog Mixture (MAC) and the Sunflower Seed and Banana Cookie (BGB). Physicochemical analyses, microbiological tests, texture evaluations, and sensory acceptability studies were conducted with a group of 82 consumers. Sensory evaluations were performed using a nine-point hedonic scale for overall acceptability and a five-point scale for specific characteristics through the Check-All-That-Apply (CATA) method. For texture and sensory analyses, two variants of one component in each product were created. The MAC was shaped into mini-burgers, where one sample used 6.5% extruded sunflower (MACt) and another with roasted sunflower seeds (MACp) in the same proportion. The BGB was developed in thinner (BGBf) and thicker (BGBe) versions. The chemical characterization of the raw material revealed a flour rich in proteins, and the MAC product consisted of 41.15% carbohydrates, 18.87% proteins, 15.71% fibers, and 4.6% minerals, highlighting high levels of potassium, magnesium, copper, and manganese. The BGB showed 25% protein and 38% lipids, of which 34.24% were unsaturated fatty acids. The presence of branched-chain amino acids (BCAAs) was notable, with 5.42% for valine, 6.52% for leucine, and 4.34% for isoleucine. Among the BGB variations, the BGBe exhibited higher hardness (19.23N) and lower elasticity (0.77mm), while the BGBf was more elastic (2.37mm) and less hard (7.13N), suggesting a crunchier texture. In the sensory acceptance evaluation, the MAC, both formulations (with extruded sunflower or roasted seeds), achieved about 50%

acceptance for overall aspects, aroma, and flavor. The texture of the variant with extruded protein (MACt) was better received, approaching the ideal of juiciness more closely. The overall product concept had an acceptance of 76.8%. For the BGB, the version with less banana content (BGBf) showed higher acceptance and was considered closer to the ideal in terms of firmness. The research emphasized the importance of the circular economy in food, demonstrating that sunflower flour, through the MAC and BGB, can originate nutritious foods.

KEYWORDS: sunflower flour, “plant-based” products, sunflower circular economy.

SUMÁRIO:

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVO PRINCIPAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
CAPÍTULO 1.....	11
Explorando o Potencial da Proteína de Girassol na Economia Circular: Uma Oportunidade Inovadora para a Indústria de Alimentos “plant-based”.....	11
CAPÍTULO 2.....	34
Quem é o consumidor Plan-Based? Um estudo Exploratório sobre os Consumidores e as Expectativas	34
CAPÍTULO 3.....	61
Inovação e Sustentabilidade no Ecossistema “ <i>plant-based</i> ”: Integrando Foodtechs e Economia Circular	61
CAPÍTULO 4.....	91
Revisão das Rotas Metabólicas dos Aminoácidos Essenciais: Individuais, Sinérgicos, BCAAs e Sulfurados	91
CAPÍTULO 5.....	123
Desenvolvimento de Produtos “ <i>plant-based</i> ” a partir da Farinha Proteica de Girassol: Mistura Análoga a Carne e Biscoito Desidratado com Banana	123
CONCLUSÃO GERAL.....	221
ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	222
ANEXO 2 : TELAS DO TESTE SENSORIAL RETIRADAS DO COMPUSENCE.....	225

INTRODUÇÃO:

A incorporação da economia circular ao mercado de proteínas vegetais está promovendo uma transformação no setor alimentício, estabelecendo novos parâmetros de sustentabilidade, ética e nutrição (Alhawari et al., 2021; Amato et al., 2023). Esta combinação destaca a valorização de subprodutos e a reestruturação dos processos produtivos para aumentar a eficiência ecológica, além de incentivar um consumo mais consciente com o objetivo de reduzir as emissões de carbono e utilizar integralmente os recursos disponíveis (Velenturf & Purnell, 2021).

O estudo se centraliza na economia circular e sustentabilidade, que são essenciais para a transição de um modelo linear para um sistema mais eficiente e regenerativo. O setor alimentício enfrenta o desafio de equilibrar a crescente demanda por produtos proteicos com a necessidade de minimizar o impacto ambiental, os custos de produção e o desperdício da torta de girassol resultante da extração fabril do óleo. A reutilização de subprodutos agrícolas, como a torta de girassol, representa uma oportunidade significativa para desenvolver produtos “plant-based” nutritivos e ambientalmente responsáveis (Hofstetter et al., 2021; Henchion, 2017; Alhawari et al., 2021).

A produção mundial de sementes de girassol, predominantemente na Ucrânia e na Rússia, destaca a importância crescente dessa cultura e de seu consumo. No processamento de 100 kg de grãos, obtêm-se 20 kg de cascas e 80 kg de pepitas, que, após a extração do óleo, resultam em 40 kg de óleo e 40 kg de farelo. Este farelo pode ser convertido em diversos produtos, ajustando-se ao teor proteico desejado (Khurana & Singh, 2021; Rauf et al., 2020).

Com a previsão de que o mercado de alimentos “plant-based” alcançará US\$ 85 bilhões até 2030 (Wang et al., 2023) e a estimativa de que a população global atingirá 9 bilhões até 2050 (Béné, et al, 2015), a demanda por alternativas proteicas sustentáveis torna-se essencial. Os esforços estão focados em superar as barreiras de aceitação dos consumidores “plant-based”, além de atender aos critérios tecnológicos, regulatórios e de escalabilidade produtiva, visando a criação de uma cadeia de consumo que esteja alinhada com os objetivos de sustentabilidade e acessibilidade, especialmente em países de renda baixa e média (Amato et al., 2023; Zang et al., 2023).

A crescente popularidade das dietas “*plant-based*” reflete mudanças significativas nos hábitos alimentares globais. Estudos mostram que os consumidores adotam essas dietas por motivos de saúde, sustentabilidade e ética (Faber et al., 2020; Fiorentini et al., 2020). Compreender as expectativas e preferências dos consumidores é essencial para desenvolver produtos que atendam a essas demandas, promovendo a aceitação de alimentos “*plant-based*” e contribuindo para a sustentabilidade alimentar (Sridhar et al., 2022). A pesquisa sobre o perfil deste consumidor revela uma variedade de motivações, que vão desde preocupações com a saúde e o bem-estar animal até a busca por dietas mais sustentáveis. Um análogo à carne pode servir como um substituto proteico, atendendo consumidores que deixaram de consumir carne, ou imitar características sensoriais da carne convencional para aqueles que ainda têm apego ao consumo de carne. Essas informações são fundamentais para orientar o desenvolvimento de produtos que satisfaçam as necessidades e expectativas do mercado consumidor, garantindo sua aceitação sensorial (Aschemann-Witzel et al., 2021; Sridhar et al., 2022).

Uma vez definidos o produto e o público-alvo, a integração das *FoodTechs* no ecossistema “*plant-based*”, bem como a colaboração entre os setores público e privado, torna-se essencial para impulsionar a inovação e a sustentabilidade (Trevisan, 2022; Klimas e Czakon, 2022). O reaproveitamento e otimização de recursos que visam reduzir desperdícios fornece uma base sólida para o desenvolvimento de produtos alimentares mais saudáveis e sustentáveis, destacando o papel das startups e da inovação aberta na promoção de novos modelos de negócios (Sun et al., 2019; Costa e Matias, 2020). Países como Israel, Singapura e EUA exemplificam essa interação, onde a academia contribui com pesquisa e inovação, enquanto indústrias e governos facilitam a produção e regulamentação (Heaton et al., 2019; Flechas et al., 2022). No Brasil, a aprovação da Portaria nº 1409/2023 pela ANVISA é um passo significativo nessa direção, estabelecendo diretrizes para a regulamentação de alimentos à base de plantas, o que é fundamental para o avanço do setor.

Para que o ciclo de reciclagem envolvendo o agronegócio e a indústria de alimentos na produção de alimentos “*plant-based*” seja eficaz, é fundamental que esteja embasado em evidências científicas no campo da nutrição. Garantir que o estado nutricional da população seja seguro ao adotar proteínas vegetais

que complementam ou substituem as proteínas de origem animal durante este período de transição é essencial. A investigação das rotas metabólicas dos aminoácidos essenciais aprofunda o conhecimento sobre sua importância fisiológica, oferecendo *insights* valiosos para a nutrição e a saúde humana (Paulussen, 2022). Este estudo contextualiza as funções estruturais e globulares das proteínas e destaca as funções individuais e sinérgicas dos aminoácidos essenciais, como os de cadeia ramificada (BCAAs) e sulfurados, e sua relação com várias condições de saúde, incluindo envelhecimento, cognição e estado nutricional, além do metabolismo cardíaco e lipídico (Gwin, 2020; Moncan, 2021).

A pesquisa enfatiza a necessidade de dietas equilibradas e o potencial desses aminoácidos na promoção da saúde e na prevenção de doenças, sugerindo intervenções nutricionais eficazes (Gwin, 2020; Moncan, 2021). As pesquisas sobre alimentos “*plant-based*” estão progredindo em várias frentes, desde a nutrição, que destaca os benefícios de uma dieta rica em vegetais, frutas e grãos, até inovações industriais focadas em análogos de produtos de origem animal para enfrentar os desafios futuros da alimentação (Morgan-Bathke et al., 2023; Storz et al., 2022).

Pesquisas indicam que análogos de carne derivados de plantas e leguminosas são bem aceitos devido ao seu apelo relacionado à saúde e à sustentabilidade. Em contrapartida, opções como carne de laboratório produzida por bioimpressão e alternativas à base de insetos enfrentam resistência devido a fatores culturais e preocupações com segurança (Krings et al., 2022; Wang et al., 2023). Além dos benefícios nutricionais, a farinha de girassol é reconhecida por seus aspectos econômicos e de segurança alimentar, como a ausência de alérgenos comuns, o que a torna uma opção atraente para inclusão em dietas vegetais. Para alcançar um equilíbrio adequado de aminoácidos, ela pode ser complementada por outras fontes proteicas, oferecendo um perfil nutricional completo (Rajpurohit & Li, 2023; Wang et al., 2023).

Estudos sistemáticos sobre proteínas vegetais destacam a viabilidade tecnológica e nutricional de ingredientes como a proteína de girassol, ressaltando suas propriedades funcionais e benefícios à saúde. A proteína de girassol, rica em aminoácidos essenciais e antioxidantes, oferece uma alternativa promissora para a indústria alimentícia, atendendo às

recomendações da FAO em termos de matriz de aminoácidos e contribuindo para uma dieta equilibrada (Petruaru et al., 2021). Estudos recentes indicam a necessidade de superar desafios sensoriais e de aceitação do consumidor para aumentar a adoção de produtos “plant-based” (Rajpurohit e Li, 2023). Além disso, o uso de tecnologias avançadas e emergentes de extração da matriz tem demonstrado eficácia na produção de isolados e concentrados proteicos de alta qualidade a partir da farinha de girassol, melhorando seu valor nutricional e funcional (Dos Santos Friolli et al., 2023; Alexandrino et al., 2017).

Este estudo foi proposto para o desenvolvimento de produtos inovadores, como a Mistura Análoga à Carne (MAC) e o Biscoito de Girassol com Banana (BGB), demonstrando a viabilidade do uso de farinha proteica de girassol em alimentos da linha “plant-based”. As análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais desses produtos evidenciam seu potencial nutricional alinhado com os princípios da economia circular, contribuindo para a sustentabilidade e a aceitação do consumidor (Alexandrino et al., 2017; Bisinotto et al., 2023). A utilização de tecnologias avançadas, como a extrusão e a cavitação acústica, tem mostrado eficácia na produção de isolados proteicos de alta qualidade a partir da farinha de girassol, aumentando seu valor nutricional e funcional (Dos Santos Friolli et al., 2023). A pesquisa destaca a importância de inovar na produção de alimentos “plant-based” para atender à demanda crescente por produtos saudáveis e sustentáveis.

Os produtos desenvolvidos neste estudo, a Mistura Análoga à Carne (MAC) e o Biscoito de Girassol com Banana (BGB), são exemplos de como a farinha de girassol pode ser transformada em alimentos nutritivos e sustentáveis. As análises de composição centesimal, perfil de aminoácidos e minerais, e testes de aceitação com consumidores reforçam a viabilidade desses produtos no mercado “plant-based” (Bisinotto et al., 2023). A MAC, uma mistura seca versátil que simula carne, e o BGB, um snack “clean label” que utiliza bananas maduras, demonstram o potencial de reutilização de subprodutos agrícolas, alinhando-se aos princípios da economia circular e sustentabilidade alimentar (Petruaru et al., 2021; Gupta, 2014).

Este trabalho oferece uma visão abrangente e multidisciplinar sobre os desafios e oportunidades na indústria de alimentos “plant-based”, propondo inovações que aumentam a performance e eficiência na produção de alimentos

sustentáveis. As conclusões desta pesquisa abrem caminho para novas investigações e o desenvolvimento de produtos que combinam sabor, saúde, sustentabilidade e praticidade, contribuindo significativamente para o campo dos alimentos ““plant-based””. A dissertação destaca a importância de uma abordagem colaborativa e integrada, envolvendo pesquisa acadêmica, inovação tecnológica e regulamentação eficaz, para promover a sustentabilidade e a inovação no setor alimentício.

Referências:

ALEXANDRINO, Thaís Dolfini et al. Fractioning of the sunflower flour components: Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. **LWT**, v. 84, p. 426-432, 2017.

ALHAWARI, Omar et al. Insights from circular economy literature: A review of extant definitions and unravelling paths to future research. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 859, 2021.

AMATO, Mario et al. Stakeholder Beliefs about Alternative Proteins: A Systematic Review. **Nutrients**, v. 15, n. 4, p. 837, 2023.

ASCHEMANN-WITZEL, Jessica et al. ““plant-based”” food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 18, p. 3119-3128, 2021.

BÉNÉ, Christophe et al. Feeding 9 billion by 2050—Putting fish back on the menu. **Food Security**, v. 7, p. 261-274, 2015.

BISINOTTO, Mariana Sisoneto et al. Sunflower and Palm Kernel Meal Present Bioaccessible Compounds after Digestion with Antioxidant Activity. **Foods**, v. 12, n. 17, p. 3283, 2023.

COSTA, Joana; MATIAS, João CO. Open innovation 4.0 as an enhancer of sustainable innovation ecosystems. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 8112, 2020.

DOS SANTOS FRIOLLI, Mariana Pacífico et al. High-intensity ultrasound-based process strategies for obtaining edible sunflower (*Helianthus annuus* L.) flour with low-phenolic and high-protein content. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 97, p. 106449, 2023.

FABER, Ilona et al. Relevant characteristics of food products based on alternative proteins according to European consumers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 12, p. 5034-5043, 2022.

FIORENTINI, Martina; KINCHLA, Amanda J.; NOLDEN, Alissa A. Role of sensory evaluation in consumer acceptance of “plant-based” meat analogs and meat extenders: A scoping review. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1334, 2020.

FLECHAS, Ximena Alejandra; TAKAHASHI, Carlos Kazunari; DE FIGUEIREDO, Júlio César Bastos. The triple helix and the quality of the startup ecosystem: a global view. **Revista de Gestão**, n. ahead-of-print, 2022.

GUPTA, A. K. Production, refinement and characterization of sunflower oil. In: *Advances in Feedstock Conversion Technologies for Alternative Fuels and Bioproducts*. **Academic Press**, 2014. p. 51-71.

GWIN, Jess A. et al. Muscle protein synthesis and whole-body protein turnover responses to ingesting essential amino acids, intact protein, and protein-containing mixed meals with considerations for energy deficit. **Nutrients**, v. 12, n. 8, p. 2457, 2020.

HEATON, Sohvi; SIEGEL, Donald S.; TEECE, David J. Universities and innovation ecosystems: A dynamic capabilities perspective. **Industrial and Corporate Change**, v. 28, n. 4, p. 921-939, 2019.

HENCHION, Maeve et al. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. **Foods**, v. 6, n. 7, p. 53, 2017.

HOFSTETTER, Joerg S. et al. From sustainable global value chains to circular economy—different silos, different perspectives, but many opportunities to build bridges. **Circular Economy and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 21-47, 2021.

KHURANA, Reevika; SINGH, Shweta. Formulation of a herbal bar with muskmelon and sunflower seed. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, p. 81-85, 2019.

KLIMAS, Patrycja; CZAKON, Wojciech. Species in the wild: a typology of innovation ecosystems. **Review of Managerial Science**, v. 16, n. 1, p. 249-282, 2022.

KRINGS, Victoria C.; DHONT, Kristof; HODSON, Gordon. Food technology neophobia as a psychological barrier to clean meat acceptance. **Food Quality and Preference**, v. 96, p. 104409, 2022.

MONCAN, Matthieu et al. Regulation of lipid metabolism by the unfolded protein response. **Journal of cellular and molecular medicine**, v. 25, n. 3, p. 1359-1370, 2021.

MORGAN-BATHKE, Maria; MCLIMANS, Kelsey; TEMPLE, Norman J. Trends in Dietary Recommendations: Nutrient Intakes, Dietary Guidelines, and Food Guides. In: *Nutritional Health: Strategies for Disease Prevention*. Cham: **Springer International Publishing**, 2023. p. 249-260.

PAULUSSEN, Kevin JM et al. Anabolic resistance of muscle protein turnover comes in various shapes and sizes. **Frontiers in nutrition**, v. 8, p. 615849, 2021.

PETRARU, Ancuța; URSACHI, Florin; AMARIEI, Sonia. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. **Plants**, v. 10, n. 11, p. 2487, 2021.

PETRUS, Paul et al. Tryptophan metabolism is a physiological integrator regulating circadian rhythms. **Molecular Metabolism**, v. 64, p. 101556, 2022.

RAJPUROHIT, Bipin; LI, Yonghui. Overview on pulse proteins for future foods: Ingredient development and novel applications. **Journal of Future Foods**, v. 3, n. 4, p. 340-356, 2023.

RAUF, Saeed et al. The exploitation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed and other parts for human nutrition, medicine and the industry. **Helia**, v. 43, n. 73, p. 167-184, 2020.

SRIDHAR, Kandi et al. Recent trends in design of healthier “plant-based” alternatives: Nutritional profile, gastrointestinal digestion, and consumer perception. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-16, 2022.

STORZ, Maximilian A.; RONCO, Alvaro L.; HANNIBAL, Luciana. Observational and clinical evidence that “plant-based” nutrition reduces dietary acid load. **Journal of nutritional science**, v. 11, p. e93, 2022.

SUN, Huaping et al. Institutional quality, green innovation and energy efficiency. **Energy policy**, v. 135, p. 111002, 2019.

TREVISAN, Adriana Hofmann et al. Unlocking circular ecosystem concept: Evolution, current research, and future directions. **Sustainable Production and Consumption**, v. 29, p. 286-298, 2022.

VELENTURF, Anne PM; PURNELL, Phil. Principles for a sustainable circular economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 1437-1457, 2021.

WANG, Chengbin et al. Ideas and methods of lean and agile startup in the VUCA Era. **International Entrepreneurship and Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 1527-1544, 2022.

ZHANG, Kaihua et al. Development of meat analogs: Focus on the current status and challenges of regulatory legislation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 22, n. 2, p. 1006-1029, 2023.

OBJETIVO PRINCIPAL

Investigar o papel da proteína de girassol na economia circular no combate do desperdício e sua aplicabilidade na indústria alimentícia “*plant-based*”, enfatizando inovações sustentáveis.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar um estudo exploratório sobre os consumidores de alimentos “*plant-based*”, analisando suas expectativas, preferências e identificando lacunas na literatura científica sobre suas características e demandas.

Avaliar a integração e colaboração entre FoodTechs, setores público e privado, propondo estratégias para fortalecer ecossistemas sustentáveis no setor de alimentos “*plant-based*”.

Revisar as rotas metabólicas dos aminoácidos essenciais, investigando sua importância na saúde humana e suas relações com doenças.

Desenvolver e avaliar a viabilidade de novos produtos inovadores a partir da farinha proteica de girassol, como a Mistura Análoga a Carne e o Biscoito de Girassol com Banana, demonstrando sua contribuição para a nutrição e sustentabilidade no setor alimentício.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo tem como objetivo discutir quatro artigos de revisão que abordam os seguintes temas: 1^o) a economia relacionada ao girassol, 2^o) o perfil dos consumidores de produtos baseados em plantas, 3^o) o ecossistema de inovação impulsionado por startups no setor e 4^o) uma análise dos aminoácidos essenciais. Inclui-se também um 5^o) estudo experimental focado no desenvolvimento de dois produtos alimentícios inovadores.

A metodologia empregada compreendeu a revisão bibliográfica para a fundamentação teórica nos quatro primeiros artigos e, para o desenvolvimento dos produtos, procedeu-se com caracterizações químicas e de informações nutricionais, análises microbiológicas, de textura e testes de aceitação sensorial.

Os resultados revelaram que os produtos desenvolvidos, Mistura Análoga à Carne (MAC) e Biscoito de Banana com Girassol (BGBG), apresentaram um perfil nutricional destacado pela riqueza em proteínas, fibras e minerais. As análises microbiológicas confirmaram a segurança dos produtos, e os testes de textura e sensoriais, que mediram a variação entre componentes de crocância, indicaram acima da margem de aceitação por 84 consumidores recrutados. Conclui-se que a proteína de girassol representa uma alternativa viável e promissora para o segmento “plant-based”, mostrando-se capaz de satisfazer as demandas do mercado por opções alimentares sustentáveis e nutritivas.

CAPÍTULO 1

EXPLORANDO O POTENCIAL DA PROTEÍNA DE GIRASSOL NA ECONOMIA CIRCULAR: UMA OPORTUNIDADE INOVADORA PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS “PLANT-BASED”

EXPLORING THE POTENTIAL OF SUNFLOWER PROTEIN IN THE CIRCULAR ECONOMY: AN INNOVATIVE OPPORTUNITY FOR THE “PLANT-BASED” FOOD INDUSTRY

O artigo será submetido à revista Observatorio de La Economía Latinoamericana (OLEL), ISSN 1696-8352

Resumo: A utilização sustentável do girassol na economia circular é essencial para diminuir desperdícios e impactos ambientais na agricultura e na indústria alimentícia. O desafio envolve o aproveitamento eficiente da torta de girassol, realçando suas qualidades nutricionais e sua viabilidade tecnológica, bem como a incorporação da proteína de girassol em produtos alimentares sustentáveis, incluindo análogos de carne. Utilizando uma metodologia observacional com revisão bibliográfica em bases de dados especializadas, o estudo revisa a composição química e nutricional da proteína de girassol e seus potenciais utilizações tecnológicas na alimentação. Revela-se que a proteína de girassol satisfaz as recomendações da FAO para aminoácidos, com exceção da lisina e triptofano, e enfatiza a presença de antioxidantes benéficos à saúde. Destaca-se o potencial sensorial, tecnológico e nutricional dos análogos de carne feitos com proteína de girassol e outros produtos, sugerindo sua expansão na indústria alimentícia para impulsionar nutrição e sustentabilidade na produção alimentar. O estudo propõe uma fundamentação para futuras investigações e o desenvolvimento de alimentos inovadores e ambientalmente amigáveis.

Palavras-chave: proteína de girassol, produtos “*plant-based*”, economia circular da matriz do girassol.

1. INTRODUÇÃO

No contexto da inovação, a economia circular tem surgido como um modelo econômico sustentável e eficiente, que transcende o tradicional modelo linear de "extrair, produzir, consumir e descartar". Essa abordagem prioriza a reutilização, reciclagem e redução de desperdício, buscando otimizar os recursos e minimizar o impacto ambiental. No campo da produção de proteínas alimentares, essa abordagem inovadora incorpora o uso de subprodutos, resíduos e materiais renováveis, como o girassol, para criar produtos de alto valor agregado (Suchek, 2021; Velenturf e Purnell, 2021). Nesse sentido, os análogos a carne e ao leite, com matrizes baseadas em amaranto, trigo sarraceno e lentilha, são opções menos impactantes ao meio ambiente (Detzel, 2022). Embora ainda haja desafios sensoriais e de aceitação do consumidor, estudos apontam o uso de leguminosas para projetar alimentos futuros e o desenvolvimento de novos ingredientes e produtos à base de plantas como saídas aos desafios das agendas sustentáveis (Rajpurohit e Li, 2023).

Essa perspectiva destaca a complexidade e a urgência de avançar nas visões de negócios e oportunidades no setor, a fim de influenciar as decisões de indivíduos, gestores, investidores e formuladores de políticas (Hofstetter et al., 2021). É crucial reconhecer a necessidade de inovações em proteínas sustentáveis e alternativas, considerando os desafios ambientais decorrentes da produção de proteínas de origem animal, como o desmatamento, superpopulação, as emissões de gases de efeito estufa, o uso excessivo de água e a poluição (Henchion, 2017).

Além disso, devemos abordar as questões éticas, as mudanças climáticas, a destruição de biomas e a poluição relacionadas à pecuária intensiva (Awuchi, 2020). Relatórios como o "World Resources: Creating a Sustainable Food Future" (WRIB, 2016) e o "8 Bilhões, e agora?" (GFIa, 2022) do The Good Food Institute (GFI) ressaltam a importância de lidar com o crescimento populacional, a demanda por alimentos e a necessidade de aumentar a produção sem expandir áreas agrícolas.

Nesse contexto, países inovadores no setor de alimentos à base de plantas, como os EUA, Singapura e Chile, estão revisando suas regulamentações. O Brasil tem feito progressos significativos nessa direção,

conforme evidenciado pela aprovação da Portaria nº 1409/2023 (ANVISA, 2023). Esta regulamentação estabelece que, na Agenda Regulatória para o biênio 2024-2025, especificamente no item 3.11, encontra-se prevista a discussão para a regulamentação de alimentos à base de plantas. O principal objetivo desta medida é fornecer às pessoas as informações necessárias, capacitando-as a tomar decisões mais informadas e benéficas para a sua saúde. Outro exemplo é o quadro regulamentar da União Europeia (UE) para alternativas aos laticínios e seus consumidores, que embora forneça clareza jurídica e segurança alimentar, também apresenta desafios à inovação devido a interpretações variáveis, diferentes níveis de proteção do consumidor e falta de definição legal para alimentos veganos (Leialohilani e Boer, 2020).

Além das questões regulatórias, para promover o consumo e alcançar escala, fatores como percepção sensorial, sabor, preço e aceitação, juntamente com a superação da neofobia em relação a novos produtos alimentícios, desempenham um papel crucial na consolidação do mercado “*plant-based*” no consumo e na dinâmica do sistema alimentar (Sridhar et al., 2022).

Globalmente, a educação desempenha um papel fundamental na formação de novas crenças entre os consumidores em relação à alimentação “*plant-based*”, sendo impulsionada pelas novas mídias, filmes e documentários, e amplificada pelos avanços tecnológicos e pelas mudanças climáticas (Aschemann-Witzel et al., 2021).

Portanto, a economia circular no âmbito das proteínas alimentares transcende o percurso desde a indústria até o consumidor, apresentando-se como uma solução viável e essencial face aos desafios ambientais e de sustentabilidade. Este movimento é impulsionado por inovações, políticas governamentais e mudanças no comportamento do consumidor. O desafio atual reside em entender como a cadeia do girassol pode ser integrada nesse contexto, promovendo uma economia mais sustentável.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Esta revisão bibliográfica, de natureza observacional e transversal, concentrou-se na investigação sobre o consumidor planta-based. Utilizou-se as bases Dimensions, SCieLO, Google Acadêmico, Scopus, BDTD e PubMed,

empregando termos específicos em inglês como "Circular Economy", "Sunflower Protein", "*plant-based* Products", "Sunflower Protein Circular Economy", e "Development of *plant-based* Products with Sunflower Protein". Baseando-se em critérios de relevância e fator de impacto dos periódicos, incluindo trabalhos empíricos e revisões teóricas, a pesquisa fez análise dos dados e focou na interpretação e síntese das informações encontradas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa sobre o girassol, pertencente ao gênero *Helianthus* e composto por diversas espécies da família *Asteraceae*, evoluiu na história desta espécie com a filogeografia e os padrões genéticos dessa planta. O estudo, conduzido por Park e Burke (2020), concentra-se na espécie *Helianthus annuus* L., explorando sua história evolutiva e seu impacto na economia e cultura alimentar em diferentes regiões.

O girassol tem sido objeto de grande interesse no agronegócio, principalmente no que diz respeito ao seu cultivo para a extração de óleo. Atualmente, o óleo de girassol é um dos óleos mais produzidos em todo o mundo, e as projeções de mercado indicam um crescimento significativo nos próximos anos, conforme apontam estudos de Khurana e Singh, (2021) e; Rauf et al., (2020).

Ao explorarmos o potencial da proteína de girassol na economia circular, podemos observar o sistema de plantio soja-girassol adotado no Brasil. Essa abordagem alternada visa aumentar a produção e a rentabilidade do girassol. Embora o Brasil ocupe a 24^a posição entre os principais produtores globais de girassol, países como Ucrânia, Rússia, Argentina e Turquia lideram a produção desse recurso (ATLASBIG, 2023).

No setor de óleo de girassol, empresas líderes como Sime Darby Plantation Berhad, Cargill, Incorporated e Archer Daniels Midland (ADM) empregam processos de fabricação automatizados e tecnologias emergentes. Um subproduto valioso gerado nesse processo de extração do óleo é a torta de girassol, conhecida por sua riqueza em proteínas e tradicionalmente utilizada na produção de ração animal. Pesquisadores da Ucrânia, um dos maiores produtores mundiais de girassol, desenvolveram um aditivo alimentar com alto

teor de proteína, baseado em subprodutos da produção de óleo de girassol. Essa composição inovadora contém 75% de farinha de girassol, 10% de torta de girassol e 15% de farinha de calcário, sendo passível de utilização na nutrição de aves e animais de fazenda (YEGOROV, 2019).

No entanto, a torta de girassol apresenta um grande potencial para a alimentação humana (ADELEKE e BABALOLA, 2020).

O resíduo conhecido como torta de girassol representa um promissor insumo proteico para o mercado de proteínas alternativas e vegetais, devido à sua matriz nutricional rica e composição de aminoácidos completa. Isso abre possibilidades tecnológicas para sua aplicação em produtos alimentícios.

A convergência desses fatores destaca a relevância da proteína de girassol na economia circular, oferecendo novas perspectivas e oportunidades para a indústria de alimentos à base de plantas.

Economia do Girassol no Contexto Circular

A economia do girassol, inserida na economia circular, é um modelo sustentável e inovador no setor agroindustrial, com foco na produção de alimentos “*plant-based*”. A importância deste modelo é ressaltada por Hankamer et al. (2023), que enfatiza a necessidade de adotar práticas circulares para atender às exigências ambientais e econômicas globais, sendo particularmente relevante na indústria alimentícia. A economia circular maximiza o uso eficiente dos recursos, proporcionando benefícios ambientais e econômicos (Alhawari et al., 2021). Neste contexto, a torta de girassol, um subproduto da indústria de óleo vegetal, é vista como uma matéria-prima valiosa, contribuindo para uma cadeia de valor global e sustentável.

Wildermuth, Young e Were (2016) chamam a atenção para o potencial subutilizado das proteínas de girassol na indústria alimentícia. Essas proteínas são vantajosas devido ao seu baixo custo, ausência de alérgenos significativos e compatibilidade com dietas veganas. Le Clef e Kemper (2015) complementam esta visão, destacando a eficiência dos métodos de extração de óleo de girassol, que influenciam diretamente na qualidade do produto final.

Na indústria alimentícia, a cultura do girassol como ser usada como um exemplo prático da economia circular. Este processo foi detalhado na Figura 1 e tem início com o plantio das sementes de girassol, seguido pela colheita e armazenamento. Após o descascamento, obtém-se as pepitas e cascas de

girassol, onde 100 kg de grãos, resultam 20 kg de cascas e 80 kg de pepitas. Os resíduos do processo, conhecidos como tortas é submetida à remoção do óleo, produzindo em torno de 40 kg de óleo e 40 kg de farelo. O farelo desengordurado pode ser transformado em outros produtos, como farinha, concentrado e isolado proteico, de acordo com os teores de proteína, conforme a literatura descrita por diversos autores (Câmara, 2004; Khurana e Singh, 2021; Rauf et al., 2020). Esse processo mostra a aplicação da economia circular na agroindústria do girassol, alinhando-se com práticas de consumo consciente e sustentabilidade ambiental.

3.1. DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO À SUSTENTABILIDADE: REAPROVEITANDO A PROTEÍNA DE GIRASSOL

As proteínas de girassol têm se destacado como uma alternativa promissora e versátil na indústria alimentícia, oferecendo uma série de vantagens notáveis. Esta análise abrange diversos aspectos da pesquisa e aplicação das proteínas de girassol, proporcionando uma visão abrangente de seu potencial e eficácia.

No contexto da extração de óleo de girassol, a utilização da técnica de extração por solvente tem se mostrado mais eficiente do que a prensagem a frio, como demonstrado por Le Clef e Kemper (2015). Esta abordagem oferece uma perspectiva detalhada sobre o processo de extração por solvente, destacando sua eficácia e complexidade.

A obtenção de proteínas de alta qualidade a partir da farinha de girassol desengordurada tem sido uma área de pesquisa ativa. Alexandrino et al. (2017) alcançaram sucesso na produção de isolados proteicos de alta qualidade e concentrados fibrosos, utilizando misturas extratoras, com destaque para a eficácia da solução de bissulfito e etanol na produção de produtos nutricionalmente valiosos. Além disso, Gültekin Subaşı, Büşra, et al (2022) introduziram técnicas inovadoras, como aquecimento e ultrassom combinados com irradiação gama, que se mostraram eficientes e sustentáveis para aprimorar as propriedades das proteínas. Dos Santos Friolli et al. (2023) desenvolveram uma farinha de girassol com alto teor proteico e baixo em compostos fenólicos, com ênfase na eficiência da técnica de ultrassom na extração desses compostos.

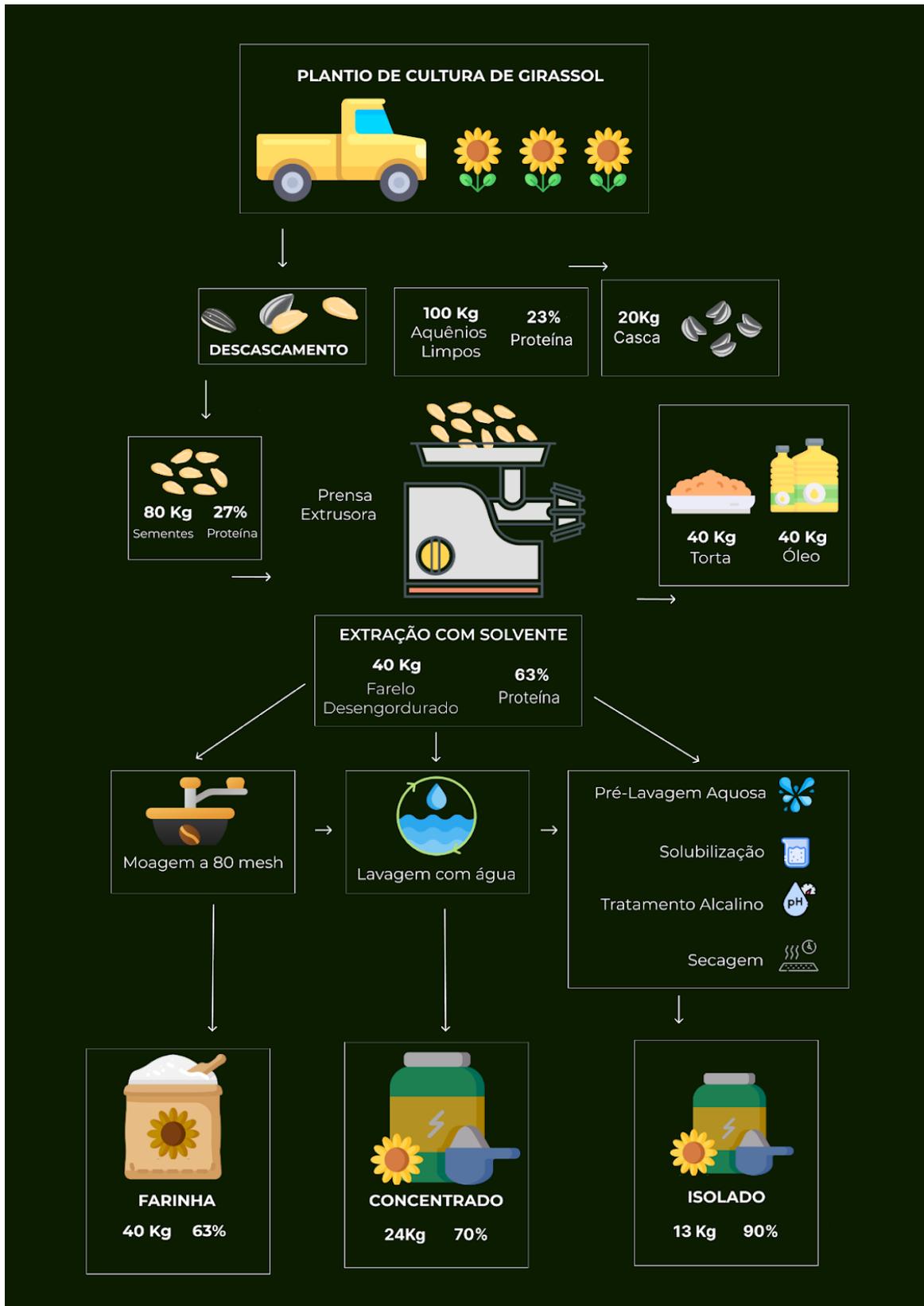


Figura 1: Fluxograma de preparo dos produtos de girassol. **Fonte:** Adaptado de CÂMARA, 2004; Khurana e Singh, 2021; Rauf et al., 2020. Software: Figma (2023); Imagens: Flaticon (2023).

Jia, Wanqing et al. (2022) destacam que o processamento das sementes de girassol exerce influência direta sobre suas propriedades funcionais. A presença de ácido clorogênico, por exemplo, pode melhorar a solubilidade da proteína, tornando-a adequada para aplicações em análogos fibrosos à carne.

A crescente preocupação com a sustentabilidade e o bem-estar animal tem impulsionado a busca por alternativas às proteínas animais. Kaur e Ghoshal (2022) conduziram uma análise das proteínas de girassol como uma alternativa sustentável. Apesar dos desafios relacionados à formação de espuma e gelificação, as proteínas de girassol exibem propriedades de emulsificação comparáveis às da soja.

O impacto da digestão gastrointestinal em amostras desengorduradas de girassol foi investigado por Bisinotto et al. (2023). Seus resultados revelam um aumento significativo na atividade antioxidante e no estímulo ao crescimento de bactérias prebióticas, melhorando assim a bioacessibilidade e a capacidade antioxidante das proteínas de girassol.

O aumento na procura por dietas baseadas em plantas tem gerado uma crescente necessidade de opções proteicas alternativas. Isso é evidenciado por pesquisadores que destacam essa tendência e sublinham a importância de levar em conta fatores sensoriais e individualidade na aceitação de produtos à base de plantas. Conseqüentemente, o desenvolvimento de alimentos à base de girassol requer abordagens personalizadas para atender a essa demanda crescente e diversificada (Andreani, 2023; Santo, Raychel E., et al., 2020).

3.2. QUALIDADE NUTRICIONAL DA PROTEÍNA E GIRASSOL

A farinha de girassol, oriunda do processamento dos grãos, apresenta uma composição elevada em proteínas e rica em aminoácidos, incluindo aqueles que contêm enxofre, como cisteína e metionina, bem como os ramificados, leucina, valina, isoleucina. Esta matriz fonte de aminoácidos é complementada por uma variedade de minerais e vitaminas, como fósforo, tiamina, ácido nicotínico, ácido pantotênico, riboflavina e biotina, contribuindo significativamente para o crescimento e desenvolvimento muscular (Figura 2), conforme destacado por Ren et al. (2012) e Kaur (2022).

A composição nutricional das sementes de girassol e seus subprodutos, revelaram além do alto conteúdo de proteínas, fibras e ácidos graxos essenciais, indicando a torta de girassol como um ingrediente alimentar sustentável e nutritivo (Petraaru et al., 2021).

A qualidade proteica da farinha de girassol foi avaliada através do escore de aminoácidos corrigido pela digestibilidade da proteína (PDCAAS) e escore de aminoácidos indispensáveis digestíveis (DIAAS) avaliou os aminoácidos limitantes, conforme demonstra na Tabela 1 (Rajpurohit, 2023; Alexandrino, 2017).

Tabela 1 - PDCAAS e DIAAS de diferentes matrizes proteicas

Matriz	PDCAAS	DIAAS	Aminoácido Limitante
Isolado de proteína de soja	0,98	0,90	Met + Cys
Concentrado de proteína de ervilha	0,89	0,82	Met + Cys
Concentrado de proteína de arroz	0,42	0,37	Lys
Ervilhas cozidas	0,60	0,58	Met + Cys
Isolado de proteína de Girassol	0,59	0,55	Lys
Farinha proteica de pepita de girassol	0,65	0,60	Met + Cys
Farinha de Girassol	0,63	0,58	Lys

Fonte: Rajpurohit (2023), Alexandrino (2017) e Joint (2007). Met= metionina, Cys=cisteína e Lys= lisina.

Estes estudos constataram que as proteínas de girassol, tanto isoladas quanto na forma de farinha, possuem uma qualidade nutricional moderada, pelo fato da lisina ser um aminoácido limitante. No entanto, a combinação de leguminosas pode otimizar o perfil de aminoácidos essenciais, tornando-as uma opção valiosa para dietas vegetarianas e veganas.

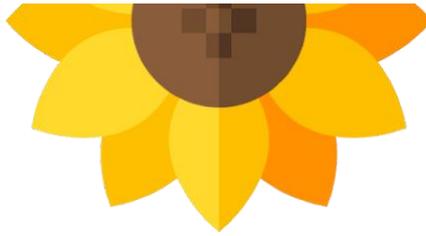
Pode-se considerar que o isolado de proteína de soja apresenta alta qualidade (PDCAAS: 0,98, DIAAS: 0,90) com excelente perfil de aminoácidos, enquanto o concentrado de proteína de ervilha é de boa qualidade (PDCAAS: 0,89, DIAAS: 0,82). Por outro lado, o concentrado de proteína de arroz tem baixa qualidade (PDCAAS: 0,42, DIAAS: 0,37) devido à falta de lisina. As proteínas de

girassol, tanto o isolado (PDCAAS: 0,59, DIAAS: 0,55) quanto a farinha (PDCAAS: 0,63, DIAAS: 0,58), possuem qualidade moderada e podem ser complementadas com outras fontes para melhorar o perfil de aminoácidos essenciais. Combinações estratégicas de proteínas vegetais podem ser adotadas para aprimorar a qualidade nutricional e atender às necessidades dos consumidores “*plant-based*”.

Entre os diversos componentes presentes no grão de girassol, os compostos fenólicos, com destaque para o ácido clorogênico, merecem atenção especial. Essas substâncias possuem notáveis propriedades biológicas funcionais, desempenhando funções como antioxidantes e anti-inflamatórios, e mostram um potencial promissor em várias aplicações, incluindo o combate ao diabetes, propriedades antimicrobianas e regulação da pressão arterial (Karamać et al, 2012)

Além disso, o óleo de girassol extraído do grão integral é uma fonte rica de vitamina E, especialmente na forma de alfa-tocoferol. Esta vitamina desempenha um papel crucial como antioxidante e contribui para a promoção da saúde cardiovascular (Houston, 2022).

A composição lipídica do óleo de girassol, ilustrada na Figura 2, revela uma rica variedade de ácidos graxos, incluindo ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico e ácido linoleico. Variedades de girassol como alto-linoleico, alto-oleico e meio-oleico, obtidas através de melhoramento genético e processamento industrial, demonstram a diversidade e versatilidade deste óleo.



Referencia para 100g:

A) Óleo



Micronutrientes

Vitamina E (alfa-tocoferol) **68,5 mg**

Vitamina K (filoquinona) **6,9 µg**

Fitosteróis:

Stigmastadiene **<1 mg**

Stigmasterol **29.2 mg**

Campesterol **33.9 mg**

Brassicasterol **<0.5 mg**

Beta-sitosterol **205 mg**

Campestanol **<0.5 mg**

Beta-sitostanol **3.36 mg**

Delta-5-avenasterol **11.4 mg**

Delta-7-stigmastenol **59.1 mg**

Lipídios:

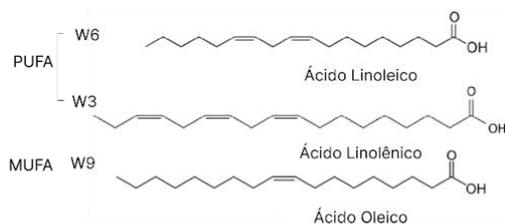
SAFA - Ácidos Graxos Saturados **8,99 g**

MUFA - Ácidos Graxos Monoinsaturados **63,4 g**

PUFA - Ácidos Graxos Poli-insaturados **20,7 g**

TFA-Ácidos Graxos Trans Totais **0,116 g**

Gordura Total (NLEA) **93,2 g**



B) Proteína

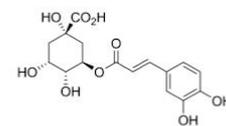
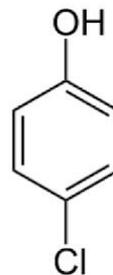


Aminoácidos:

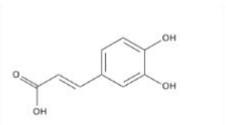
Aminoácidos:	PG	FAO
Histidina	27	15
Isoleucina	46	30
Leucina	60	59
Lysina	39	45
Metionina + Cistina	38	22
Cistina + Tirosina	49	44
Treonina	36	23
Triptofano	11	6
Valina	58	39

PG - Proteína de Girassol FAO - Referência

Fenóis



Ácido Clorogênico



Ácido Caféico

Ácidos: sinápico, ferúlico, gálico, cumárico e protocatecuico, glicosídeo, glucopiranosídeo e cinarina.

Biological Activity

- Antioxidantes
- Antimicrobianas
- Antiglicemiante
- Antihipertensivas
- Antiinflamatória
- Cicatrizante

Figura 2. Componentes de interesse do óleo e da farinha derivada do Girassol
Fonte: Autores, utilizando software Figma. A) Óleo (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2021); B) Farinha e Isolado (REN, et al 2012; KAUR, 2022). Imagens: (Shutterstock, 2023)

3.3. PRODUTOS ANÁLOGOS DE CARNE A BASE DE PROTEÍNAS DE GIRASSOL

A pesquisa em proteínas vegetais alternativas tem se concentrado no desenvolvimento de produtos análogos de carne à base de proteínas vegetais, com a tecnologia de extrusão de alta umidade (EAU) e a impressão 3D emergindo como métodos promissores. Estudos recentes, como os de Zhang et al. (2023) e Guyony et al. (2022), têm demonstrado o potencial da farinha de proteína de girassol na formulação desses produtos, destacando sua composição rica em aminoácidos e coloração similar à carne. Estudo similar foi realizado por Singh et al. (2021) mostraram a extrusão termomecânica como método para produção de análogos de carne. Este processo envolve agitação, cisalhamento e aquecimento de misturas viscosas, seguido por resfriamento rápido para formar fibras estendidas.

A extrusão é dividida em etapas de pré-condicionamento, mistura e cozimento, e resfriamento, com diferentes abordagens de umidade para produtos variados, como extensores de carne e pedaços texturizados. Wittek et al. (2021) investigaram a morfologia e características de fluxo durante a extrusão de um análogo de carne à base de plantas. Os autores descobriram que a morfologia do produto é influenciada principalmente nas zonas de transição e não resfriadas do extrusor, com o resfriamento tendo um impacto menor do que o esperado. A pesquisa ressaltou a importância da compreensão e controle da morfologia para o sucesso do design de produtos. Os estudos de Sun et al. (2022) focaram no design estrutural para melhorar os atributos de análogos de carne extrudados à base de plantas. Os autores analisaram como as variáveis de extrusão, incluindo a temperatura do barril, o design do molde de resfriamento e o conteúdo de umidade, afetam a qualidade dos análogos de carne, com foco na otimização das condições de processamento.

Diversos estudos exploraram proteínas vegetais extrudadas como substitutos de carne. Zahari et al. (2020) investigaram a utilização de proteína de cânhamo na produção de análogos de carne de alta umidade, com sucesso até 60% de concentração de proteína de cânhamo e soja. Do Carmo et al. (2021) examinaram análogos de carne feitos a partir de proteína de fava, destacando a influência das condições de extrusão nas propriedades físico-químicas e

sensoriais. Wittek et al. (2021) focaram na mistura de proteínas durante a extrusão de alta umidade, melhorando a textura dos produtos extrudados. Islam et al. (2022) e Mateen et al. (2023) exploraram o impacto da extrusão de alta umidade nas propriedades de análogos de carne de soja, enfatizando a influência do tratamento termomecânico e a otimização dos parâmetros operacionais para obter texturas desejadas.

A técnica de extrusão destaca-se por sua economia, proporcionando consistência na qualidade e produtividade durante todo o processo. Ela apresenta uma operação simples e de fácil limpeza, reduzindo o consumo de água e energia. Além disso, a técnica pode ser aplicada a uma variedade de matérias-primas em condições distintas. Contudo, alguns desafios precisam ser enfrentados, como as mudanças de cor resultantes das reações de Maillard, caramelização, hidrólise e degradação de pigmentos.

Para produção de análogos a carne vários elementos são necessários para compor as características visuais e organolépticas. Na Figura 3, a formulação envolve um mix de ingredientes com funções que incluem: (1) gorduras como óleos de palma, girassol e soja, aromatizantes como enxofre, nucleotídeos, açúcares redutores, aminoácidos, fumaça em pó e leveduras, além de corantes como extrato de tomate, beterraba, carotenos, urucum e fermento vermelho. São também empregados formadores de gel, como a metilcelulose alcalina, que promove o enchimento e aumenta a textura por meio de ligações químicas que retêm umidade. Outros componentes essenciais são os carboidratos formadores de fibras, como amidos de milho, mandioca e trigo, que são ativados durante o processo de (2) umidificação, aquecimento e extrusão. (3) Essa combinação de ingredientes e processos permite obter análogos de carne com características semelhantes à carne animal, tais como moído grosso (hambúrguer e nuggets), emulsionado (mortadela e linguiça), solto (carne moída).



Figura 3. Componentes necessários para produzir um análogo a carne com a proteína de girassol. **Fonte:** Autores, Software: Figma (2023); Imagens: Flaticon (2023).

3.4. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A inovação no desenvolvimento de produtos alimentícios à base de proteínas vegetais tem avançado consideravelmente, como evidenciado na análise de Rajpurohit e Li (2023). O estudo destacou as transformações estruturais, modificações químicas e aprimoramentos funcionais nas proteínas vegetais, visando aprimorar as experiências sensoriais, valores nutricionais e avanços tecnológicos. As aplicações específicas com farinha de girassol abrangem áreas como panificação, produção de massas, substitutos de carne, alternativas aos laticínios e até alimentos impressos em 3D (Tabela 2).

Tabela 2 – Alimentos elaborados a base de girassol

Alimento à base de girassol/ referência	Objetivo	Resultado
Pão sem glúten Zorzi, et al. (2020)	Avaliar o impacto de adicionar diferentes concentrações de concentrado de proteína de girassol (5%, 10% e 20% em uma mistura de farinhas com 70% de farinha de arroz e 30% de amido de milho) no pão sem glúten e comparar com a farinha de ervilha.	A inclusão do SPC melhorou a qualidade do pão sem glúten, reduzindo sua dureza após 21 dias de armazenamento e dobrando o conteúdo proteico em comparação com o pão de farinha de ervilha.
Muffin GRASSO, et al. (2020).	Avaliar os efeitos da incorporação de DSSF a 15% e 30% em muffins em substituição à farinha de trigo.	Aumento do teor de proteínas e cinzas e à diminuição do teor de carboidratos.
Biscoito GRASSO, et al. (2019).	Este estudo avaliou a qualidade instrumental e sensorial de biscoitos enriquecidos com DSSF a 18% e 36% p / p como substituto da farinha de trigo.	A inclusão de DSSF aumentou significativamente o teor de proteína dos biscoitos, bem como o TPC e a capacidade antioxidante dos biscoitos.
Barra de cereais BAURINA et al. (2021).	Determinar o efeito sobre as propriedades nutricionais, físico-químicas, e organolépticas de barras de cereais enriquecidas com proteína de girassol em pó.	Os resultados demonstraram que a utilização do isolado e do concentrado, obtidos a partir do farelo de girassol, em lanches é uma alternativa prática a outras proteínas vegetais, muitas vezes alergênicas.
Barra de chocolate com ervas, melão e	Tornar o consumo das ervas mais atrativo com a utilização em uma barra de chocolate	O chocolate preparado contém benefícios de ervas, sementes e tâmaras que

semente de girassol		aumentam o valor nutricional do chocolate e podem ser consumidos por pessoas de qualquer faixa etária.
KHURANA e SINGH (2019).		
Bebida vegetal	Criar uma bebida vegetal à base de sementes de girassol (<i>Helianthus annuus</i>), ervilha (<i>Pisum sativum</i>) e feijão verde (<i>Phaseolus multiflorus</i>).	O produto com 0,5% de goma guar foi identificado como a bebida vegetal mais diferenciada e semelhante ao leite de vaca.
KULCZYK, et al. (2023).		
Chapatis, biscoitos e bakodis	Analisar as composições centesimais das receitas de bolo de girassol e de bolo de girassol.	A incorporação de torta de girassol em receitas em níveis de 10 e 20 por cento contribuiu com um aumento significativo nos valores de proteína, fibra e gordura dos produtos contendo 20 por cento.
SRILATHA, K e KRISHNAKUMARI (2003).		

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente popularidade de dietas “*plant-based*” reflete uma consciência global voltada para a sustentabilidade, abrangendo um espectro diversificado de públicos. Entre eles, encontram-se os veganos, que excluem totalmente o consumo de produtos de origem animal por razões éticas, ambientais ou de saúde; os vegetarianos, que não consomem carne, mas podem incluir produtos derivados de animais, como laticínios e ovos, em suas dietas; e os flexitarianos, um grupo mais flexível que prioriza uma alimentação predominantemente vegetal, mas ocasionalmente inclui carne e outros produtos animais. Além desses, existem os onívoros conscientes, que, embora não adotem uma dieta estritamente “*plant-based*”, têm reduzido o consumo de carne e produtos animais em prol de práticas mais sustentáveis e saudáveis. Cada um desses grupos apresenta preferências sensoriais, nutricionais e éticas distintas, refletindo a diversidade de motivações e interesses no cenário alimentar atual.

Os análogos de carne evoluíram ao longo dos anos, com algumas versões buscando imitar a textura, sabor e aparência da carne para atrair consumidores onívoros e flexitarianos, enquanto outras opções não se assemelham tanto no sabor, mas remetem à carne em aparência ou conceito, servindo como complementos proteicos na dieta. Essa diversidade de produtos reflete a necessidade de atender a uma ampla gama de preferências e exigências dietéticas. Com o avanço da tecnologia de alimentos, produtos à base de plantas, como os análogos de carne, têm alcançado uma qualidade cada vez mais sofisticada e atrativa.

Neste cenário, a proteína de girassol emerge como uma solução promissora. Seu perfil nutricional e versatilidade a tornam uma excelente opção para a criação de produtos “*plant-based*” inovadores e sustentáveis. O futuro do sistema alimentar depende não só da adoção de tecnologias avançadas, mas também da capacidade de integrar ingredientes como a proteína de girassol de maneira eficaz e criativa, atendendo às demandas de um público cada vez mais diversificado e consciente. Portanto, a evolução contínua dos análogos de carne e a incorporação de ingredientes como a proteína de girassol representam um passo significativo em direção a um futuro alimentar mais sustentável e adaptado às necessidades e valores do consumidor moderno.

Este estudo realizou uma revisão abrangente sobre a economia circular do girassol, destacando a qualidade promissora de sua matriz proteica, que, de maneira geral, supera os valores recomendados pela FAO, com exceção do aminoácido lisina (limitante). Essa deficiência, contudo, não diminui a importância do girassol como um alimento construtor essencial para a saúde humana, dada a sua riqueza em compostos fenólicos como o ácido caféico e o ácido clorogênico, que conferem atividades antioxidantes, antiglicemiantes, anti-inflamatórias e anti-hipertensivas.

O girassol é uma cultura de significativa importância econômica mundial, essencial para a produção de óleo e derivados utilizados nas indústrias alimentícia e cosmética. A torta de girassol, subproduto desse processo, representa uma solução eficaz dentro do conceito de economia circular, promovendo o reaproveitamento de recursos e contribuindo para a alimentação humana.

No contexto do crescente mercado “*plant-based*”, o girassol revela um potencial ainda pouco explorado para o desenvolvimento de produtos alimentícios inovadores. Em particular, o perfil de aminoácidos e a presença do ácido clorogênico, que confere uma coloração mais escura às proteínas, tornam a proteína de girassol especialmente promissora para a criação de análogos de carne. Esta característica pode ser fundamental para replicar a aparência e textura da carne, atendendo às expectativas de consumidores que buscam alternativas “*plant-based*” com características sensoriais similares às da carne.

Por fim, o girassol se posiciona como um ingrediente valioso e versátil, capaz de atender tanto às demandas nutricionais quanto às expectativas sensoriais dos consumidores, alinhando-se com as tendências de um sistema alimentar mais sustentável, inovador e adaptado às necessidades do consumidor contemporâneo.

5. CONCLUSÃO

Esses estudos apresentam o estado da arte no desenvolvimento de análogos de carne à base de proteínas vegetais, demonstrando avanços tecnológicos, desafios e oportunidades para a produção sustentável de alimentos que imitam a carne.

6. REFERÊNCIAS

ADELEKE, Bartholomew Saanu; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 9, p. 4666-4684, 2020.

ALAM, Ashraful et al. Allium vegetables: Traditional uses, phytoconstituents, and beneficial effects in inflammation and cancer. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 23, p. 6580-6614, 2023.

ALEXANDRINO, Thaís Dolfini et al. Fractioning of the sunflower flour components: Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. **LWT**, v. 84, p. 426-432, 2017.

ALHAWARI, Omar et al. Insights from circular economy literature: A review of extant definitions and unravelling paths to future research. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 859, 2021.

ANDREANI, Giulia et al. “*plant-based*” meat alternatives: technological, nutritional, environmental, market, and social challenges and opportunities. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 452, 2023.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Circuito Deliberativo - CD nº 1.312, que resultou na publicação da Agenda pela Portaria nº 1409/2023, 2023. In: Manual da Agenda Regulatória. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/agenda-regulatoria/agenda-2024-2025/construcao-da-agenda-2024-2025>

ASCHEMANN-WITZEL, Jessica et al. “*plant-based*” food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 18, p. 3119-3128, 2021.

ATLASBIG, **Produção mundial de óleo de girassol por país, 2022.**, 2022. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-pela-producao-de-oleo-de-girassol>

AWUCHI, Chinaza Godswill et al. Environmental impacts of food and agricultural production: a systematic review. *Eur. Acad. Res*, v. 8, n. 2, p. 1120-1135, 2020.

BAURINA, Alexandra V. et al. Use of sunflower protein in snack bars. **Chemical Engineering Transactions**, v. 87, p. 1-6, 2021.

C MARA, G. G. et al. Industrial Applications of Sunflower Proteins. **Helia**, v. 27, n. 40, p. 117-142, 2004.

CÂMARA, Gil Miguel de Sousa. **Introdução ao agronegócio do girassol. Piracicaba: ESALQ-LPV.** . Acesso em: 06 abr. 2023. , 2004

DELLA GATTA, C.; PIERGIOVANNI, A. R. Technological and nutritional aspects in hyperproteic bread prepared with the addition of sunflower meal. **Food chemistry**, v. 57, n. 4, p. 493-496, 1996.

DETZEL, Andreas et al. Life cycle assessment of animal-based foods and plant-based protein-rich alternatives: an environmental perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 102, n. 12, p. 5098-5110, 2022.

FASOLIN, Luiz H. et al. Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. **Food research international**, v. 125, p. 108586, 2019.

FASOLIN, Luiz H. et al. Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. **Food Research International**, v. 125, p. 108586, 2019.

FIGMA, **Figma**. Disponível em: <https://www.figma.com/>. Acesso em: 18/12/2023.

FLATICON, **Flaticon**. Disponível em: <https://www.flaticon.com/br/>. Acesso em: 18/12/202

GFIa, The Good Food Institute. **8 bilhões, e agora?** / The Good Food Institute. – São Paulo: The Good Food Institute, 2023. Disponível em < <https://gfi.org.br/relatorio-2022/>> Acesso em 21 de março de 2023.

GRASSO, Simona et al. The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits. **Foods**, v. 8, n. 8, p. 305, 2019.

GRASSO, Simona; LIU, Shuyi; METHVEN, Lisa. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. **Lwt**, v. 119, p. 108893, 2020.

GUPTA, A. K. Production, refinement and characterization of sunflower oil. In: Advances in Feedstock Conversion Technologies for Alternative Fuels and Bioproducts. **Academic Press**, 2014. p. 51-71.

GUYONY, Valérie; FAYOLLE, Francine; JURY, Vanessa. High moisture extrusion of vegetable proteins for making fibrous meat analogs: A review. **Food Reviews International**, p. 1-26, 2022.

HENCHION, Maeve et al. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. **Foods**, v. 6, n. 7, p. 53, 2017.

HOFSTETTER, Joerg S. et al. From sustainable global value chains to circular economy—different silos, different perspectives, but many opportunities to build bridges. **Circular Economy and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 21-47, 2021.

HOUSTON, Mark C. The Treatment of Hypertension with Nutrition, Nutritional Supplements, Lifestyle and Pharmacologic Therapies. In: **Nutritional and Integrative Strategies in Cardiovascular Medicine**. CRC Press, 2022. p. 143-188.

IBOPE, O **consumidor brasileiro e o mercado “plant-based”**, 2021 <disponível em: < <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-”plant-based”.pdf>>

ISLAM, Monirul et al. Effect of high-moisture extrusion on soy meat analog: study on its morphological and physiochemical properties. **Italian Journal of Food Science**, v. 34, n. 2, p. 9-20, 2022.

JAEGER, Sara R.; GIACALONE, Davide. Barriers to consumption of “plant-based” beverages: A comparison of product users and non-users on emotional, conceptual, situational, conative and psychographic variables. **Food Research International**, v. 144, p. 110363, 2021.

KAUR, R. R. et al. Sunflower as an oilseed crop: genetic improvement. In: **Biotechnologies of Crop Improvement**. Springer, Volume 3 Singapore, 2022. p. 95-114.

KAUR, RamanPreet; GHOSHAL, Gargi. Sunflower protein isolates-composition, extraction and functional properties. **Advances in Colloid and Interface Science**, p. 102725, 2022.

KEININGHAM, Timothy et al. Customer experience driven business model innovation. **Journal of Business Research**, v. 116, p. 431-440, 2020.

KHURANA, Reevika; SINGH, Shweta. Formulation of a herbal bar with muskmelon and sunflower seed. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, p. 81-85, 2019.

KULCZYK, Ewa; DROŻŁOWSKA-SOBIERAJ, Emilia; BARTKOWIAK, Artur. Novel Milk Substitute Based on Pea, Bean and Sunflower Seeds with Natural Bioactive Stabilisers. **Plants**, v. 12, n. 12, p. 2303, 2023.

LEIALOHILANI, Annisa; DE BOER, Alie. EU food legislation impacts innovation in the area of “plant-based” dairy alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 104, p. 262-267, 2020.

PARK, Brian; BURKE, John M. Phylogeography and the evolutionary history of sunflower (*Helianthus annuus L.*): wild diversity and the dynamics of domestication. **Genes**, v. 11, n. 3, p. 266, 2020.

RAJPUROHIT, Bipin; LI, Yonghui. Overview on pulse proteins for future foods: Ingredient development and novel applications. **Journal of Future Foods**, v. 3, n. 4, p. 340-356, 2023.

RAUF, Saeed et al. The exploitation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed and other parts for human nutrition, medicine and the industry. **Helia**, v. 43, n. 73, p. 167-184, 2020.

REN, Jian et al. Isolation and characterization of sunflower protein isolates and sunflower globulins. **Information technology and agricultural engineering**, p. 441-449, 2012.

ROMBACH, Meike et al. Is cultured meat a promising consumer alternative? Exploring key factors determining consumer's willingness to try, buy and pay a premium for cultured meat. **Appetite**, v. 179, p. 106307, 2022.

SHUTTERSTOCK, **Shutterstock**. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/>. Acesso em: 18/12/2023.

SINGH, Meenakshi et al. "*plant-based*" meat analogue (PBMA) as a sustainable food: A concise review. **European Food Research and Technology**, v. 247, p. 2499-2526, 2021.

SRIDHAR, Kandi et al. Recent trends in design of healthier "*plant-based*" alternatives: Nutritional profile, gastrointestinal digestion, and consumer perception. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-16, 2022.

SRILATHA, K.; KRISHNAKUMARI, K. Proximate composition and protein quality evaluation of recipes containing sunflower cake. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 58, p. 1-11, 2003.

SUCHEK, Nathalia et al. Innovation and the circular economy: A systematic literature review. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 8, p. 3686-3702, 2021.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Sunflower oil**. Data Type: Survey (FNDDS) FDC ID: 1103867; Food Code: 82108500. Start Date: 01/01/2017; End Date: 12/31/2018. Food Category: Salad dressings and vegetable oils. FDC Published: 30/10/2020. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1103867/nutrients>. Acesso em: 5 maio 2024.

VELENTURF, Anne PM; PURNELL, Phil. Principles for a sustainable circular economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 1437-1457, 2021.

WITTEK, Patrick et al. Morphology development and flow characteristics during high moisture extrusion of a “*plant-based*” meat analogue. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1753, 2021.

WITTEK, Patrick; KARBSTEIN, Heike P.; EMIN, M. Azad. Blending proteins in high moisture extrusion to design meat analogues: Rheological properties, morphology development and product properties. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1509, 2021.

CAPÍTULO 2

QUEM É O CONSUMIDOR PLAN-BASED? UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE OS CONSUMIDORES E AS EXPECTATIVAS

WHO IS THE “*PLANT-BASED*” CONSUMER? AN EXPLORATORY STUDY ON CONSUMERS AND EXPECTATIONS

O artigo será submetido à revista Observatorio de La Economía Latinoamericana (OLEL), ISSN 1696-8352

Resumo

O estudo visa aprofundar o entendimento do conceito “*plant-based*” em múltiplas áreas do conhecimento, evidenciando uma lacuna na literatura quanto à definição e ao mapeamento da evolução e categorias associadas a esse termo em pesquisas acadêmicas. Por meio de uma revisão bibliográfica, analisa-se o comportamento, as expectativas e as preferências de consumidores de dietas baseadas em plantas, incluindo veganos, vegetarianos, flexitarianos e onívoros. Destaca-se a diversidade de perfis e os benefícios à saúde e prevenção de doenças crônicas vinculados a essas dietas. Salienta-se a necessidade de melhorar as qualidades sensoriais e nutricionais de produtos “*plant-based*” industrializados, muitos dos quais são vistos pelos consumidores ultraprocessados. O estudo aborda desafios como a neofobia alimentar e a variação na aceitação de inovações, como carne cultivada, influenciados pela percepção de naturalidade e pela confiança na indústria. Como resposta, a indústria adapta-se, desenvolvendo produtos que atendem às tendências de consumo “*plant-based*”, com ênfase em ciência sensorial e nutrição. A pesquisa sublinha a importância de compreender as motivações e preferências dos consumidores para promover a adoção de dietas sustentáveis e saudáveis.

Palavras-chave: Consumidor “*plant-based*”; Dietas Baseadas em Plantas; Análogos Proteicos; Percepção Sensorial; Sustentabilidade Alimentar.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a popularidade das dietas baseadas em plantas está crescendo, indicando uma mudança significativa nos hábitos alimentares globais. Este estudo destaca a compreensão das expectativas e preferências de diferentes grupos, incluindo vegetarianos, veganos, flexitarianos e onívoros abertos a novas experiências alimentares, especialmente em relação aos análogos substitutos de origem animal, denominados alimentos “*plant-based*”.

Os principais motivos para a adoção de dietas “*plant-based*” são saúde, sustentabilidade e questões éticas relacionadas ao bem-estar animal. Faber et al. (2020) e Fiorentini et al. (2020) destacam as atitudes variadas dos consumidores, desde flexitarianos que procuram alternativas que imitem a carne, até aqueles voltados para veganos que preferem alimentos que não tentam replicar a carne.

Este estudo também examina a importância da tecnologia alimentar, das carnes cultivadas e das proteínas vegetais para um sistema alimentar global sustentável e ético, como mostrado por Lusk et al. (2022) e Katare et al. (2023). Busca-se oferecer insights sobre a evolução dos alimentos “*plant-based*” e a relação entre as preferências dos consumidores e as inovações na indústria alimentícia, visando compreender as tendências e complexidades desse mercado em constante evolução e seu papel nos sistemas alimentares futuros.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Esta revisão bibliográfica, de natureza observacional e transversal, concentrou-se na investigação sobre o consumidor planta-based. Utilizou-se as bases Dimensions, SCieLO, Google Acadêmico, Scopus, BDTD e PubMed, empregando termos específicos em inglês como “*plant-based*”, “*plant-based* Diet”, “Consumer *plant-based*” e “Plant Based Foods”. Baseando-se em critérios de relevância e qualidade, incluindo trabalhos empíricos e revisões teóricas, fez análise dos dados e focou na interpretação e síntese das informações encontradas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A filosofia “*plant-based*” atrai uma ampla gama de seguidores, desde veganos estritos a flexitarianos, cada um com suas motivações e objetivos específicos. Esta diversidade reflete a complexidade e a riqueza do movimento em direção a uma alimentação mais focada em vegetais.

3.1. CONTEXTUALIZANDO OS DIFERENTES PÚBLICOS

O vegetarianismo, praticado informalmente há séculos em diversas culturas, obteve reconhecimento e nomenclatura modernos no início do século XIX, culminando na fundação da Sociedade Vegetariana da Inglaterra em 1847. Essa evolução simbolizou a popularização do vegetarianismo, integrando considerações éticas, ambientais e de saúde na escolha dietética (HARGREAVES, al. 2023).

Paralelamente, o veganismo surgiu em 1944, quando Donald Watson, da Vegan Society, estendeu o vegetarianismo para excluir todos os produtos de origem animal, promovendo uma alimentação e estilo de vida livres de exploração animal (MATHIAS, 2022). No início do século XXI, o flexitarianismo ganhou popularidade, refletindo uma abordagem dietética que mescla princípios vegetarianos com o consumo ocasional de carne e peixe, indicando uma tendência de redução, mas não eliminação, do consumo de carne.

Nos anos 1980 e 1990, emergiu o conceito “*plant-based*”, como China Study enfatizando uma dieta centrada em alimentos de origem vegetal, mas sem necessariamente excluir produtos animais, focando em escolhas alimentares saudáveis e sustentáveis (CAMPBELL e CAMPBELL, 2019). Paralelo a essas mudanças dietéticas, ocorreu a evolução dos hambúrgueres. A forma moderna do hambúrguer, originada no século XIX, influenciou globalmente o consumo de carne.

A inovação também veio com os hambúrgueres de leguminosas, como soja, lentilha e grão de bico, nas últimas décadas do século XX, refletindo a conscientização sobre saúde e sustentabilidade e oferecendo alternativas vegetais à carne tradicional. Este movimento foi impulsionado pelo desenvolvimento tecnológico, particularmente na criação de carne vegetal, onde

empresas como Beyond Meat e Impossible Foods lideraram na replicação da experiência sensorial da carne usando ingredientes vegetais (NUMA, et al 2023).

Avanços significativos na extração de proteínas vegetais permitiram a produção em larga escala de alternativas à carne, proporcionando opções de alta qualidade nutricional para dietas vegetarianas e veganas. Uma inovação notável foi a introdução da carne cultivada em laboratório em 2013 por Mark Post, uma resposta aos desafios de sustentabilidade e ética na produção de carne tradicional (POST, 2012).

Finalmente, a impressão 3D na produção de carne análoga, iniciada no início do século XXI, abriu novos caminhos na inovação alimentar, permitindo a criação de produtos com texturas e formas complexas que imitam fielmente a carne real (K. HANDRA, et al 2022). Esta retrospectiva destaca a interação contínua entre mudanças nas preferências dietéticas, preocupações ambientais e avanços tecnológicos no setor alimentício.

Atualmente, percebe-se um aumento na preferência por dietas baseadas em plantas, motivado por uma variedade de razões, incluindo a preocupação com os direitos dos animais, questões éticas, benefícios para a saúde e a sustentabilidade ambiental. Esta tendência marca uma alteração notável nos padrões de alimentação e nos estilos de vida, refletindo um crescimento na conscientização sobre o impacto das escolhas alimentares no mundo ao nosso redor. Contudo, existe uma diversidade nas definições dos grupos que adotam e seguem dietas à base de plantas, como pode ser observado na Tabela 1:

Tabela 1 - Definição dos Públicos “*plant-based*”

Dieta	Definição
Baseada em Plantas	Um padrão alimentar no qual os alimentos de origem animal são totalmente ou principalmente excluídos
Flexitariana	Permite o consumo de carne em quantidades reduzidas
Semivegetariana	Um padrão alimentar no qual certos tipos, mas não todos, de carnes são excluídos
Pescovegetariana	Exclui todas as carnes, exceto peixes e frutos do mar
Pollovegetariana	Exclui carnes vermelhas

Vegetariana	Um padrão alimentar que exclui carne, alimentos derivados de carne e, em diferentes graus, outros produtos de origem animal
Ovolactovegetariana	Exclui todas as carnes da dieta, mas permite o consumo de outros produtos de origem animal, como ovos e laticínios
Lactovegetariana	Exclui todas as carnes e produtos derivados de ovos da dieta
Ovovegetariana	Exclui todas as carnes e produtos lácteos da dieta
Vegana	Exclui todos os alimentos de origem animal. Também conhecida como 'vegetariana estrita'
Vegana de Alimentos Integrais	Uma dieta composta principalmente ou totalmente de alimentos vegetais integrais (como frutas frescas, vegetais, nozes, sementes e grãos), com alimentos processados limitados ou nulos e produtos de origem animal. Também conhecida como 'Dieta baseada em plantas de alimentos integrais'

Fonte: HARGREAVES, al. 2023.

3.2. BENEFÍCIOS NUTRICIONAIS DE UMA DIETA BASEADA EM PLANTAS

A dieta baseada em plantas tem atraído considerável atenção na pesquisa nutricional devido aos seus múltiplos benefícios à saúde. Estudos têm demonstrado que uma dieta rica em alimentos vegetais pode oferecer proteção contra uma variedade de condições crônicas.

Melhoria da Nutrição e Redução de Doenças Crônicas: Uma revisão da literatura canadense, mostrou evidências de que dietas à base de plantas melhoram a nutrição e reduzem o risco de várias doenças crônicas. Neste estudo Bye et al. (2021) ressaltaram o papel crucial que uma dieta rica em plantas pode desempenhar na promoção da saúde geral e na prevenção de doenças.

Doenças Hepáticas e Diabetes Tipo 2: Kouvari et al. (2022a) avaliaram a associação entre uma dieta à base de plantas saudável e a prevalência de doença hepática gordurosa não alcoólica (NAFL) e diabetes tipo 2. Foi descoberto que tal dieta está associada a uma menor prevalência dessas

condições, contrastando com uma dieta não saudável (uPDI) que está relacionada a um maior risco. Este estudo destaca a importância da qualidade da dieta à base de plantas na prevenção de doenças metabólicas.

Doenças Cardiovasculares: Num estudo prospectivo foi observado que uma adesão maior a dietas à base de plantas está ligada a um menor risco de doenças cardiovasculares (Kouvvari et al., 2022b), reduzindo a probabilidade de ocorrência de isquemias cardiovasculares.

Osteoporose em Adultos Mais Velhos: Um estudo conduzido por Hu, et al. (2023) com adultos mais velhos associou a dieta à base de plantas saudável com redução no risco de osteoporose, especialmente em mulheres. Este achado é particularmente relevante, dado o aumento da prevalência de osteoporose em idades avançadas.

Comparação com Dietas Onívoras: Pesquisas que compararam a qualidade da dieta entre diferentes padrões alimentares, incluindo o uso de substitutos de carne à base de plantas, constataram que os padrões alimentares vegetarianos e pescetarianos são mais saudáveis que a dieta omnívora (Vasiloglou et al., 2023). Este estudo fornece uma compreensão valiosa sobre como dietas baseadas em plantas podem oferecer uma nutrição mais equilibrada em comparação com dietas que incluem carnes.

Redução da Pressão Arterial e Melhora da Saúde Cardiovascular: foi constatado no estudo de Lee et al. (2020), que vegetarianos têm valores menores de pressão arterial sistólica e diastólica. Essa verificação pode ser atribuída a uma maior ingestão de potássio, menor viscosidade sanguínea e peso corporal, como discutido por Ozemek et al. (2018) e Berkow e Barnard (2005), respectivamente. Estes estudos enfatizam o potencial das dietas à base de plantas em melhorar a saúde cardiovascular.

Efeitos na Microbiota Intestinal: efeitos positivos de uma alta ingestão de alimentos vegetais na saúde da microbiota intestinal foi estudada por Tomova, et al. (2019). Uma dieta rica em fibras, fitoquímicos e carboidratos, com menor ou nenhuma ingestão de proteína animal, mostrou ser benéfica para manter uma microbiota equilibrada, o que contribui para a saúde geral.

Perda de Peso e Melhoria do Perfil Lipídico: estudos indicaram que a adoção de dietas vegetarianas e à base de plantas pode contribuir para a perda

de peso, redução do consumo calórico voluntário e melhor perfil lipídico, fatores importantes para um menor risco de doenças crônicas (Hall et al., 2021).

Impacto Ambiental e Sustentabilidade: As dietas à base de plantas também têm um impacto positivo no meio ambiente. González-García et al. (2018) demonstraram que a pegada ecológica e de carbono de dietas vegetarianas e veganas é significativamente menor do que a de dietas omnívoras. Isso enfatiza a sustentabilidade de adotar uma dieta mais focada em alimentos vegetais.

Em conclusão, a dieta à base de plantas oferece inúmeros benefícios para a saúde e, além disso, oferece vantagens ambientais significativas, ressaltando sua relevância não apenas para a saúde individual, mas também para a saúde do planeta.

3.3. ESTUDOS DO CONSUMIDOR: A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS NO CENÁRIO “PLANT-BASED”

A crescente tendência em direção a dietas baseadas em plantas tem impulsionado uma revisão abrangente dos estudos sobre o comportamento do consumidor nesse segmento. Esta sessão explora as motivações, preferências e barreiras enfrentadas pelos consumidores de produtos “*plant-based*”, fornecendo insights valiosos para a indústria alimentícia.

A influência das fontes de informação nas escolhas alimentares foi ressaltada por Vainio (2019). O estudo revelou que fontes comerciais tendem a desencorajar o consumo de dietas à base de plantas, enquanto fontes científicas têm um impacto positivo. Isso sublinha a necessidade de entender as motivações do consumidor para otimizar as estratégias de comunicação e marketing.

As intervenções comportamentais para encorajar dietas à base de plantas examinada por Taufik (2019), concluiu que estratégias bem-sucedidas devem abordar tanto fatores individuais quanto ambientais. O estudo sugere a necessidade de mais pesquisas focadas em promover especificamente alimentos “*plant-based*”. As preocupações com proteínas, saciedade e sabor foram identificadas como principais barreiras à adoção de dietas “*plant-based*” (Reipurth et al., 2019). Já os facilitadores incluem disponibilidade de alimentos, habilidades culinárias e bom sabor, indicando áreas de foco para campanhas de

promoção de saúde. Jaeger (2021) destacou percepções negativas e neofobia alimentar como barreiras significativas para a aceitação de bebidas “*plant-based*”, enfatizando a necessidade de superar esses obstáculos para promover alternativas sustentáveis.

Variações nas percepções de carne à base de plantas e carne limpa entre EUA, Índia e China, sendo a familiaridade um fator chave, sugerindo a necessidade de estratégias de mercado adaptadas a diferentes culturas e níveis de familiaridade (Bryant et al., 2019). Os consumidores foram agrupados com base na vontade de consumir alimentos “*plant-based*” em diferentes categorias, sendo que a pesquisa destaca a importância de considerar fatores emocionais, conceituais e situacionais na criação de produtos atrativos para segmentos específicos (Fiorentini et al., 2020). Van Loo et al. (2020) mostraram que a carne de fazenda ainda domina o mercado, mas há um interesse crescente em alternativas “*plant-based*”, especialmente entre grupos demográficos específicos, como vegetarianos e jovens educados. Outro estudo identificou um aumento na satisfação com a carne à base de plantas na Bélgica, associado à crescente preocupação ambiental, ressaltando a relevância de diversificar as opções de proteínas alternativas (Bryant, 2022). Katare et al. (2023) e Lusk et al. (2023) avaliaram as preferências por diferentes tipos de carne e alternativas, indicando que as escolhas dos consumidores são influenciadas por demografia, informações e elasticidades de preços.

Imagens saudáveis contribuem para melhorar as atitudes dos consumidores, particularmente daqueles conscientes da saúde, em relação a produtos à base de proteína vegetal (Banovic, 2021). Os apelos sociais também contribuem para aumentar a preferência por itens à base de plantas, enquanto apelos de saúde não tiveram o mesmo efeito. A pesquisa sugere a eficácia de estratégias de marketing focadas em apelos sociais (Ye, 2021). descobriu que

Pesquisadores tem buscado entender as atitudes, vantagens percebidas e barreiras ao uso de substitutos vegetais em diferentes países europeus, revelando variações ligadas a tradições culinárias específicas Adamczyk et al. (2022). Foi demonstrado que normas sociais e motivadores individuais são significativos na aceitação de proteínas alternativas, enfatizando a importância de considerar aspectos sociais e atitudes pessoais na promoção de tais produtos (Yasmeen et al., 2022). Assim como, os fatores que influenciam a disposição em

pagar por alternativas de leite, ressaltando a importância da curiosidade alimentar, inflação de preços, percepções sobre bem-estar animal e sustentabilidade (Rombach et al., 2022). De modo geral, destaca-se a preferência por produtos que lembram lácteos convencionais (Amyoony et al., 2023) em relação aqueles que apresentam retrogosto de bebidas e queijos “*plant-based*”.

Aspectos multidimensionais das alternativas de carne “*plant-based*” *tem sido discutida*, abordando produção, perfil nutricional, impacto ambiental e aceitação do mercado (Andreani et al., 2023). No Reino Unido foi evidenciando o aumento do consumo de alimentos “*plant-based*” nas dietas, embora sua contribuição seja modesta, mas aparece como crescente, destacando seu potencial para promover sistemas alimentares sustentáveis (Caputo, 2023). Lusk et al. (2022) utilizaram um modelo econômico para avaliar o impacto das alternativas “*plant-based*”, concluindo que outras estratégias de mitigação são necessárias além da redução de preços.

Estes estudos refletem a complexidade do comportamento do consumidor “*plant-based*”, destacando a necessidade de estratégias de marketing e comunicação personalizadas que abordem as motivações, barreiras e preferências desse público.

3.4. A EVOLUÇÃO DAS GERAÇÕES DE ANÁLOGOS “PLANT-BASED” PROTEICOS

Diversos estudos demonstram que embora uma dieta “*plant-based*” esteja associada com melhoria da saúde, as características sensoriais dos produtos industrializados ainda precisam melhorar nas próximas versões. Por outro lado, a visão dos ultraprocessados, mesmo sendo “*plant-based*”, ainda tem impacto negativo para os consumidores, conforme apontam as revisões sugeridas.

Tabela 2 - Estado da arte sobre a evolução dos análogos de origem animal

Referência/ Autores	Objetivo	Metodologia e Participantes	Resultados
Curtain & Grafenauer (2019)	Comparar substitutos de carne à base de plantas com produtos equivalentes de carne.	Auditoria realizada em quatro supermercados metropolitanos de Sydney (Coles, Woolworths, Aldi, IGA). Coleta de informações nutricionais e Health Star Rating (HSR) de 137 produtos. Participantes: 137.	Opções à base de plantas tinham menos gordura, mais carboidratos, açúcares e fibras. Baixo teor de sódio em apenas 4%. Menos produtos enriquecidos com B12, ferro e zinco.
Hwang et al. (2020)	Identificar fatores que influenciam as intenções de compra de carnes alternativas.	Duas seções de pesquisa online com participantes sul-coreanos. Relações entre variáveis e disposição de compra analisadas. Participantes: 513 (carne cultivada), 504 (substitutos à base de plantas).	Sustentabilidade e neofobia alimentar são fatores diferentes. Curiosidade alimentar, sensação de artificialidade e desconfiança em biotecnologia são fatores comuns que afetam escolha de compra.
Possidônio et al. (2021)	Explorar percepções dos consumidores sobre alternativas de proteína, avaliando associações e apresentações.	Estudo 1: 138 participantes associaram proteínas animais convencionais e alternativas. Estudo 2: 285 participantes avaliaram alternativas de carne em diferentes apresentações. Participantes: 138:Estudo 1 e 285: Estudo 2.	Três perfis de consumidores identificados. Apresentação influenciou apelo das alternativas. Não há uma única maneira de apresentar todas as alternativas para todos os consumidores.

Petersen et al. (2021)	Examinar confiabilidade de rótulos frontais de carne e substitutos de carne em indicar qualidade nutricional.	Análise de 5.482 inovações do mercado de carne na Alemanha (2010-2018). Avaliação de qualidade nutricional e aditivos alimentares. Participantes: - (baseado em dados de mercado).	Substitutos de carne possuem menos "nutrientes a limitar" que carne vermelha e de aves. Menos aditivos em carne de aves e substitutos. Rótulos nem sempre relacionados à qualidade nutricional e naturalidade.
Michel et al. (2021)	Explorar impacto ambiental do consumo de carne e barreiras para adoção de alternativas à base de plantas.	Pesquisa online na Alemanha com 1039 participantes. Análise de associações e preferências. Participantes: 1039.	Carne associada a termos positivos, alternativas à base de plantas mais negativas. Imitação de produtos de carne altamente processados recomendada para substituição bem-sucedida.
Tso & Forde (2021)	Comparar benefícios nutricionais de substitutos de carne à base de plantas com dietas à base de plantas tradicionais e produtos de origem animal.	Modelagem de dietas à base de dados NHANES 2017-2018. Comparação de valores nutricionais. Participantes: - (baseado em dados de pesquisa).	Substitutos de carne tradicionais atendem a necessidades diárias de nutrientes, exceto vitamina B12. Novos substitutos possuem desafios nutricionais.
Pakseresht et al. (2022)	Analisar fatores que influenciam a aceitação da carne cultivada	Revisão sistemática de 43 artigos (2008-2020) sobre atitudes dos consumidores em	Consumidores dispostos a pagar mais por substitutos de carne, sendo a disposição para pagar por carne cultivada é menos clara. Barreira da

	pelos consumidores.	relação à carne cultivada.	neofobia alimentar e incertezas sobre segurança e saúde. Disponibilidade, preço e apelo sensorial são determinantes da aceitação. Recomenda-se pesquisas sobre inter-relações entre produção pecuária, segurança alimentar e alternativas de carne.
Rombach et al. (2022)	Avaliar fatores que influenciam a disposição dos consumidores em experimentar, comprar e pagar mais por carne cultivada.	Modelagem de equações estruturais de mínimos quadrados parciais com 3091 respondentes de diversos países.	Neofobia alimentar, alergias, preferência por alimentos locais e preocupações com tecnologia prejudicam a aceitação da carne cultivada. Curiosidade alimentar, importância da carne e percepção positiva da carne cultivada influenciam positivamente a disposição dos consumidores. Implicações para gestores de marketing.
Nezlek & Forestell (2022)	Discutir benefícios e desafios das alternativas de carne à base de plantas (PBMA) e carne cultivada (CM).	Análise crítica do estado atual, desafios e benefícios das alternativas de carne à base de plantas e carne cultivada.	PBMA e CM podem enfrentar resistência devido à falta de similaridade com produtos de carne sólidos, apego à carne tradicional, ameaça a valores sociais e custos. Necessidade de compreender percepções dos consumidores com mais experiência direta.
Onwezen et al. (2022)	Analisar aceitação de proteínas alternativas	Estudo comparativo de aceitação de proteínas alternativas baseadas em diferentes fontes em	Normas sociais influenciam aceitação de proteínas alternativas. Amantes de carne e flexitarianos seguem

	com base em diferentes fontes em comparação com carne convencional.	diferentes grupos de consumidores.	mais normas sociais; abstêmios de carne são mais influenciados por atitudes individuais. Consideração dos aspectos sociais é crucial para transição bem-sucedida.
Alae-Carew et al. (2022)	Investigar tendências de consumo de alimentos alternativos à base de plantas (PBAF) no Reino Unido.	Análise de dados dietéticos de inquéritos nacionais repetidos (2008-2019) para avaliar mudanças no consumo de PBAF.	Aumento significativo no consumo de PBAF no Reino Unido. Mulheres, millennials e indivíduos de renda mais alta são mais propensos a consumir PBAF. Consumidores de carne baixa consomem mais PBAF do que consumidores de carne alta. Impacto das mudanças no consumo em sistemas alimentares sustentáveis destacado.
Vural et al. (2023)	Avaliar como os consumidores valorizam alternativas aos produtos de carne convencionais.	Estudo quantitativo no Reino Unido com 151 consumidores de carne e 44 não consumidores de carne.	Alternativas aos produtos de carne convencionais são aceitáveis para consumidores de carne e não consumidores. Atributos como saúde influenciam percepção. Implicações para promover aceitação baseada em percepções de saúde.
Falkenberg et al. (2023)	Avaliar o potencial de substituição de carne convencional por alternativas à base de plantas em	Comparação de teor de proteína, ingestão calórica e preços entre substitutos à base de plantas e carne convencional em supermercados austríacos.	Não há diferença significativa de proteína entre substitutos à base de plantas e carne convencional. Produtos à base de plantas têm menor ingestão calórica. Preços ainda mais altos. Diferenças nos ingredientes e valores

	supermercados austríacos.		nutricionais entre Áustria e Austrália.
McClements (2023)	Explorar desafios e preocupações em relação a alimentos à base de plantas de próxima geração como substitutos de carne.	Discussão sobre alimentos à base de plantas ultra processados e seus possíveis impactos negativos na nutrição e saúde humana.	Alimentos à base de plantas ultra processados podem ser deficientes em nutrientes, conter ingredientes industriais e ter efeitos negativos na saúde. Possibilidade de projetar alimentos à base de plantas saudáveis. Importância de pesquisa para criar um suprimento alimentar saudável e sustentável.
Latunde-Dada et al. (2023)	Analisar a composição mineral e a absorção de hambúrgueres à base de plantas em comparação com carne bovina.	Análise de composição mineral e absorção de minerais em hambúrgueres à base de plantas e carne bovina.	Hambúrgueres à base de plantas têm menor teor de ferro e zinco, mas são boas fontes de cálcio, cobre, magnésio e manganês. Absorção de ferro semelhante, mas carne bovina superior em zinco.
Latunde-Dada et al. (2023)	Investigar composição mineral e absorção de hambúrgueres à base de plantas em comparação com carne bovina.	Análise de conteúdo total e bioacessível de minerais em hambúrgueres à base de plantas e carne bovina.	Carne bovina tem maior conteúdo e bioacessibilidade de ferro e zinco, mas hambúrgueres à base de plantas destacam-se como fontes superiores de cálcio, cobre, magnésio e

As pesquisas fornecem visões importantes para aprimorar a nutrição e a sustentabilidade dessas opções alimentares, mas também destacam desafios a

serem superados, como a formulação nutricional e aceitação pelos consumidores. O aprofundamento nessas questões é fundamental para promover a transição para dietas mais saudáveis e ambientalmente responsáveis.

4. DISCUSSÃO

4.1. CONSUMIDORES NEOFÓBICOS A TECNOLOGIA DA CARNE CULTIVADA

No cenário atual da inovação alimentar, um dos desafios mais significativos enfrentados pela indústria é a aceitação de novos produtos por consumidores que, frequentemente, exibem resistência à novidade devido à neofobia alimentar. Esta relutância em experimentar novos alimentos é um obstáculo considerável à inovação no setor agroalimentar. O estudo de Faccio e Nai Fovino (2019) destaca que a neofobia alimentar, ao lado de ideologias específicas e uma forte aderência às tradições, pode gerar desconfiança ou hostilidade em relação a inovações como OGMs, carne cultivada e insetos como alimentos.

Em um estudo relacionado conduzido por Hamlin, McNeill e Sim (2022) sobre a aceitação da carne cultivada em laboratório, comparada com carne de insetos, plantas e animais, os resultados apontam para uma reação dominada por fatores afetivos, em vez de cognitivos, entre os consumidores neozelandeses. Este estudo revela diferenças significativas nas preferências por produtos cárneos baseadas em suas origens, com a carne de insetos sendo fortemente desfavorecida em relação a todas as alternativas e a carne cultivada menos preferida em comparação com as opções mais estabelecidas.

Outro aspecto crucial no contexto da aceitação da carne cultivada é o papel da percepção cultural. A pesquisa de Siegrist e Hartmann (2020), realizada em dez países, identificou diferenças culturais substanciais na aceitação da carne cultivada. Fatores como a naturalidade percebida da carne cultivada e o nojo que ela evoca foram relevantes para a aceitação desta tecnologia alimentar inovadora em todos os países estudados. A confiança na indústria alimentar, a

neofobia alimentar e a sensibilidade ao nojo alimentar influenciam tanto direta quanto indiretamente a aceitação da carne cultivada.

Além disso, a pesquisa de Tsvakirai, Nalley e Makgopa (2023) na África do Sul buscou desenvolver uma escala de neofobia específica para carne cultivada. Os resultados mostraram um baixo nível de neofobia no mercado sul-africano, com preocupações dominantes centradas na qualidade da carne. Curiosamente, fatores normalmente fortes como saúde, segurança alimentar e preocupações sociais e culturais foram classificados como baixos, sugerindo que a penetração de mercado pode enfrentar desafios significativos entre consumidores mais velhos devido à sua neofobia relativamente maior.

Wilks et al. (2019) exploraram os mecanismos psicológicos subjacentes às atitudes em relação à carne cultivada, identificando a neofobia alimentar, o conservadorismo político e a desconfiança nos cientistas de alimentos como os principais preditores de atitudes negativas. Esta pesquisa sublinha a necessidade de uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos psicológicos que contribuem para as atitudes e o envolvimento com a carne cultivada.

Por fim, o estudo de Boereboom et al. (2022) comparou a disposição dos consumidores em quatro países europeus para se engajar com a carne cultivada. Os resultados sugerem que os consumidores holandeses são os mais abertos a essa inovação. A neofobia a alimentos e tecnologias foram identificadas como os fatores mais distintivos entre os grupos. Rombach et al. (2022) também abordaram fatores que determinam a vontade do consumidor de experimentar, comprar e pagar um preço premium pela carne cultivada, enfatizando a importância da curiosidade alimentar e da percepção da carne cultivada como uma alternativa realista à carne regular.

A Figura 1 representa: um hambúrguer de plantas, criado com tecnologias de extração e isolamento emergentes de proteínas de leguminosas (A) e uma embalagem feita para ser oferecida por uma startup foodtech (B); Extrusora de carne que imita fibras longas e finas (C) e o produto é regulado pelas legislações e já é ofertado pelo mercados comprado por um vegetariana (D); Carne cultivada feita com cultura de células a partir da célula de um frango (E) e um entusiasta flexitariano provando o produto; Uma bioimpressora de alimentos imprimindo um tecido de carne parecido com o convencional (G) e um vegano que deixou de

comer carne tendo neofobia as tecnologias que reproduzem a carne convencional por suas filosofias pessoais.



Figura 1. Quem é o consumidor “*plant-based*”?

Fonte: OpenAI. (2023). Representação de produtos análogos a carne [Imagem gerada por inteligência artificial]. DALL-E. <https://openai.com/dall-e> .

4.2. Percepção Sensorial e Dietas Diversas

O vegetarianismo e o veganismo têm conquistado progressivamente mais adeptos nas dietas modernas. De acordo com uma pesquisa do Ibope No último ano de 2020, 67% dos brasileiros diminuíram seu consumo de carne, influenciados principalmente por questões de saúde e preço. Além disso, 47% planejam reduzir ainda mais o consumo de carne no próximo ano, e atualmente, 28% dos brasileiros se identificam como flexitarianos (IBOPE, 2021).

O veganismo, que começou na Inglaterra em 1944 com a fundação da Vegan Society por Donald Watson, rejeita todos os produtos de origem animal, incluindo leite e mel. Vários fatores têm motivado as pessoas a diminuir ou eliminar o consumo de produtos animais, adotando dietas vegetarianas, veganas ou flexitarianas (onde se reduz, mas não se elimina a carne). A conscientização sobre os impactos na saúde, no meio ambiente e no bem-estar animal tem sido impulsionada por documentários, livros, ativismo e redes sociais, levando muitos a revisar seus hábitos alimentares e, no caso dos veganos, até mesmo suas escolhas de vestuário e objetos pessoais.

O veganismo vem se integrando ao mercado, com grandes empresas alimentícias expandindo seus portfólios para incluir produtos veganos e startups inovadoras, como a chilena The Not Company e a americana Beyond Meat, no Brasil a Fazenda do Futuro, desenvolvendo alternativas baseadas em plantas. Este movimento reflete uma evolução na indústria de alimentos, que tem se adaptado às novas tendências e preferências dos consumidores desde o surgimento de enlatados e congelados após a guerra. Esse cenário mostra como a alimentação vegana está se tornando cada vez mais acessível e variada, embora questões sobre os efeitos a longo prazo do consumo de alimentos ultraprocessados, incluindo os veganos, ainda estejam em estudo e discussão.

O estudo de Nuvoli et al. (2023) compara a sensibilidade ao sabor e adstringência entre veganos e onívoros. Este estudo destaca que as diferenças na percepção de sabores como amargo, umami e adstringência entre veganos e onívoros não são significativas, mas beiram a relevância estatística. Isso sugere que a dieta pode ter um papel sutil na modulação da percepção sensorial.

Por outro lado, Jalil Mozhdehi et al. (2021) exploram as diferenças nos limiares de detecção de sabores entre veganos, vegetarianos e onívoros. Este

estudo revela padrões distintos de sensibilidade ao sabor entre esses grupos, com vegetarianos mostrando uma sensibilidade significativamente menor ao sabor amargo em comparação com os outros grupos.

4.2. Implicações para a Indústria de Alimentos

Desde os anos 80, dietas baseadas em plantas eram amplamente vistas sob uma luz positiva. No entanto, com a chegada do século 21, a indústria alimentar começou a associar o termo "*plant-based*" a uma conotação mais negativa, frequentemente em relação a alimentos ultraprocessados. Essa tendência desencadeou uma mudança na indústria, que passou a realçar o valor nutricional dos alimentos processados, em vez de focar apenas nos ultraprocessados.

Diante da escassez de opções industrializadas adequadas às suas dietas, comunidades veganas e vegetarianas foram motivadas a desenvolver alternativas, como leites e carnes vegetais. Esse movimento impulsionou a indústria alimentar a desenvolver e regularizar legislações específicas para esses produtos. Atualmente, um dos grandes desafios para a indústria é entender e atender às demandas variadas de públicos distintos como veganos, flexitarianos e vegetarianos.

A percepção do sabor é outro aspecto crítico que varia consideravelmente entre diferentes dietas e filosofias alimentares. Por exemplo, muitos veganos, que optam por não consumir sabores que remetem à carne convencional, podem rejeitar alternativas como a carne cultivada. Isso representa um desafio significativo para a indústria alimentícia, especialmente na criação de produtos "*plant-based*" que precisam replicar de forma convincente os sabores e texturas dos alimentos de origem animal. Essa tarefa é ainda mais complexa devido às diversas percepções sensoriais que diferentes grupos dietéticos possuem.

4.3. Futuro da Pesquisa e Desenvolvimento

Com base nos estudos mencionados, futuras pesquisas devem focar na ciência sensorial e no comportamento de consumo dos públicos "*plant-based*". Isso ajudará a desenvolver produtos que atendam às expectativas, gostos e

preferências desses consumidores, contribuindo para o avanço da indústria e promovendo a sustentabilidade.

5. Conclusão

Este estudo detalha a crescente popularidade das dietas baseadas em plantas, refletindo uma mudança significativa nos hábitos alimentares globais em direção a um maior foco na saúde, sustentabilidade e ética animal. A análise abrangeu uma variedade de dietas, incluindo veganos, vegetarianos, flexitarianos e onívoros, destacando as diferentes motivações e preferências destes grupos em relação aos análogos substitutos de origem animal. Os benefícios das dietas “*plant-based*”, como melhoria da nutrição, redução do risco de doenças crônicas e impacto positivo na microbiota intestinal, foram enfatizados, indicando uma tendência saudável.

A pesquisa levantou que a percepção sensorial, a neofobia alimentar pelos análogos e as preferências alimentares podem variar entre os grupos dietéticos, influenciando o desenvolvimento de produtos na indústria alimentícia, especialmente em relação aos análogos de produtos animais. O estudo ressalta a importância da pesquisa contínua em ciência sensorial e comportamento do consumidor “*plant-based*” para desenvolver produtos que atendam às expectativas e valores destes consumidores, promovendo a inovação e sustentabilidade na indústria alimentícia.

6. REFERÊNCIAS

ADAMCZYK, Dominika et al. “*plant-based*” dairy alternatives: consumers’ perceptions, motivations, and barriers—results from a qualitative study in Poland, Germany, and France. **Nutrients**, v. 14, n. 10, p. 2171, 2022.

ALAE-CAREW, Carmelia et al. The role of “*plant-based*” alternative foods in sustainable and healthy food systems: Consumption trends in the UK. **Science of the Total Environment**, v. 807, p. 151041, 2022.

AMYOONY, Jamal et al. An investigation into consumer perception of the aftertaste of “*plant-based*” dairy alternatives using a word association task. **Applied Food Research**, p. 100320, 2023.

ANDREANI, Giulia et al. “*plant-based*” meat alternatives: technological, nutritional, environmental, market, and social challenges and opportunities. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 452, 2023.

BANOVIC, Marija; OTTERBRING, Tobias. Athletic abs or big bellies: The impact of imagery, arousal levels, and health consciousness on consumers’ attitudes towards “*plant-based*” protein products. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104067, 2021.

BERKOW, S. E.; BARNARD, N. D. Blood pressure regulation and vegetarian diets. **Nutrition Reviews**, v. 63, n. 1, p. 1-8, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2005.tb00104.x>

BOEREBOOM, Anouk et al. Identifying consumer groups and their characteristics based on their willingness to engage with cultured meat: A comparison of four European countries. **Foods**, v. 11, n. 2, p. 197, 2022.

BRYANT, Christopher et al. A survey of consumer perceptions of “*plant-based*” and clean meat in the USA, India, and China. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, p. 11, 2019.

BRYANT, Christopher J. “*plant-based*” animal product alternatives are healthier and more environmentally sustainable than animal products. **Future Foods**, p. 100174, 2022.

BYE, Z. L. et al. What role do “*plant-based*” diets play in supporting the optimal health and well-being of Canadians? A scoping review. **Advances in Nutrition**, v. 12, n. 6, p. 2132-2146, 2021. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab048>

CAPUTO, Vincenzina; SOGARI, Giovanni; VAN LOO, Ellen J. Do plant-based and blend meat alternatives taste like meat? A combined sensory and choice experiment study. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 45, n. 1, p. 86-105, 2023.

CAMPBELL, T. Colin; CAMPBELL, Thomas M. **The China Study**. Macro, 2019.

CURTAIN, Felicity; GRAFENAUER, Sara. “*plant-based*” meat substitutes in the flexitarian age: An audit of products on supermarket shelves. **Nutrients**, v. 11, n. 11, p. 2603, 2019.

FABER, Ilona et al. Relevant characteristics of food products based on alternative proteins according to European consumers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 12, p. 5034-5043, 2022.

FACCIO, Elena; GUIOTTO NAI FOVINO, Lucrezia. Food Neophobia or Distrust of Novelty? Exploring consumers’ attitudes toward GMOs, insects and cultured meat. **Applied Sciences**, v. 9, n. 20, p. 4440, 2019.

FALKENBERG, Christof et al. Meat Substitute Markets: A Comparative Analysis of Meat Analogs in Austria. **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2211, 2023.

FIORENTINI, Martina; KINCHLA, Amanda J.; NOLDEN, Alissa A. Role of sensory evaluation in consumer acceptance of “*plant-based*” meat analogs and meat extenders: **A scoping review**. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1334, 2020.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; ESTEVE-LLORENS, X.; MOREIRA, M.T.; FEIJOO, G. Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. **Science of the Total Environment**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.339>. Acesso em: 14 dez. 2023.

HALL, K.D.; GUO, J.; COURVILLE, A.B. et al. Effect of a “*plant-based*”, low-fat diet versus an animal-based, ketogenic diet on ad libitum energy intake. **Nature Medicine**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-01209-1>. Acesso em: 14 dez. 2023.

HAMLIN, Robert P.; MCNEILL, Lisa S.; SIM, Joy. Food neophobia, food choice and the details of cultured meat acceptance. **Meat Science**, v. 194, p. 108964, 2022.

HARGREAVES, Shila Minari et al. “*plant-based*” and vegetarian diets: An overview and definition of these dietary patterns. **European journal of nutrition**, v. 62, n. 3, p. 1109-1121, 2023.

HU, J. et al. Association of “*plant-based*” dietary patterns with the risk of osteoporosis in community-dwelling adults over 60 years: a cross-sectional study. **Osteoporosis International**, v. 34, n. 5, p. 915-923, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06439-2>

HWANG, Jihee et al. Factors affecting consumers’ alternative meats buying intentions: “*plant-based*” meat alternative and cultured meat. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5662, 2020.

IBOPE, **O consumidor brasileiro e o mercado “*plant-based*”**, 2021 <disponível em: < [https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-”*plant-based*”.pdf](https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-”plant-based”.pdf)>

JAEGER, Sara R.; GIACALONE, Davide. Barriers to consumption of “*plant-based*” beverages: A comparison of product users and non-users on emotional, conceptual, situational, conative and psychographic variables. **Food Research International**, v. 144, p. 110363, 2021.

JALIL MOZHDEHI, Fatemeh et al. Comparing taste detection thresholds across individuals following vegan, vegetarian, or omnivore diets. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2704, 2021.

K. HANDRAL, Harish et al. 3D Printing of cultured meat products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 1, p. 272-281, 2022.

KATARE, Bhagyashree et al. Consumer willingness to pay for environmentally sustainable meat and a plant-based meat substitute. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 45, n. 1, p. 145-163, 2023.

KOUVARI, M. et al. Novel Milk Substitute Based on Pea, Bean and Sunflower Seeds with Natural Bioactive Stabilisers. **Plants**, v. 12, n. 12, p. 2303, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12122303>

KOUVARI, M. et al. Quality of “*plant-based*” diets in relation to 10-year cardiovascular disease risk: The ATTICA cohort study. **European Journal of Nutrition**, v. 61, n. 5, p. 2639-2649, 2022a. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02691-2>

LEE, K.W.; LOH, H.C.; CHING, S.M. et al. Effects of vegetarian diets on blood pressure lowering: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. **Nutrients**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu12061604>. Acesso em: 14 dez. 2023.

LEIALOHILANI, Annisa; DE BOER, Alie. EU food legislation impacts innovation in the area of “*plant-based*” dairy alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 104, p. 262-267, 2020.

LATUNDE-DADA, Gladys O. et al. Content and Availability of Minerals in “*plant-based*” Burgers Compared with a Meat Burger. **Nutrients**, v. 15, n. 12, p. 2732, 2023.

LUSK, Jayson L.; TONSOR, Glynn T.; SCHROEDER, Ted C. Market potential of new plant-based protein alternatives: insights from four US consumer experiments. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 45, n. 1, p. 164-181, 2023.

MATHIAS, Dietger. Vegan Nutrition. In: Fit and Healthy from 1 to 100 with Nutrition and Exercise: Current Medical Knowledge on Health. **Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg**, 2022. p. 113-114.

MCCLEMENTS, David Julian. Ultraprocessed plant-based foods: Designing the next generation of healthy and sustainable alternatives to animal-based foods. **Comprehensive. Reviews in Food Science and Food Safety**, 2023.

MICHEL, Fabienne; HARTMANN, Christina; SIEGRIST, Michael. Consumers’ associations, perceptions and acceptance of meat and “*plant-based*” meat alternatives. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104063, 2021.

NEZLEK, John B.; FORESTELL, Catherine A. Meat substitutes: current status, potential benefits, and remaining challenges. **Current Opinion in Food Science**, p. 100890, 2022.

NUMA, Iramaia Angelica Neri; WOLF, Kendji Eduardo; PASTORE, Glauca Maria. FoodTech startups: technological solutions to achieve SDGs. **Food and Humanity**, 2023.

NUVOLI, Chloé et al. Comparison of sensitivity to taste and astringency stimuli among vegans and omnivores. **Physiology & Behavior**, v. 262, p. 114092, 2023.

ONWEZEN, Marleen C.; VERAÏN, Muriel CD; DAGEVOS, Hans. Social norms support the protein transition: the relevance of social norms to explain increased acceptance of alternative protein burgers over 5 years. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 3413, 2022.

OZEMEK, C. et al. The role of diet for prevention and management of hypertension. **Current Opinion in Cardiology**, v. 33, n. 4, p. 388-393, 2018. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000532>

PAKSERESHT, Ashkan; KALIJI, Sina Ahmadi; CANAVARI, Maurizio. Review of factors affecting consumer acceptance of cultured meat. **Appetite**, v. 170, p. 105829, 2022.

PETERSEN, Thies; HARTMANN, Monika; HIRSCH, Stefan. Which meat (substitute) to buy? Is front of package information reliable to identify the healthier and more natural choice?. **Food quality and preference**, v. 94, p. 104298, 2021.

POSSIDÓNIO, Catarina et al. Consumer perceptions of conventional and alternative protein sources: A mixed-methods approach with meal and product framing. **Appetite**, v. 156, p. 104860, 2021.

POST, Mark J. Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. **Meat science**, v. 92, n. 3, p. 297-301, 2012.

REIPURTH, Malou FS et al. Barriers and facilitators towards adopting a more "*plant-based*" diet in a sample of Danish consumers. **Food quality and preference**, v. 73, p. 288-292, 2019.

ROMBACH, Meike et al. Is cultured meat a promising consumer alternative? Exploring key factors determining consumer's willingness to try, buy and pay a premium for cultured meat. **Appetite**, v. 179, p. 106307, 2022.

SIEGRIST, Michael; HARTMANN, Christina. Perceived naturalness, disgust, trust and food neophobia as predictors of cultured meat acceptance in ten countries. *Appetite*, v. 155, p. 104814, 2020.

TAUFIK, Danny et al. Determinants of real-life behavioural interventions to stimulate more “*plant-based*” and less animal-based diets: A systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 281-303, 2019.

TOMOVA, A.; BUKOVSKY, I.; REMBERT, E. et al. The effects of vegetarian and vegan diets on gut microbiota. **Frontiers in Nutrition**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00047>. Acesso em: 14 dez. 2023.

TSO, Rachel; FORDE, Ciarán G. Unintended consequences: nutritional impact and potential pitfalls of switching from animal-to “*plant-based*” foods. **Nutrients**, v. 13, n. 8, p. 2527, 2021.

TSVAKIRAI, C. Z.; NALLEY, L. L.; MAKGOPA, T. Development and validation of a cultured meat neophobia scale: Industry implications for South Africa. **Scientific African**, v. 20, p. e01641, 2023.

VAINIO, Annukka. How consumers of meat-based and “*plant-based*” diets attend to scientific and commercial information sources: Eating motives, the need for cognition and ability to evaluate information. **Appetite**, v. 138, p. 72-79, 2019.

VAN LOO, Ellen J.; CAPUTO, Vincenzine; LUSK, Jayson L. Consumer preferences for farm-raised meat, laboratory-produced meat, and vegetable meat alternatives : does information or brand matter?. **Food Policy**, s. 95, p. 101931, 2020.

VASILOGLOU, M. F. et al. Assessing the Quality of Simulated Food Patterns with Reduced Animal Protein Using Meal Data from NHANES 2017–2018. *Nutrients*, v. 15, n. 11, p. 2572, 2023. <https://doi.org/10.3390/nu15112572>

VURAL, Yeliz; FERRIDAY, Danielle; ROGERS, Peter J. Consumers’ attitudes towards alternatives to conventional meat products: Expectations

about taste and satisfaction, and the role of disgust. **Appetite**, v. 181, p. 106394, 2023.

WILKS, Matti et al. Testing potential psychological predictors of attitudes towards cultured meat. **Appetite**, v. 136, p. 137-145, 2019.

YASMEEN, Rizwana et al. The nexuses between carbon emissions, agriculture production efficiency, research and development, and government effectiveness: Evidence from major agriculture-producing countries. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 34, p. 52133-52146, 2022.

YE, Tian; MATTILA, Anna S. The effect of ad appeals and message framing on consumer responses to “*plant-based*” menu items. **International Journal of Hospitality Management**, v. 95, p. 102917, 2021.

CAPÍTULO 3

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO ECOSISTEMA “*PLANT-BASED*”: INTEGRANDO FOODTECHS E ECONOMIA CIRCULAR

Innovation and Sustainability in the “*plant-based*” Ecosystem:

Integrating Foodtechs and Circular Economy

O artigo será submetido à revista Observatorio de La Economía

Latinoamericana (OLEL), ISSN 1696-8352

Os ecossistemas de inovação estão impulsionando as *foodtechs* e o desenvolvimento de alimentos “*plant-based*”, apoiando-se em um modelo de economia circular. Entretanto, destaca-se a necessidade de uma maior integração entre os setores público e privado. A pesquisa, de natureza observacional e qualitativa, analisou bases de dados e websites especializados o contexto histórico e fenômeno social. Contextualiza os desafios desde o pós-guerra até a necessidade atual de sustentabilidade no sistema alimentar. O modelo de economia circular envolve a colaboração entre universidades, indústria e governo, conforme orientações de públicas de nutrição e sustentabilidade globais. Países como Israel, Cingapura e EUA exemplificam essa interação, onde a academia contribui com pesquisa e inovação, enquanto indústrias e governos facilitam a produção e regulamentação. As *foodtechs* e plataformas digitais são essenciais na otimização de cadeias de suprimentos e na redução de desperdícios, impulsionando o crescimento do mercado “*plant-based*” com investimentos e uma crescente consciência sobre saúde e sustentabilidade. Recomenda-se fortalecer as estratégias colaborativas para fomentar a inovação em *foodtechs* “*plant-based*”.

Palavras-chave: Sustentabilidade Alimentar; Foodtech “*plant-based*”; Economia Circular; Ecossistema de Startups.

1. INTRODUÇÃO

A conceitualização de um ecossistema “*plant-based*” de inovação, fundamentado nos princípios da economia circular, representa uma abordagem promissora para o desenvolvimento de produtos alimentares mais sustentáveis e saudáveis. A análise de vários estudos pertinentes permite construir uma visão abrangente de como estabelecer um ambiente propício para o surgimento de startups de foodtech focadas na criação de produtos proteicos inovadores.

Em primeiro lugar, o conceito de ecossistema circular, conforme explorado por Trevisan (2022), oferece a base para um modelo em que atores autônomos e interdependentes colaboram harmoniosamente para criar e proporcionar uma proposta de valor coesa aos consumidores. Neste ecossistema circular, há um sinergismo entre a proposta de valor, os atores envolvidos, a gestão de dados, os fluxos de materiais e atividades circulares, além das estratégias e governança. Isso se alinha perfeitamente à missão de desenvolver produtos “*plant-based*”, nos quais diversos parceiros, desde agricultores até varejistas, podem contribuir para uma cadeia de valor integrada.

A economia circular, como redefinida por Alhawari et al. (2021), complementa essa abordagem ao enfatizar a otimização dos recursos no ecossistema, buscando benefícios tanto ambientais quanto econômicos. A implementação deste conceito na criação de alimentos com proteínas alternativas, derivadas de sobras de processos industriais como a fabricação de óleo de girassol ou soja, onde se gera a torta como resíduo, favorece o uso eficaz de recursos vegetais e diminui o impacto ecológico associado à produção de alimentos tradicional.

Essa interpretação inovadora encontra eco aos nos modelos de inovação e gestão universitária, como explorado por Klimas e Czakon (2022) e Heaton et al. (2019), identificamos a importância da colaboração entre universidades (pesquisa e extensão com impacto social) e hubs de inovação na incubação de startups. Essa colaboração pode ser vital na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos à base de proteínas alternativas em economias circulares, aproveitando tanto a expertise acadêmica quanto as plataformas práticas de inovação.

A perspectiva da tripla hélice, conforme discutida por Flechas et al. (2022), destaca a sinergia entre governo, indústria e universidade no fortalecimento do ecossistema de startups. Ao aplicar esse modelo conjunto, o governo pode proporcionar incentivos e regulamentações favoráveis à produção de alimentos “*plant-based*”, enquanto a indústria e as universidades colaboram na pesquisa, desenvolvimento e comercialização de novos produtos. Analisando as estratégias governamentais e a inovação aberta, conforme explorado por Sun et al. (2019) e Costa e Matias (2020), percebemos que uma abordagem híbrida pode ser fundamental. O governo pode desempenhar um papel enriquecedor, fomentando conexões entre universidades e indústria, partindo de cima para baixo, do governo para as indústrias. Essa colaboração pode ser direcionada para enfrentar desafios específicos, como o desenvolvimento incentivo financeiro governamental de fomento à pesquisa em universidade visando desenvolver pesquisas com processos para novas matérias-primas e produtos.

Em síntese, a análise crítica dos estudos revela uma narrativa coesa em que o conceito de um ecossistema de inovação “*plant-based*”, ancorado na economia circular, emerge como uma solução promissora para a produção de alimentos sustentáveis e nutritivos. Ao integrar princípios de colaboração, inovação aberta e coordenação governamental, é viável criar um ambiente propício para o desenvolvimento de startups de foodtech dedicadas a produtos baseados em proteína alternativas, aproveitando as sinergias entre governo, indústria e instituições acadêmicas. Este ecossistema não apenas estimula o empreendedorismo, mas também contribui para um futuro o desenvolvimento sustentável.

A dinâmica empresarial contemporânea abrange duas perspectivas distintas na geração de inovação: a colaboração entre universidades, empresas e governos para catalisar inovações de impacto significativo, e a capacidade das startups em fomentar inovações mesmo em tempos de crise. A distinção entre startups e empresas convencionais é evidenciada em sua cultura organizacional. O estudo de Sánchez-Robles et al (2023) investiga um modelo de negócios emergente que unem elementos de startups e cooperativas como resposta aos avanços tecnológicos. Através de análise bibliométrica, identificam 19 questões de pesquisa futura nas áreas de estratégia, desempenho e inovação. Essas

startups se destacam pela gestão de investimentos, democracia econômica e impulsionamento da inovação.

Em um contexto empresarial caracterizado pela volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade, empreendedores enfrentam desafios significativos na criação de startups, devido à alta incerteza. Wang (2022) propõe uma abordagem inovadora chamada "Lean and Agile Startup" (LAS) que incorpora o uso do "Business Model Canvas" (BMC) como uma ferramenta interativa, combinando princípios do método "Desenvolvimento de Clientes" (CD) e do método "Ágil" (AM). O LAS permite a exploração interativa de startups, promovendo o desenvolvimento progressivo de ideias em direção a modelos de negócios sustentáveis. Também fornece uma estratégia iterativa para o desenvolvimento de software em startups, otimizando a eficácia do processo de exploração.

Na conjuntura empresarial atual, marcada por dinamismo, volatilidade, incerteza e complexidade, a agilidade desempenha um papel crucial no sucesso das organizações. Atingir metas de sustentabilidade exige uma abordagem multifacetada que envolve agilidade, inovação tecnológica e cooperação global, focando na diminuição dos impactos ambientais, nos desafios agropecuários, no gerenciamento da superpopulação e na mitigação do aquecimento global. Nesta perspectiva, os métodos ágeis, baseados em valores e princípios, têm crescido em adoção nos últimos anos (Vogel, 2021). As startups se destacam por sua aplicação ágil de ferramentas de gestão, como Scrum, Kanban, Lean Startup e Extreme Programming, permitindo que reajam rapidamente a mudanças, proporcionem valor contínuo e promovam o crescimento ágil.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Esta revisão bibliográfica, de natureza observacional e transversal, concentrou-se na investigação sobre o consumidor planta-based. Utilizou-se as bases Dimensions, SCieLO, Google Acadêmico, Scopus, BDTD e PubMed, empregando termos específicos em inglês como "FoodTechs" "*plant-based*" Startups", "Innovation Ecosystem", "Circular Economy" and "Sustainability in the Food Industry". Baseando-se em critérios de relevância e qualidade, incluindo trabalhos empíricos e revisões teóricas, a pesquisa fez análise websites de

instituições do ecossistema plant-base e focou na interpretação e síntese das informações encontradas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. A CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO “*PLANT-BASED*”

Ao longo da história, o ecossistema “*plant-based*” surgiu como uma solução regenerativa frente aos desgastes e desafios do sistema alimentar. Isso ocorreu em resposta a uma série de fatores, como guerras, revoluções alimentares, novas diretrizes dietéticas, avanços tecnológicos, aumento populacional e de epidemias nutricionais, impactos da agropecuária e a crescente popularidade das proteínas vegetais. A análise desses eventos históricos, que levaram à necessidade de um ecossistema de startups foodtechs, pode ser melhor compreendida através dos pontos destacados a seguir:

Pós-guerra (1645 - 1955): a crise global de alimentos na década de 1960 evidenciou a necessidade de repensar a produção e consumo alimentar após as turbulências do pós-guerra. O sistema alimentar tradicional mostrou-se vulnerável diante de choques políticos, demográficos, econômicos e ambientais (MCDONALD, 2016).

Revolução verde e agrotóxicos (1960 - 1970): impulsionou a produção de alimentos, mas trouxe o uso intensivo de agrotóxicos, gerando preocupações ambientais e de saúde pública (DAVIES, 2003).

Evolução dos guias alimentares e recomendações nutricionais (1991): os guias e pirâmides alimentares da Harvard School of Public Health marcaram diretrizes e orientações nutricionais para a população. A partir destas, mais abordagens foram desenvolvidas, destacando a importância de uma dieta baseada em plantas (DAVIS, 2001). No Brasil, o Guia Alimentar para a População Brasileira foi lançado em 2005 (BRASIL, 2014).

Startups, ecossistemas, novas mídias (1990 - 2023): O conceito de startups ganhou força nos anos 90, buscando inovação e tecnologias disruptivas com empresas do Vale do Silício, nos EUA. O conceito de Ecossistemas passou a ser usado para promover a inovação e crescimento de setores ou regiões (COCKAYNE, 2019; GRANSTRAND e HOLGERSSON, 2020). As novas mídias

têm hiperconectado redes distribuídas, impactando a indústria de alimentos e a consciência alimentar (NEŞE et al., 2021).

Prevalência da obesidade (2006 - 2023): O aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade direcionou a atenção para a qualidade e valor biológico dos alimentos, especialmente proteínas, em relação à saúde nutricional (GONZÁLEZ-ÁLVAREZ et al., 2020).

Dados estatísticos da agricultura animal (2010 - 2023): a apuração de dados de custo e recursos da agropecuária mostraram insustentáveis ao futuro ambiental, impulsionando a busca por alternativas sustentáveis, como as proteínas vegetais (MACMAHON, 2019).

Proteínas alternativas (2000 - 2023): diversas organizações buscam reduzir os impactos ambientais e promover o consumo de proteínas vegetais como alternativa à carne convencional (BERKE, 2022).

Diferentes épocas influenciaram a evolução da segurança alimentar e do estilo de vida urbano moderno, enfocando na importância de alimentos saudáveis e na aceitação de produtos processados, essenciais para o avanço tecnológico no setor alimentício. A segurança alimentar em um contexto global desafiador, como crises energéticas e mudanças climáticas. Políticas anteriores, especialmente no segundo regime alimentar, levaram a impactos negativos na saúde e no meio ambiente, enfraquecendo a confiança nas tecnologias alimentares. Em resposta, o segmento de alimentos à base de plantas emerge, combinando saúde e tecnologia, para oferecer alternativas sustentáveis e atraentes para os consumidores. busca de saúde individual e planetária (Khajehei et al., 2019).

3.2. DO DESAFIO À INOVAÇÃO: ALIANÇA ENTRE GOVERNOS, UNIVERSIDADES E INDÚSTRIAS PARA OPERAR EM FOODTECHS “PLANT-BASED”

Discussões sobre as transformações tecnológicas no setor agroalimentar diante de desafios como crescimento populacional, a pandemia de Covid-19, mudanças climáticas e crises energéticas têm sido levantada pelos autores Wolf e Pastores (2023) e Moro-Visconti (2021). Os pesquisadores sublinham a necessidade de inovação na cadeia de produção alimentar para atender à demanda crescente, diminuir a emissão de gases de efeito estufa e reduzir o

desperdício de alimentos. As startups de FoodTech e AgTech emergem como agentes de mudança, utilizando tecnologias avançadas como inteligência artificial, big data, IoT e nanotecnologia, impulsionando uma "quarta revolução agrícola". No contexto brasileiro, entre 2010 e 2021, aproximadamente US\$1 bilhão foi investido em FoodTech no Brasil (Numa, Wolf e Pastores, 2023). Esses estudos também destacam a falta de literatura sobre o ecossistema de FoodTech, especialmente na análise de dados, propondo um entendimento mais acessível dos objetivos, benefícios e desafios desse setor.

O modelo abrangente e interconectado do ecossistema "*plant-based*" é descrito na Figura 1, onde vários elementos convergem para impulsionar o desenvolvimento de produtos proteicos sustentáveis. Destaca-se o modelo de economia circular, exemplificado pelo uso da torta de girassol, um subproduto da extração de óleo, como fonte proteica. Esta abordagem minimiza o desperdício e promove a utilização completa da matéria-prima. Instituições acadêmicas são essenciais, fornecendo laboratórios especializados em diversas áreas, contribuindo para sucessos como a produção análogos a produtos de origem animal. As pesquisas acadêmicas também ampliam as proteínas alternativas sustentáveis de diversas fontes, como cereais e leguminosas. Universidades funcionam como incubadoras de empresas e facilitadoras de hubs colaborativos, impulsionando startups inovadoras no setor. O ecossistema adere às diretrizes nutricionais da FAO e OMS, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

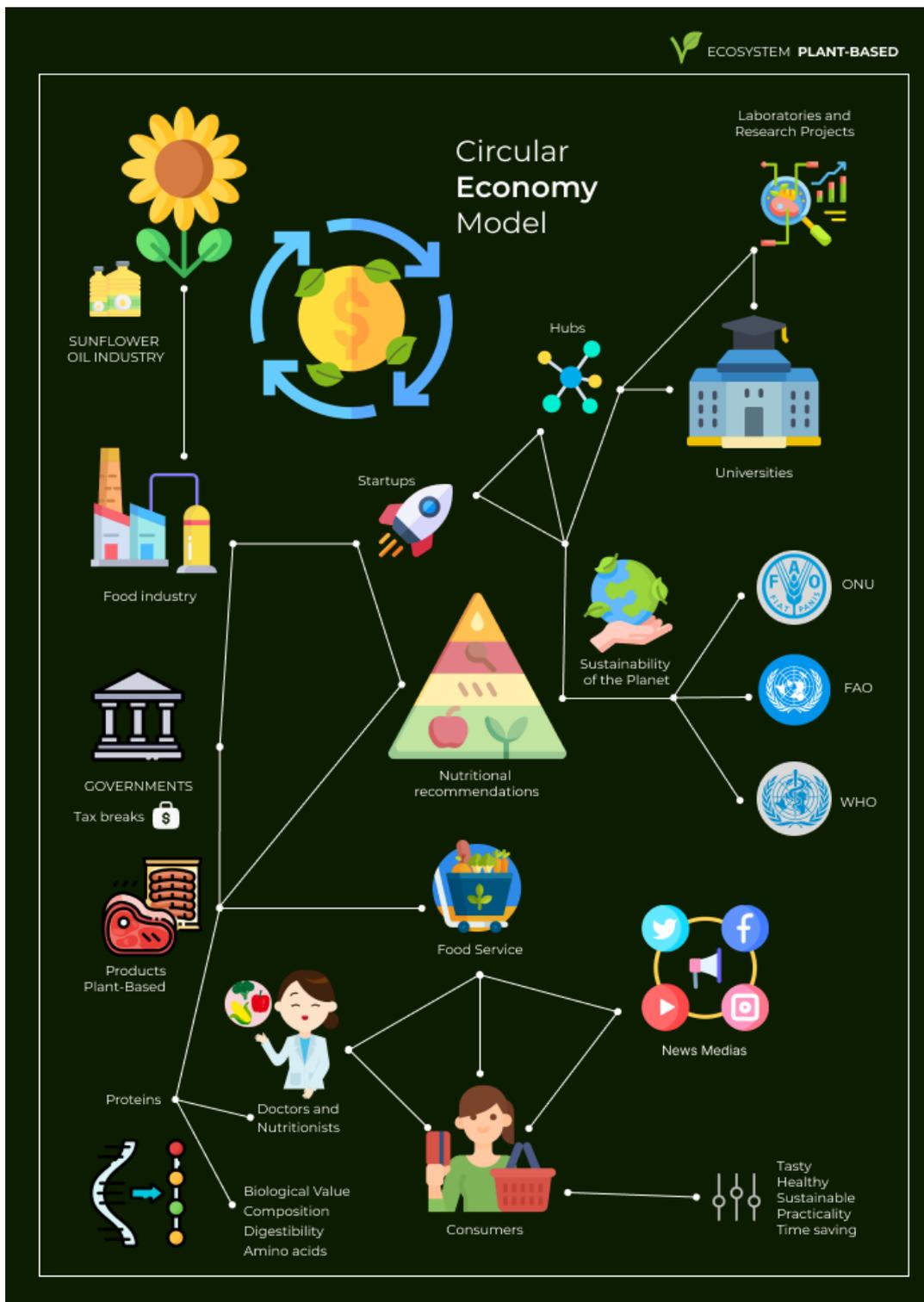


Figura 1. Mapa Metal da Economia Circular do Girassol no Ecosistema “*plant-based*” **Fonte:** os autores. **Software:** Figma (2023); **Imagens:** Flaticon (2023).

Neste modelo, sustentabilidade nutricional e ambiental são vistas como questões de saúde pública, com governos, universidades e indústrias desempenhando papéis de apoio, como incentivos fiscais e ajustes na legislação. As indústrias colaboram com foodtechs para produção em larga escala, enquanto o food service distribui os produtos, assegurando acesso amplo ao mercado. O consumidor, no centro desse ecossistema, tem suas necessidades e influências consideradas. Profissionais de saúde e mídias digitais informam e moldam as escolhas alimentares. Em suma, este mapa mental representa uma rede complexa e colaborativa que impulsiona o desenvolvimento sustentável de produtos proteicos, exemplificada pela economia circular do girassol.

Vale ressaltar que este ecossistema está presente em várias nações com apoio em rede global e é apoiado por diversas pesquisas. Por exemplo, Vieira e Eckert (2019) estudaram foodtechs e sua contribuição para a cadeia de suprimentos de alimentos. Ledger (2023) explorou a inovação alimentar no Chile, destacando startups como "ReFoods" e "NotCo". Nos últimos anos, a pesquisa e desenvolvimento de fontes alternativas de proteínas atraíram o interesse de várias entidades, como evidenciado por iniciativas de financiamento na Califórnia e apoio financeiro a startups como "Wildtype" por personalidades influentes.

3.3. TERRITÓRIOS DAS FOODTECHS: UMA ANÁLISE DOCUMENTAL DE DIFERENTES PAÍSES E UNIVERSIDADES QUE CONSTROEM OS ECOSSISTEMAS “PLANT-BASED”

As empresas de tecnologia do Vale do Silício foram pioneiras no modelo de negócios de startups. A visão sistêmica, o modelo de rede distribuído e descentralizado, o domínio das tecnologias ágeis de gestão, rapidamente, espalhou-se no globo, impulsionado pela cooperação entre países, universidades e indústrias multinacionais. A análise documental dos ecossistemas “*plant-based*” em diferentes continentes é essencial para entender como a ciência e a colaboração global têm promovido mudanças no setor alimentício, visando um futuro desejável, conforme apresenta o Tabela 1:

Tabela 1. Mapeamento Sistema de Inovação do Ecosystemas “plant-based”

ISRAEL:

Instituições de Ensino e Pesquisa

Hebrew University of Jerusalem: no semestre da primavera de 2020.

Apropriadamente denominado “Carne Cultivada e Carne Vegetal”, o curso foi oferecido na Faculdade de Bioquímica e Ciências Alimentares. Desde então, o curso se expandiu para duas universidades adicionais: Universidade de Tel-Aviv e Universidade Ben Gurion. (TAU, 2020)

Technion - Instituto de Tecnologia de Israel: Foco em inovação alimentar e desenvolvimento de novas tecnologias de alimentos. Fundou o Centro de Pesquisa Sustentável de Proteínas (SPRC) funcionará como um centro de investigação fundamental e aplicada no domínio das proteínas alternativas, comercialização e empreendedorismo, e apoio à investigação à indústria (TECHNION, 2023).

Ben-Gurion University of the Negev: Realiza pesquisas sobre proteínas vegetais e novas fontes de proteínas sustentáveis.

FoodTechs

Aleph Farms: Desenvolvedora de carne cultivada em laboratório, com foco em produzir carne de alta qualidade sem a necessidade de abate animal (ALEPH-FARMS, 2023).

Redefine Meat: Empresa que utiliza impressoras 3D para criar alternativas de carne à base de plantas com texturas e sabores semelhantes aos de produtos de origem animal (REDEFINE-MEAT, 2021)

Innovopro: Produtora de proteína vegetal à base de grão-de-bico, com aplicações em alimentos como hambúrgueres e produtos de panificação (INNOVOPRO, 2023).

Yofix Probiotics: Empresa que produz alternativas de laticínios à base de plantas, como iogurtes, utilizando fermentação natural e ingredientes vegetais (YOFIX, 2022).

SavorEat: Especializada em tecnologia de impressão 3D de alimentos à base de plantas, com ênfase em produtos como hambúrgueres e filés (SAVOREAT, 2023).

ProVeg Incubator Bootcamp: Programa de aceleração para startups e empreendedores do setor de alimentos à base de plantas, promovendo a inovação e o desenvolvimento de novos produtos. (PROVEG INCUBATOR, 2022)

ESTADOS UNIDOS

Instituições de Ensino e Pesquisa

Harvard University: promove estudos de saúde pública pela Harvard School of Public Health e orienta com guias alimentares, como o my plate, como ter uma alimentação baseada em plantas (HAVARD,2021).

University of California, Berkeley: é uma das principais incentivadoras aos estudos das carnes análogas.

Alternative Meats (Alt: Meat) X-Lab na UC Berkeley: atua como um centro que conecta estudantes, empreendedores, capitalistas de risco e líderes da indústria interessados em criar os alimentos vegetais do futuro (ALT.MEAT LAB, 2023).

National Institutes of Health (NIH): Financia pesquisas em saúde e medicina em várias universidades e institutos nos EUA.

FoodTechs

Beyond Meat: Uma das empresas líderes em produtos “*plant-based*”, conhecida por seus hambúrgueres, salsichas e outros substitutos de carne.

Impossible Foods: Outra empresa líder no setor de carne vegetal, famosa por seu "Impossible Burger" (BEYOND MEAT, 2022).

JUST Inc. (anteriormente conhecida como Hampton Creek): Famosa por seu produto "Just Mayo" e seus esforços para desenvolver ovos vegetais (EAT JUST, 2022).

Califia Farms: Fabrica leites à base de amêndoa, aveia, coco, etc. (CALIFIA FARMS LLC, 2022).

Miyoko's Creamery: Produz manteigas e queijos veganos (MIYOKO, 2023)

SINGAPURA

Instituições de Ensino e Pesquisa

A*STAR (Agency for Science, Technology, and Research): Uma agência governamental que financia várias instituições de pesquisa em diversas áreas tecnológicas e científicas (A*STAR 2022).

SG FOOD STORY: Desenvolve capacidades preparadas para a indústria no sentido de aprofundar o alinhamento da investigação do sector público e desenvolver programas multidisciplinares e integrados com o envolvimento precoce da indústria na área das proteínas alternativas., conta com subsídio de S\$ 15 milhões por programa/proposta (incluindo 20% de custo indireto) (SFA 2022)

NUS (National University of Singapore): Uma das principais universidades de pesquisa em Cingapura, envolvida em diversas áreas de inovação e ciência (NUS, 2023).

NTU (Nanyang Technological University): universidade de pesquisa que recebe financiamento para várias iniciativas de inovação e possui pesquisas com proteínas “*plant-based*” e ovos baseados em plantas (NTU, 2023).

SGInnovate: Um hub de inovação financiado pelo governo que apoia startups tecnológicas em diversos setores, incluindo a indústria de alimentos, evento textura de carnes com proteínas vegetais. (SGINNOVATE, 2023).

Foodtechs

Shiok Meats: Uma empresa que desenvolve carne de frutos do mar cultivada em laboratório, como camarão e caranguejo (SHIOK MEATS, 2023).

Alchemy Foodtech: Focada em tecnologias para reduzir o índice glicêmico de alimentos, especialmente em carboidratos como arroz e macarrão (ALCHEMY FOODTECH, 2023).

Karana: Desenvolve substitutos de carne à base de plantas, com destaque para carne de porco à base de jackfruit (KARANA, 2023).

TurtleTree Labs: Uma empresa que utiliza biotecnologia para produzir leite de vaca e de outros animais, sem a necessidade de criação animal (TURTLETREE LABS, 2023).

Sophie's Kitchen: empresa do grupo Future Farm, oferece alternativas à base de plantas para frutos do mar, como camarão e peixe (FUTUREFARMCO, 2023).

ALEMANHA

Instituições de Ensino e Pesquisa

Fraunhofer-Gesellschaft: A maior organização de pesquisa aplicada da Europa, que possui diversos institutos distribuídos pela Alemanha, tem trabalhado com proteínas “*plant-based*” visando melhoria de melhorar a estrutura, a estabilidade e as propriedades sensoriais (FRAUNHOUFER IVV, 2023).

Max Planck Society: Uma organização que abriga uma série de institutos de pesquisa em várias áreas, incluindo ciência e tecnologia e pesquisadores tem contribuído com pesquisas na área de “*plant-based*” (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT, 2023).

Foodtechs

LikeMeat: Uma empresa alemã que produz substitutos de carne à base de plantas, incluindo hambúrgueres e nuggets (LIKEMEAT, 2022).

Veganz: Uma cadeia de supermercados vegana que oferece produtos alimentares e de consumo sem origem animal (VEGANZ, 2022).

Nurishh: produz diversos tipos de queijos e cremes análogos a lácteos com foco em alimentos “*plant-based*” saudáveis (NURISHH “*PLANT-BASED*”, 2023).

BRASIL:

Instituições de Ensino e Pesquisa

Instituto de Tecnologia de Alimentos do Governo do Estado de São Paulo –

ITAL: possui estudos com proteínas alternativas e ingredientes saudáveis com a Plataforma de ingredientes saudáveis (PIS, 2023), parceria com o FRAUNHOFER IVV e atualmente possui um Hub de Inovação, o Tropical Food Innovation Lab, em parceria com Givaudan, Bühler, Cargill, Ital e FoodTech Hub Latam focado na área de proteínas alternativas “*plant-based*” (ITAL, 2023).

Startups

Grupo Planta: conglomerado de marcas especializada na indústria de alimentos de origem 100% vegetal, tais como Green Kitchen, Menu Planta, BasiCo e Gerônimo (GRUPO PLANTA, 2023).

Fazenda Futuro: Conhecida por seus produtos à base de plantas, como hambúrgueres, almôndegas e salsichas (FAZENDA FUTURO, 2023).

New Roots: Empresa que produz queijos veganos e à base de castanhas (NEW ROOTS, 2023).

The New Butchers: Focada em substitutos de carne vegetal, incluindo hambúrgueres e salsichas (THE NEW BUTCHERS, 2023).

CHILE

Instituições de Ensino e Pesquisa

Pontifícia Universidade Católica do Chile (PUC): Uma das principais universidades de pesquisa do Chile, envolvida em diversas áreas, incluindo ciências da saúde e biotecnologia, possui um programa de inovação para foodtechs (PUC-Chile, 2023)

Startups

NotCo: Uma das foodtechs mais proeminentes do Chile, utiliza inteligência artificial para criar produtos à base de plantas inovadores, como maionese vegana e leite sem lactose (NOTCO, 2023).

The Live Green Co.: Empresa que desenvolve alimentos à base de plantas, incluindo misturas de proteínas vegetais para substituir carnes em receitas tradicionais.

Karuna Foods: Oferece alternativas de laticínios à base de plantas, como queijos veganos e leites vegetais (THE LIVE GREEN CO, 2023).

3.4. PROMOÇÃO DA EDUCAÇÃO E DO CONSUMO PLANT BASED: ORGANIZAÇÕES GLOBAIS FILANTRÓPICAS E NÃO GOVERNAMENTAIS DE APOIO AO ECOSISTEMA

O movimento "*plant-based*" conta com o apoio de várias instituições sem fins lucrativos em todo o mundo, incluindo associações vegetarianas, organizações de direitos dos animais e entidades de desenvolvimento de produtos à base de plantas, bem como organizações internacionais como a ONU por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Essas instituições desempenham papéis cruciais na promoção da dieta baseada em vegetais, utilizando estratégias como campanhas de conscientização, lobby político, pesquisas científicas e parcerias estratégicas para influenciar políticas públicas, educar o público e aumentar a conscientização sobre os benefícios das dietas baseadas em vegetais. Seus objetivos incluem melhorar a saúde pública, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, conservar recursos naturais e promover o bem-estar animal. Essas organizações colaboram por meio de alianças e redes de cooperação para maximizar o impacto de suas iniciativas e impulsionar mudanças positivas na sociedade, com base na crença de que as dietas baseadas em vegetais beneficiam tanto as pessoas quanto o meio ambiente. A Tabela 2 demonstra as organizações e as diretrizes organizacionais (missão e objetivos), nem como o relacionamento com os públicos e política como organiza e cria acordos de cooperação e aliança.

Tabela 2. Mapeamento do Avanço de Ecossistemas "*plant-based*"

Organização	Missão e Objetivos	Relações Públicas e Influência Política	Formas de Cooperação e Alianças
The Good Food Institute (GFI, 2023)	Promover alternativas sustentáveis aos produtos de origem animal. Acelerar a inovação na indústria " <i>plant-based</i> ".	Lobby, parcerias com empresas, promoção de pesquisas.	Colaborações com startups, empresas e instituições de pesquisa.

Plant Based Foods Association (PBFA,2023)	Representar empresas de alimentos à base de plantas.	Advocacia por políticas favoráveis, educação pública.	Promoção de políticas pró-alternativas de plantas, desenvolvimento de recursos para a indústria.
ProVeg International (PVI, 2023)	Promover alternativas baseadas em vegetais.	Campanhas, projetos educacionais, eventos.	Eventos, parcerias com escolas e empresas, programas de sensibilização.
World Resources Institute (WRIa,2023)	Promover a sustentabilidade globalmente, incluindo a adoção de dietas à base de plantas.	Pesquisas, análises, advocacy para políticas sustentáveis.	Cooperação com governos, ONGs e empresas para implementação de políticas e práticas sustentáveis.
The “ <i>plant-based</i> ” Treaty (PBT, 2023)	Promover uma transição global para dietas baseadas em vegetais.	Advocacia política, conscientização pública.	Mobilização global, apoio de governos e organizações para cumprir os objetivos do tratado.
Veganuary (VEGANUARU , 2023)	Incentivar um estilo de vida vegano.	Fornecer recursos, receitas e apoio para transição.	Desafios, campanhas de sensibilização, apoio a pessoas em transição para dietas à base de plantas.

The Humane Society International (HSI, 2023)	Redução do sofrimento animal através de dietas baseadas em plantas.	Promoção de dietas à base de plantas como uma forma de reduzir o sofrimento animal.	Lobby por legislação favorável aos animais, promoção de práticas alimentares humanitárias.
Plant Based Foods Association (PBFA, 2023)	Regularizar e auditar os produtos “ <i>plant-based</i> ” disponíveis.	Regulamentação e auditoria de produtos	Assegura a segurança e qualidade dos produtos por meio do rótulo Certified Plant Based, que é obtido após auditoria pela NSF International.
Climate Save Movement (CSV, 2023)	Conscientizar sobre as conexões entre alimentos de origem animal e mudanças climáticas.	Conscientização pública, ações diretas.	Ações diretas, mobilização de base, criação de redes locais e globais para ação climática.

3.5. EVENTOS CIENTÍFICOS E MERCADOLÓGICOS

Os eventos científicos estão presentes em todos os continentes e desempenham um papel fundamental no desenvolvimento do ecossistema “*plant-based*”, promovendo a inovação e a colaboração no setor de alimentos sustentáveis. Entre os eventos mais significativos, destaca-se "The Good Food Conference" (GFC, 2023), realizado na Califórnia, nos EUA, que se concentra em inovações e tecnologias de alimentos sustentáveis, incluindo proteínas à base de plantas. Além disso, a “*plant-based*” World Conference & Expo" (PBWE,

2023) é uma conferência anual nos EUA dedicada ao setor “*plant-based*”, abrangendo alimentos, bebidas e produtos relacionados.

A conferência EIT Food The Future of Food Conference (EIT Food, 2023) busca inspirar legisladores europeus a moldar sistemas alimentares mais sustentáveis e transparentes sob estratégia de proteínas da UE e outros aspectos cruciais da política alimentar. Na Ásia, a Agri-Food Week (SIAW, 2023), the Asia-Pacific Agri-Food Innovation Summit informações 1000 líderes globais para abordar as prioridades estratégicas na construção de maior capacidade, segurança e resiliência no sistema agroalimentar da Ásia.

A "New Food Conference" (NFC, 2023), na indústria que acelera tecnologias de proteínas disruptivas e soluções alimentares sustentáveis na Europa, reunindo especialistas e partes interessadas-chave. Seu foco é impulsionar inovações no setor de proteínas alternativas, O "VegFest Brasil" (VEGFEST-BR, 2023) oferece exposições e oportunidades para empresas e produtos veganos, incluindo alimentos à base de plantas

Por fim, a The Food Tech® | Summit & Expo (TFT, 2023) é uma exposição líder na América Latina que reúne mais de 350 expositores e oferece conferências técnicas, áreas de networking e inovações para a indústria de Alimentos e Bebidas e promover inovações e melhorias na produção de alimentos. Esses eventos desempenham um papel crucial no avanço do ecossistema “*plant-based*”, permitindo que especialistas e inovadores colaborem e impulsionem a indústria de alimentos sustentáveis para o futuro.

3.6. PLATAFORMAS “*PLANT-BASED*”

Plataformas digitais desempenham um papel crucial na inovação de modelos de negócios de startups, facilitando interações entre produtores e usuários. A pesquisa de Still (2017) realizou entrevistas com 34 startups na Finlândia, foram identificadas várias fontes de inovação em seus modelos de negócios, com ênfase na criação de valor e novas propostas. A captura de valor recebeu menos atenção. Isso destaca a importância das plataformas digitais na formação de modelos de negócios inovadores.

Brutti (2022) apresentou uma nova Tabela teórica que aborda as decisões iniciais de investimento em startups de plataformas digitais, considerando dois

tipos de investimento: tecnologia de envolvimento do cliente e tecnologia de intermediação. Fusões e aquisições entre plataformas distintas, com bases de usuários, podem melhorar o bem-estar do consumidor devido a sinergias e incentivos ao investimento no envolvimento do cliente, enquanto fusões entre plataformas com bases de usuários sobrepostas podem prejudicar o bem-estar devido à redução da concorrência. A Tabela 3 reúne informações sobre as plataformas de apoio ao ecossistema plant based.

Tabela 3. Plataforma de apoio ao Ecossistema Plant Based

Plataformas	Referência
Plataforma financiada pela Novo Nordisk Foundation que visa acelerar a transição para um sistema de alimentos à base de plantas mais sustentável. Oferece financiamento para colaborações de pesquisa, compartilhamento aberto de conhecimento e organização de eventos de matchmaking.	PLANT2FOOD, 2023
Uma plataforma informativa que reúne startups de alimentos à base de plantas e veganismo.	“PLANT-BASED”-BR, 2023
Uma empresa vertical que abrange toda a cadeia de suprimentos de alimentos à base de plantas, com foco em ingredientes inovadores e produtos finais para o consumidor.	ABOVE FOOD, 2023
Uma ferramenta gratuita de análise tecnoeconômica para a bioeconomia, que simula o desempenho econômico de processos de fermentação industrial.	SCALER, 2023
A Future of Protein Production visa tornar as proteínas alternativas acessíveis e mais saborosas. Une organizações para discutir modelos de negócios, regulamentações e tecnologias relacionadas à produção de proteínas sustentáveis.	FPP, 2023
A Novo Nordisk Fonden tem como atividades principais o apoio à pesquisa, inovação, tratamento de pacientes e causas humanitárias e sociais, além da concessão de prêmios científicos. Ela oferece cinco modelos de subsídios, incluindo competições abertas, subsídios independentes, parcerias, investimentos de impacto e iniciativas próprias. A organização promove a colaboração internacional e aborda desafios globais.	FBN, 2023

<p>A Plataforma Biotecnológica Integrada de Ingredientes Saudáveis (NPOP-PBIS) atua no setor alimentício brasileiro, visando desenvolver ingredientes saudáveis e sustentáveis a partir de matérias-primas nacionais. Promove pesquisa orientada a problemas em colaboração com a indústria para fortalecer a competitividade da indústria alimentícia no Brasil. Isso envolve uma parceria público-privada para solucionar desafios específicos do mercado e impulsionar a inovação no setor.</p>	<p>PIS, 2023</p>
<p>A Swiss Food & Nutrition Valley promove a inovação no sistema alimentar e nutricional, reunindo uma rede de parceiros para abordar desafios em alimentos, agricultura e nutrição.</p>	<p>SFNV, 2023</p>
<p>A Asia Sustainable Foods Platform acelera a comercialização de alimentos sustentáveis na Ásia, apoiando empresas de tecnologia alimentar em todas as etapas de crescimento, atuando como facilitador, operador e investidor para as empresas de tecnologia alimentar. Construíram o Centro de Inovação em Tecnologia Alimentar (FTIC) que oferecerá recursos de P&D e produção piloto para o desenvolvimento de produtos. A ASF colabora com a Cremer para operar uma instalação de fabricação de proteínas à base de plantas em Singapura, contribuindo para a produção local de alimentos sustentáveis.</p>	<p>ASF, 2023</p>
<p>Start-Up Nation Finder é uma plataforma online de conhecimento e networking que apoia o desenvolvimento do ecossistema de inovação israelense. Ele fornece dados e insights de alta qualidade sobre a indústria de tecnologia e conecta você aos principais participantes do ecossistema, incluindo mais de 7.200 startups, centenas de olheiros de inovação, investidores, aceleradores e muito mais.</p>	<p>SNC, 2022</p>

Oportunidades de investimentos: análise documental de relatórios de mercado sobre proteínas sustentáveis:

Com o crescente interesse e demanda por alimentos à base de plantas, relatórios de mercado têm se tornado uma ferramenta valiosa para empresas tomarem decisões estratégicas nesse setor em ascensão. Embora esses relatórios sejam elaborados para fins comerciais, os documentos também podem desempenhar um papel importante no desenho de pesquisas, contribuindo para

uma compreensão mais abrangente do mercado “*plant-based*”, permitindo investigar e analisar as tendências, padrões de consumo, preferências do consumidor, oportunidades e desafios enfrentados pela indústria das proteínas vegetais. Com base nesse contexto, a Tabela 4 apresenta um resumo de alguns relatórios relevantes que abordam as proteínas vegetais, oferecendo informações valiosas para o avanço e desenvolvimento do setor.

Tabela 4. Relatórios sobre Proteínas Sustentáveis

Relatório	Resumo dos Resultados	Referência
Valor Global do Mercado de Proteínas Vegetais 2022-2027	O mercado global de proteínas vegetais está em rápido crescimento e deve atingir um valor de 17,4 bilhões de dólares americanos até 2027.	Market Data Forecast (MDF, 2023)
Relatório do Estado da Indústria: Carne, Frutos do Mar, Ovos e Laticínios à Base de Plantas	O investimento total em empresas dedicadas à produção de alimentos à base de plantas atingiu US\$ 7,7 bilhões, com um investimento significativo de US\$ 1,19 bilhão em 2022. O mercado de alimentos à base de plantas nos EUA alcançou um valor de US\$ 8,0 bilhões. O relatório abrange diversos tópicos, incluindo tendências de distribuição, percepções do consumidor, dados de varejo e foodservice, avanços técnicos, financiamento público e previsões do setor.	The Good Food Institute (GFI) (GFI, 2022)
The Food Revolution - The Future of Food and the Challenges We Face, July 2019	A oportunidade de inovação em alimentos é projetada para alcançar um mercado de US\$ 700 bilhões até 2030, crescendo mais de cinco vezes em relação a 2018. A agricultura 4.0 também é um segmento promissor, com previsão de expansão de um mercado de US\$ 15 bilhões em 2018 para US\$ 90 bilhões até 2030.	UBS Group AG/UBS (GORDON, 2019)

<p><i>“plant-based”</i> foods in Europe: How big is the market?</p>	<p>A pesquisa revela que grandes empresas, como Nestlé, Tesco, Unilever e IKEA, estão investindo no mercado de alimentos à base de plantas, com vendas expressivas e metas ambiciosas para o futuro. A IKEA, por exemplo, planeja que metade das refeições em seus restaurantes e 80% dos alimentos embalados sejam à base de plantas até 2025.</p>	<p>Nielsen MarketTrack / Smart Protein (NM, 2020)</p>
<p><i>“plant-based”</i> Protein Market</p>	<p>O mercado global de proteínas vegetais registrou um crescimento anual de 6,7% em 2021, com vendas totalizando US\$ 11,3 bilhões. Projeções indicam que o mercado pode atingir US\$ 22,5 bilhões em 2032, com um CAGR de 7,2%.</p>	<p>Future Market Insights (FMI, 2022)</p>
<p>Plant Protein Market - Size, Share, Covid-19 Impact & Forecasts Up To 2029</p>	<p>O mercado de proteínas vegetais está em crescimento, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 4,71% projetada até 2029. O segmento de nutrição esportiva e desempenho também está crescendo rapidamente, com o lançamento de mais produtos à base de plantas para atender a essa demanda crescente.</p>	<p>Motor Intelligence (MI, 2022)</p>
<p><i>“plant-based”</i> Protein Market</p>	<p>O mercado global de proteínas vegetais é estimado em US\$ 12,2 bilhões em 2022, com projeção de crescimento para US\$ 17,4 bilhões até 2027, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 7,3%.</p>	<p>Markets and Markets (MM, 2022)</p>
<p><i>“plant-based”</i> proteins</p>	<p>O mercado alemão de proteínas vegetais está previsto para crescer anualmente a uma taxa de 5,4%, alcançando €1,5 bilhão em 2027. No âmbito global, o mercado de proteínas vegetais deverá crescer a uma taxa anual de 8,1%, alcançando €11,8 bilhões até 2025.</p>	<p>Oaklins - M&A advisory experts in the Food & Beverage industry (OAKLINS, 2021)</p>

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a emergência e o potencial transformador de ecossistemas “*plant-based*” inovadores, ancorados nos princípios da economia circular. A análise multidimensional, que integra perspectivas de pesquisa acadêmica, estratégias governamentais e dinâmicas empresariais, revela um panorama promissor para o desenvolvimento de alimentos sustentáveis e saudáveis. A sinergia entre universidades, indústrias e governos, conforme ilustrada pela abordagem da tripla hélice e por modelos de inovação e gestão, cria um terreno fértil para startups de foodtech focadas na produção de proteínas alternativas “*plant-based*”.

Os resultados deste estudo evidenciam um ecossistema em evolução, caracterizado por colaborações estratégicas, avanços tecnológicos e um compromisso crescente com a sustentabilidade ambiental e nutricional. A participação ativa de entidades acadêmicas e de pesquisa, combinada com o suporte governamental e o dinamismo empresarial, é essencial para superar desafios e explorar novas oportunidades neste campo emergente. Além disso, a inclusão de considerações sobre a percepção do consumidor e a saúde pública amplia o impacto e a relevância dessas inovações.

O estudo também aponta para a importância de uma abordagem holística e integrada, envolvendo todos os stakeholders do ecossistema “*plant-based*”. Essa abordagem permite não apenas o avanço da inovação tecnológica, mas também a promoção de práticas alimentares mais sustentáveis e saudáveis em escala global. A intersecção de esforços acadêmicos, empresariais e governamentais, juntamente com o suporte de organizações não governamentais e iniciativas filantrópicas, é fundamental para impulsionar a transição para um futuro alimentar mais sustentável e ético.

Em conclusão, este estudo destaca a importância de abordagens inovadoras e colaborativas no desenvolvimento de sistemas alimentares sustentáveis. Sugere também que a contínua pesquisa e desenvolvimento em foodtechs “*plant-based*”, apoiadas por políticas governamentais incentivadoras e uma crescente conscientização do consumidor, são cruciais para enfrentar os desafios ambientais, nutricionais e de saúde pública do século XXI.

5. REFERÊNCIAS

A*STAR, **Agency for Science, Technology and Research**, 2022. Disponível em: <https://www.a-star.edu.sg/switch/2022>. Acesso em: 15 dez. 2023.

ALCHEMY FOODTECH, **Alchemy Foodtech is a Singapore start-up**, 2023. Disponível em: <https://alchemyfoodtech.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

ALHAWARI, Omar et al. Insights from circular economy literature: A review of extant definitions and unravelling paths to future research. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 859, 2021.

ASF, **Asia Sustainable Foods Platform**. Disponível em: <https://www.cremer.de/en/news/magazine/cremer-sustainable-foods-opens-first-contract-manufacturing-facility-in-Singapore.html> Acesso em: 11 set. 2023.

BERKE, ALLISON. How should California lead on alternative meat?. In: **A California 100 policy brief**, 2. 2022.

BEYOND MEAT, **Beyond Meat** 2022. Disponível em: <https://www.beyondmeat.com/en-US/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica**. – 2. ed., 1. reimpr. – Brasília : Ministério da Saúde, 2014. 156p.: Disponível em https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acessado em 6 de junho de 2023.

BRUTTI, Zeldá; ROJAS, Luis E. M&A and early investment decisions by digital platforms. **Journal of Industrial and Business Economics**, v. 49, n. 3, p. 509-543, 2022.

CALIFIA FARMS LLC, **Califia Farms Llc**, 2022. Disponível em: <https://www.califiafarms.com.au/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

COCKAYNE, James. **Innovation for Inclusion**. Financial Sector Commission Secretariat 2019.

COSTA, Joana; MATIAS, João CO. Open innovation 4.0 as an enhancer of sustainable innovation ecosystems. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 8112, 2020.

CSV, **Climate Save Movement**, 2023. Disponível em: <https://thesavemovement.org/>. Acesso em: 11 set. 2023.

DAVIES, W. Paul. An historical perspective from the Green Revolution to the gene revolution. **Nutrition Reviews**, v. 61, n. suppl_6, p. S124-S134, 2003.

DAVIS, Carole A.; BRITTEN, Patricia; MYERS, Esther F. Past, present, and future of the Food Guide Pyramid. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 101, n. 8, p. 881, 2001.

EAT JUST, **Eat Just** 2022. Disponível em: <https://www.ju.st/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

EIT, Food. **Future of Food**. Disponível em: <https://futureoffood.eitfood.eu>. Acesso em: 01 set. 2023.

FASOLIN, Luiz H. et al. Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. **Food Research International**, v. 125, p. 108586, 2019.

FAZENDA FUTURO. **Fazenda Futuro**. Disponível em: <https://www.fazendafuturo.io/>. Acesso em: 20 set. 2023.

FBN, Foundation New Nordisk. Disponível em: <https://novonordiskfonden.dk>. Acesso em: 11 set. 2023.

FLECHAS, Ximena Alejandra; TAKAHASHI, Carlos Kazunari; DE FIGUEIREDO, Júlio César Bastos. The triple helix and the quality of the startup ecosystem: a global view. **Revista de Gestão**, n. ahead-of-print, 2022.

FPP, **Future of Protein Production**. Disponível em: <https://www.futureofproteinproduction.com/>. Acesso em: 11 set. 2023.

FRAUNHOUFER IVV, **Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging IVV**, 2023. Disponível em: <https://www.ivv.fraunhofer.de/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

FUTUREFARMCO, **Future Farm Co**. 2023. Disponível em: <https://www.futurefarmco.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

GFC, **Good Food Conference**. Disponível em: <https://goodfoodconference.com/>. Acesso em: 11 set. 2023.

GFI, **The Good Food Institute**, 2022. Disponível em: <https://projects.au.dk/plant2food>. Acesso em: 11 set. 2023.

GFI, **The Good Food Institute. State of the Industry Report | Cultivated meat and seafood 2, 2022**. Disponível em: <https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-Cultivated-Meat-State-of-the-Industry-Report.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2023.

GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, María A.; LÁZARO-ALQUÉZAR, Angelina; SIMÓN-FERNÁNDEZ, María Blanca. Global trends in child obesity: are figures converging? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 24, p. 9252, 2020.

GORDON, Wayne. **UBS Group AG/UBS. The food revolution The future of food and the challenges we face July**, 2019. Disponível em: https://www.ubs.com/global/en/wealth-management/insights/chief-investment-office/sustainable-investing/2019/food-revolution/_jcr_content/mainpar/toplevelgrid_401809202/col2/teaser/linklist/actionbutton.0883249021.file/PS9jb250ZW50L2RhbS9hc3NldHMvd20vZ2xvYmFsL2Npby9kb2MvdGhllWZvb2QtcmlV2b2x1dGlubi1qdWx5LTlwMTkucGRm/the-food-revolution-july-2019.pdf. Acesso em: 15 dez. 2023.

GRANSTRAND, Ove; HOLGERSSON, Marcus. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. **Technovation**, v. 90, p. 102098, 2020.

HARVARD, Harvard T.H. Chan School of Public Health, **My Plate, 2021**. Disponível em: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/healthy-eating-plate/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

HAVRYSH, Valerii et al. Husk Energy Supply Systems for Sunflower Oil Mills. **Energies**, v. 13, n. 2, p. 361, 2020 Disponível em: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/sunflower-oil-market-8792>. Acesso em: 8 jun. 2023.

HEATON, Sohvi; SIEGEL, Donald S.; TEECE, David J. Universities and innovation ecosystems: A dynamic capabilities perspective. *Industrial and Corporate Change*, v. 28, n. 4, p. 921-939, 2019.

HOUSTON, Mark C. The Treatment of Hypertension With Nutrition, Nutritional Supplements, and Lifestyle. In: **Hypertension**. Elsevier, 2024. p. 316-322. HSI, The Humane Society International, 2023. Disponível em: <https://www.hsi.org/>. Acesso em: 11 set. 2023.

INNOVOPRO, **Chickpea Protein Platform – InnovoPro**, 2023. Disponível em: <https://innovopro.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

ITAL, **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, 2023. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

KARANA, **Eat Karana**. Disponível em: <https://eatkarana.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

KHAJEHEI, Forough; PIATTI, Cinzia; GRAEFF-HÖNNINGER, Simone. Novel food technologies and their acceptance. Food Tech Transitions: Reconnecting Agri-Food, **Technology and Society**, p. 3-22, 2019.

KLIMAS, Patrycja; CZAKON, Wojciech. Species in the wild: a typology of innovation ecosystems. **Review of Managerial Science**, v. 16, n. 1, p. 249-282, 2022.

LIKEMEAT. **Likemeat**, 2022. Disponível em: <https://likemeat.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MACMAHON, Jeff. **Animal Agriculture Costs More In Health Damage Than It Contributes To The Economy**. FORBES, 2019. Disponível em <<https://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2020/12/30/animal-agriculture-costs-more-in-health-damage-than-it-contributes-to-the-economy/?sh=dc8efad2e09d>> Acessado em 21 de março de 2023.

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT, **Max-Planck-Gesellschaft** 2023. Disponível em: <https://www.mpg.de/de>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MCDONALD, Bryan L. 'The World Food Crisis and the End of the Postwar Food System', Food Power: The Rise and Fall of the Postwar **American Food System**. **Oxford Academic**, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190600686.003.0007>,> Acesso em Junho de 2023.

MDF, Data Forecast. **Valor Global do Mercado de Proteínas Vegetais 2022-2027**, 2023. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/asia-pacific-plant-protein-market>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MI, **Motor Intelligence, Plant Protein Market - Size, Share, Covid-19 Impact & Forecasts Up To 2029**, 2022. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-plant-protein-market>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MIT, **Massachusetts Institute of Technology**, 2023. Disponível em: <https://www.mit.edu/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MIYOKO, **Miyoko's Creamery**. Disponível em: <https://miyokos.com/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

MM, **Markets and Markets**. *“plant-based” Protein, 2022*. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/“plant-based”-protein-market-14715651.html>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MORO-VISCONTI, Roberto; MORO-VISCONTI, Roberto. FoodTech and AgriTech Startup Valuation. Startup Valuation: **From Strategic Business Planning to Digital Networking**. *Startup Valuation*, p. 363-390, 2021.

NEŞE, A. C. A. R.; ÇIZMECI, Bülent; TURAN, Ayşegül. A research on consumer perceptions of food and beverage marketing on social media. *OPUS International Journal of Society Researches*, v. 17, n. 34, p. 813-830, 2021.

NEW ROOTS. **NewRoot – Wellness. Impact. Growth**. Disponível em: <https://www.newroots.ch/en/products/>. Acesso em: 25 set. 2023.

NFC, **New Food Conference**. Disponível em: <https://www.new-food-conference.com/>. Acesso em: 15 set. 2023.

NM, **Nielsen MarketTrack / Smart Protein**. *“plant-based” foods in Europe: How big is the market?, 2020*. Disponível em: <https://smartproteinproject.eu/“plant-based”-food-sector-report/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

NOTCO. **Not-Co**. Disponível em: <https://notco.com/cl/>. Acesso em: 1 out. 2023.

NTU, **Nanyang Technological University**, 2023. Disponível em: <https://www.ntu.edu.sg/>

NUMA, Iramaia Angelica Neri; WOLF, Kendji Eduardo; PASTORE, Glaucia Maria. FoodTech startups: technological solutions to achieve SDGs. **Food and Humanity**, 2023.

NURISHH *“PLANT-BASED”*. **Nurishh “plant-based”**. Disponível em: <https://nurishhplantbased.com/>. Acesso em: 10 set. 2023.

NUS, **National University of Singapore**, 2023. Disponível em: <https://nus.edu.sg/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

OAKLINS, **Oaklins**, 2021. Disponível em: <https://www.oaklins.com/uploads/2021/09/Oaklins-MA-report-“plant-based”-proteins-Sept-2021-1.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PBFA, **Plant Based Foods Association**, 2023. Disponível em: <https://www.plantbasedfoods.org/>. Acesso em: 11 set. 2023.

PBT, **The “plant-based” Treaty**, 2023. Disponível em: <<https://plantbasedtreaty.org/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

PBWE, **“plant-based” World Expo**. Disponível em: <https://plantbasedworldexpo.com/>. Acesso em: 11 set. 2023.

PIS, **Plataforma Biotecnológica Integrada de Ingredientes Saudáveis**, 2023. Disponível em: <http://pbis.org.br/o-projeto>. Acesso em: 11 set. 2023.

PLANT2FOOD, **Plant2Food Project**. Disponível em: <https://projects.au.dk/plant2food>. Acesso em: 11 set. 2023.

“PLANT-BASED”-BR, Plant Based Brazil. Disponível em: <https://www.plantbasedbr.com/>. Acesso em: 11 set. 2023.

PROVEG INCUBATOR, **Proveg Incubator 2022**. Disponível em: <https://provegincubator.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PUC-CHILE, **Pontifícia Católica do Chile**, 2023. Disponível em: <https://www.uc.cl/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PVI, **ProVeg International**, 2023. Disponível em: <<https://proveg.com/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

REDEFINE-MEAT, **Redefine-Meat**, 2021. Disponível em: <https://www.redefinemeat.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SÁNCHEZ-ROBLES, Manuel; SAURA, Jose Ramon; RIBEIRO-SORIANO, Domingo. Overcoming the challenges of cooperative startups businesses: insights from a bibliometric network analysis. **Review of Managerial Science**, p. 1-32, 2023.

SAVOREAT, **Savoreat** 2023. Disponível em: <https://savoreat.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SCALER, **Scaler**. Disponível em: <https://scaler.bio/>. Acesso em: 11 set. 2023.

SFA, **Singapore Food Agency**, 2022. Disponível em: <https://www.sfa.gov.sg/food-farming/sgfoodstory/our-singapore-food-story>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SFNV, **Swiss Food Nutrition Valley**. Disponível em: <https://swissfoodnutritionvalley.com>. Acesso em: 11 set. 2023.

SGINNOVATE, **Sginnovate**, 2023. Disponível em: <https://www.sginnovate.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SHIOK MEATS, **Shiok Meats**, 2023. Disponível em: <https://shiokmeats.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SIAW, **Asia-Pacific Agri-Food Innovation Summit & Agrifood Innovation**. Disponível em: <https://agrifoodinnovation.com/about/>. Acesso em: 15 set. 2023.

SNC, **Startup Nation Central**, 2022. Disponível em: <https://finder.startupnationcentral.org/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

STILL, Kaisa et al. Business model innovation of startups developing multisided digital platforms. In: **2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI)**. IEEE, 2017. p. 70-75.

SUN, Huaping et al. Institutional quality, green innovation and energy efficiency. **Energy policy**, v. 135, p. 111002, 2019.

TAU, **Tel Aviv University**, 2020. Disponível em: <https://en.huji.ac.il/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

TECHNION, **Technion-Israel Institute of Technology**, 2023. Disponível em: <https://www.technion.ac.il/en/home-2/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

TFT, THE FOOD TECH. **Expo The Food Tech**. Disponível em: <https://expo.thefoodtech.com/>. Acesso em: 10 set. 2023.

THE LIVE GREEN CO. **The Live Green Co**. Disponível em: <https://www.thelivegreenco.cl/>. Acesso em: 5 out. 2023.

THE NEW BUTCHERS. **The New Butchers**. Disponível em: <https://thenewbutchers.com.br/nossos-produtos/>. Acesso em: 30 set. 2023.

TREVISAN, Adriana Hofmann et al. Unlocking circular ecosystem concept: Evolution, current research, and future directions. **Sustainable Production and Consumption**, v. 29, p. 286-298, 2022.

TURTLETREE LABS, **Turtletree Labs**, 2023. Disponível em: <https://www.turtletree.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

VEGANUARU, **Veganuary**, 2023. Disponível em: <https://veganuary.com/pt-br/>. Acesso em: 11 set. 2023.

VEGANZ, **Veganz**, 2022. Disponível em: <https://vegan.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

VEGFEST-BR. **VegFest Brasil**. Disponível em: <https://vegfest.com.br/>. Acesso em: 10 set. 2023.

VOGEL, Wolfgang. Agile Methods for Complexity Management: A Literature Overview. *Logistik in Wissenschaft und Praxis: Von der Datenanalyse zur Gestaltung komplexer Logistikprozesse*, **Logistik in Wissenschaft und Praxis** p. 129-176, 2021.

WANG, Chengbin et al. Ideas and methods of lean and agile startup in the VUCA Era. **International Entrepreneurship and Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 1527-1544, 2022.

WILDTYPE, **Wildtype**, 2023. Disponível em: <https://www.wildtypefoods.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

WRI, World Resources Institute **.Protein-scorecard, 2023**. Disponível em: < <https://www.wri.org/data/protein-scorecard> >. Acesso em: 11 set. 2023.

YOFIX, **Yofix**, 2022. Disponível em: <https://yofix-plantbased.com/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

CAPÍTULO 4

Revisão das rotas metabólicas dos aminoácidos essenciais: individuais, sinérgicos, BCAAs e Sulfurados

Review of the Metabolic Pathways of the Essential Amino Acids:
Individual, Synergistic, BCAAs, and Sulfurated

O artigo será submetido à revista a ser definida.

A revisão aborda a importância dos aminoácidos essenciais na bioquímica nutricional, enfatizando suas funções fisiológicas, impactos no metabolismo, renovação proteica e susceptibilidade a doenças. A pesquisa enfatiza o papel desses aminoácidos em diversas condições fisiológicas e patológicas, como o envolvimento da fenilalanina e tirosina no envelhecimento cardíaco, da histidina no metabolismo da glicose, e da isoleucina e leucina na massa muscular e metabolismo lipídico. Destaca-se também a influência de dietas específicas na concentração plasmática de aminoácidos, afetando a síntese proteica muscular. Adicionalmente, os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) e sulfurados são apontados por suas funções no metabolismo energético e propriedades antioxidantes, respectivamente. Como conclusão é ressaltado a necessidade de dietas equilibradas e pesquisas adicionais para desenvolver intervenções nutricionais e terapêuticas eficazes, dada a relevância dos aminoácidos essenciais na saúde.

Palavras-chave: Metabolismo Humano de Aminoácidos; Funções Sinérgicas; Aminoácidos de Cadeia Ramificada (BCAAs); Aminoácidos Contendo Enxofre; Turnover Proteico.

1. Introdução

Este levantamento bibliográfico buscou uma compreensão abrangente das funções fisiológicas dos nove aminoácidos essenciais, explorando tanto suas funções individuais quanto sua sinergia dentro das vias metabólicas. Essa investigação oferece um conhecimento holístico que é fundamental para a pesquisa em rotas metabólicas, com implicações significativas na fisiologia humana.

Dentro do contexto da fisiologia celular, o turnover proteico desempenha um papel crucial. Esse processo intrínseco envolve a síntese contínua e a degradação de proteínas nas células, contribuindo para a manutenção do equilíbrio proteico intracelular e a vitalidade funcional das células. Pesquisas recentes, como a revisão de Paulussen (2022), destacam a multifacetada resistência anabólica relacionada ao turnover de proteínas musculares, enfatizando a regulação da síntese proteica muscular em resposta a estímulos anabólicos predominantes, como a ingestão de proteínas e a atividade física. Além disso, Gwin (2020) salienta que o turnover proteico é um processo onipresente em todas as células e é fundamental para a substituição de proteínas desgastadas por novas, garantindo a eficiência bioquímica e fisiológica das células. No entanto, perturbações nesse equilíbrio podem ter implicações graves, como o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, oncogênicas e metabólicas.

Além disso, é importante notar a interligação entre os mecanismos da Resposta Proteína Desdobrada (UPR) e a síntese e regulação lipídica, conforme enfatizado por Moncan (2021). O acúmulo de proteínas mal dobradas ativa proteínas transmembranares do retículo endoplasmático, com implicações notáveis no metabolismo lipídico. Isso se torna relevante para a compreensão de patologias como neoplasias e doenças neurodegenerativas, estabelecendo uma conexão importante entre o turnover proteico e as vias metabólicas.

Portanto, a investigação dos aminoácidos essenciais, o turnover proteico e suas interações com o metabolismo lipídico revelam uma rede intrincada de processos essenciais para a fisiologia humana, representando um campo promissor de pesquisa com implicações significativas tanto na biologia molecular quanto na medicina clínica e nutrição.

2. Materiais e métodos

A revisão bibliográfica foi de natureza observacional e transversal, concentrou-se na investigação sobre o consumidor “*plant-based*”. Utilizou-se as bases Dimensions, SCieLO, Google Acadêmico, Scopus, BDTD e PubMed, empregando termos específicos em inglês contendo nome dos aminoácidos, as vias metabólicas. Baseando-se em critérios de relevância e qualidade, incluindo trabalhos empíricos e revisões teóricas, a pesquisa fez análise dos dados e focou na interpretação e síntese das informações encontradas.

3. Resultados

Modificações Pós-Traducionais:

As proteínas, fundamentais para a função celular e a integridade do organismo, passam por diversas modificações após sua tradução. Entre essas modificações, as chamadas modificações pós-traducionais (PTMs) se destacam, especialmente em regiões intrinsecamente desordenadas (IDRs) das proteínas. Estas PTMs têm uma importância singular na regulação das propriedades físicas e funcionais das proteínas, influenciando as interações entre elas e conseqüentemente a formação de compartimentos celulares especializados. Ao longo dos anos, várias pesquisas buscaram compreender os efeitos das PTMs na separação de fase líquido-líquido (LLPS) de proteínas em diferentes tipos de corpos celulares, conhecidos como MLOs. Este estudo oferece uma revisão detalhada sobre esses aspectos e destaca o papel crucial das PTMs na regulação das interações proteicas e na formação de organelas celulares sem membrana (MLOs) (Owen e Frank, 2019; Haro, 2019).

Vias Metabólicas:

A biossíntese proteica, conforme descrita por Alberts (2017), é altamente regulada e envolve a transcrição do DNA para formar mRNA, que é traduzido em proteínas. As proteínas desempenham funções nutricionais cruciais e, em certas situações, podem ser usadas como fonte de energia, como na gliconeogênese durante o jejum prolongado (LEANDRO, 2013). Esses processos são essenciais

para a fisiologia humana e têm relevância na pesquisa em biologia molecular, medicina clínica e nutrição. A Figura 1 ilustra o metabolismo pré-abortivo e pós-abortivo, enquanto o Tabela 1 resume a compreensão dos compostos formados de aminoácidos no metabolismo proteico.

Funções Fisiológicas:

As proteínas desempenham um papel essencial na fisiologia humana, atuando em diversas funções vitais, divididas principalmente em proteínas estruturais e globulares. As proteínas estruturais garantem sustentação e resistência mecânica às células, tecidos e órgãos, enquanto as globulares, solúveis em água, são responsáveis por funções catalíticas, regulatórias, de transporte, imunológicas e metabólicas, fundamentais para a homeostase do organismo (Tirapegui, 2007; Sgarbieri, 2020). As proteínas constituem cerca de 18% da composição corporal humana, com miosina, actina, colágeno e hemoglobina sendo predominantes, e desempenham um papel crucial na força muscular e metabolização de nutrientes (Burd, 2019).

Vários tipos de colágeno, principalmente do tipo I a IV, são essenciais para a estrutura de pele, tendões, ossos e ligamentos (Wu et al., 2019). Aminoácidos como leucina, isoleucina e valina são importantes no metabolismo, enquanto serina e glutamina têm funções específicas em células como macrófagos e plasmócitos (KELLY, 2020). Para mais informações sobre o papel vital das proteínas na fisiologia humana e sua importância na homeostase, é recomendável consultar a Figura 2 e o Tabela 1.

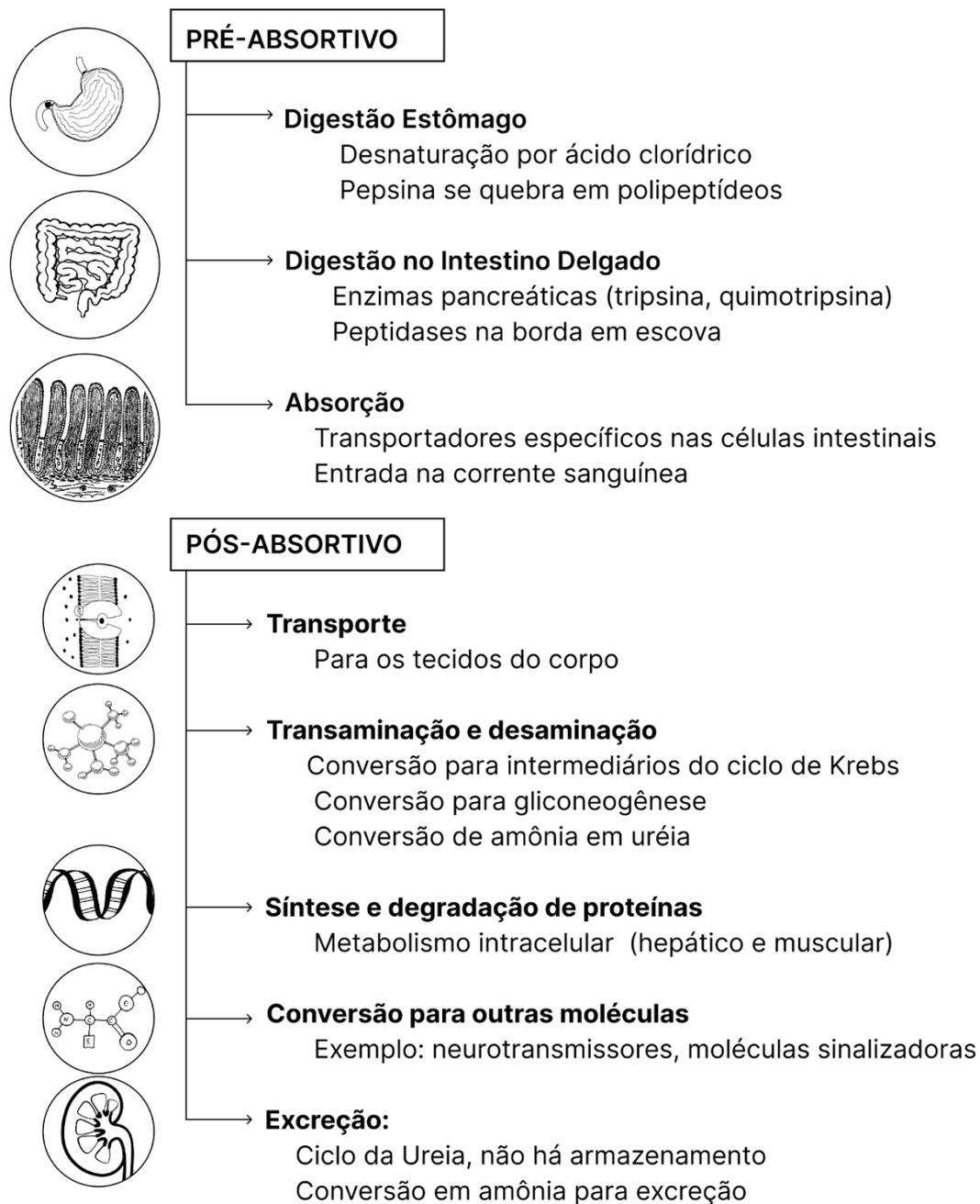


Figura 1. Mapa do metabolismo de Proteínas

Fonte: Adaptado de Tirapegui e Rogero (2007) e Leandro (2013).

Ilustrações feita por Bruna Fernanda Ramirez.

Tabela 1. Aminoácidos formam compostos com funções fisiológicas

Aminoácidos	Composto	Via Metabólica	Função Fisiológica
Arginina, Glicina, Metionina	Creatina	Síntese de Creatina	Síntese de proteína, aumento da massa muscular

Glutamato, Cisteína, Glicina	Glutaciona	Síntese de Glutaciona	Antioxidante, detoxificação celular
Lisina, Metionina	Carnitina	Síntese de Carnitina	Transporte de ácidos graxos
Vários (proteína globular)	Hemoglobina	Síntese de Hemoglobina	Transporte de oxigênio e CO ₂
Tirosina	Noradrenalina	Síntese de Catecolaminas	Neurotransmissor, respostas ao estresse
Triptofano	Serotonina	Síntese de Serotonina	Regulação do humor, sono
Tirosina	Adrenalina	Síntese de Catecolaminas	Resposta ao estresse, aumento da frequência cardíaca
Tirosina	Melanina	Síntese de Melanina	Pigmentação da pele
Vários (proteína polipeptídica)	Insulina	Síntese de Insulina	Regulação da glicose no sangue
Triptofano	Niacinamida	Síntese de NAD	Coenzima em reações de oxidação-redução
Glutamato	Ácido Gama-aminobutírico (GABA)	Síntese de GABA	Neurotransmissor inibitório
Tirosina	Dopamina	Síntese de Dopamina	Neurotransmissor, regulação do humor e recompensa
Vários (peptídeo)	Oxitocina	Síntese de Oxitocina	Contração uterina, laço social
Vários (peptídeo)	Vasopressina	Síntese de Vasopressina	Retenção de água, vasoconstrição
Vários (peptídeo)	Endorfina	Síntese de Endorfinas	Alívio da dor, sensação de bem-estar
Tirosina	Tiroxina (T ₃ ,T ₄)	Síntese de Hormônios Tireoidianos	Regulação do metabolismo

Fonte: Tirapegui e Rogero (2007) e Leandro (2013)

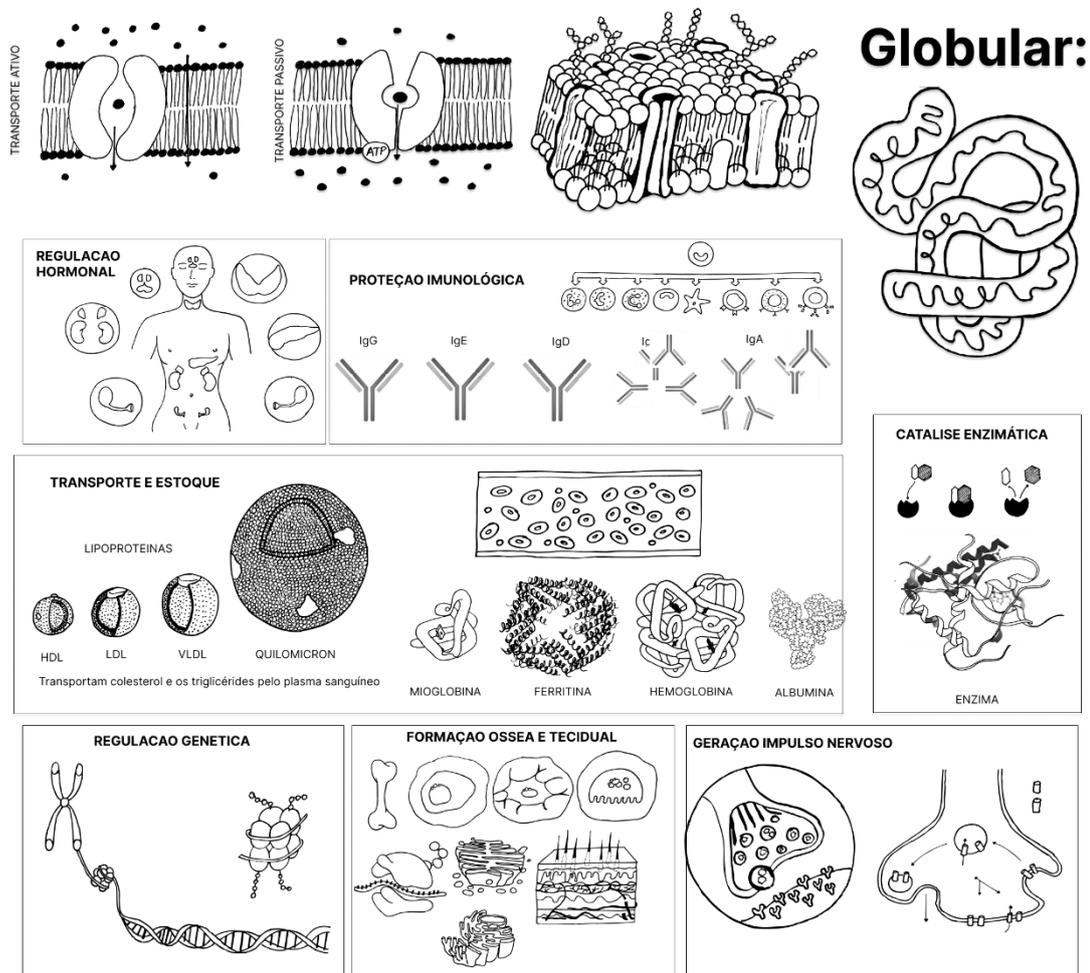
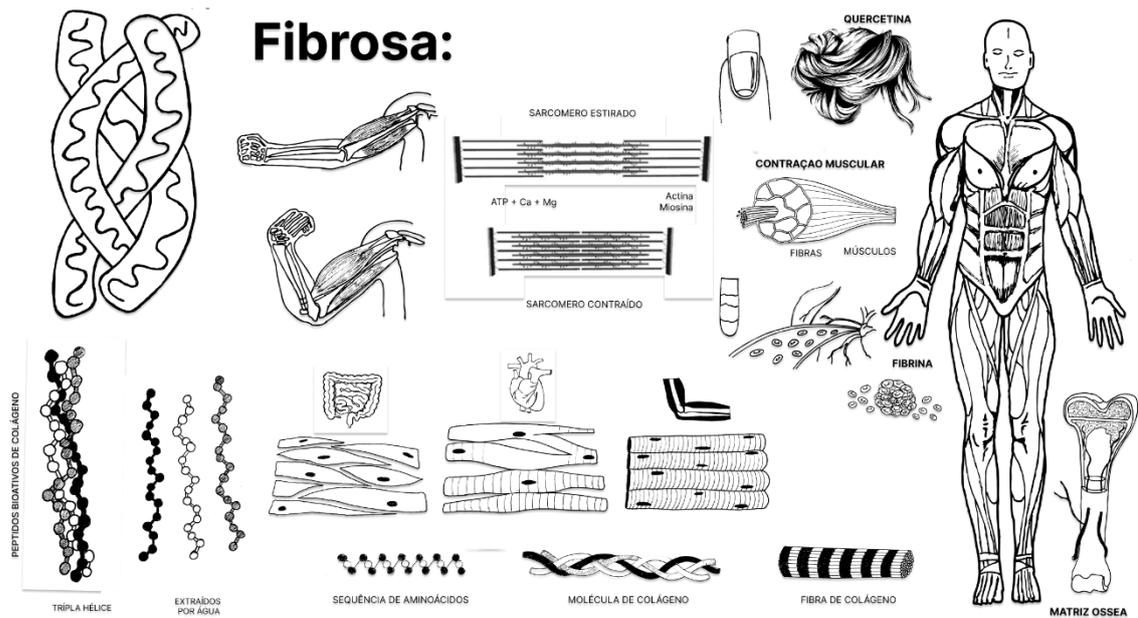


Figura 2. Estrutura e Função das Proteínas Fibrosas e Globulares.

Fonte: adaptado de tirapegui e rogero (2007) e leandro (2013), por Bruna Ramirez.

Tabela 2. Síntese, Função e Ação das Proteínas Fibrosas e Globulares

PROTEÍNAS FUNCIONAIS ESTRUTURAIS			
Estrutura	Síntese	Função	Ação
Colágeno	Sintetizados condroblastos, fibroblastos e osteoblastos - células especializadas do tecido cartilaginoso, conjuntivo e ósseo, respectivamente. AA: Glicina, Prolina e Hidroxiprolina.	Resistência, elasticidade	Tecido muscular estriado esquelético, tecido muscular não estriado e tecido muscular estriado cardíaco
Queratina	Células diferenciadas, queratinócitos, do tecido epitelial e invaginações da epiderme para a derme (cabelos e unhas). AA: Cisteína (principal) e mais 20 AA	Proteção e resistência	Formação de Pelos, cabelos e Unhas
Actina e Miosina	Tecido muscular estriado esquelético	Contração e Relaxamento Muscular	Contração voluntária do organismo. Estão ligadas aos ossos. Esse tecido é o responsável pela locomoção
Fibrina	Fibrinogênio é produzido no fígado e se transforma em fibrina via proteases plasmáticas. A enzima trombina, que, via proteólise, se converte de fibrinogênio solúvel para fibrina insolúvel	Proteção contra lesão	Agregação plaquetária; atua na modulação da função do endotélio; promove a migração e proliferação de células do músculo liso e representa a principal proteína de fase aguda

PROTEÍNAS FUNCIONAIS GLOBULARES

Composto	Composição	Função	Ação
Hormônios	Glândulas endócrinas	Regulação hormonal	Hormônio do crescimento (GH), antidiurético (ADH), tiroxina (T4), paratormônio, adrenalina, glucagon, insulina, estrogênio, progesterona, prolactina, testosterona.
Anticorpos	Linfócitos B, que se originam na medula, distribuídos pelo sistema linfático.	Proteção imunológica	Reconhecem e ligam-se com antígenos, como vírus e bactérias
Lipoproteínas	Fígado	Transporte de colesterol e triglicérides entre o fígado plasma sanguíneo.	Quilomícrons, lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL) e lipoproteína de alta densidade (HDL).
Albumina	Fígado	Transporte e Reserva	Transportador de ácidos graxos livres, aminoácidos, metais, cálcio, hormônios e bilirrubina.
Hemoglobina	Hemácias na medula óssea	Transporte	Transportar oxigênio aos tecidos
Ferritina	Fígado	Estocar moléculas de ferro para subsidiar a produção normal de glóbulos vermelhos do sangue	Regulação do metabolismo do Ferro
Osteonectina osteocalcina	Osteoblastos	Formação Óssea e Tecidual.	Estoque e transporte de cálcio na matriz óssea
Teneurinas (TENS)	No sistema nervoso e são sintetizadas no	Impulso Nervoso	Fazem sinapses e estimulam impulsos nervosos por meio de

	soma que é o corpo celular do neurônio.		mensageiros químicos cerebrais (neurotransmissores)
Proteínas Ribossomais	Núcleo da célula (nucléolo)	Regulam a transcrição e a tradução gênicas	Ocorre por meio de histonas que estão intimamente associadas ao DNA , ou por meio de fatores de repressão ou de fatores que aumentam a transcrição gênica, ou também por proteínas que formam parte das partículas de RNA heteronuclear e dos ribossomos.

Fonte: adaptado de Tirapegu e Rogero (2007) e Leandro (2013)

Revisão dos Aminoácidos: Isolados, Sinérgicos, BCAAs e Sulfurados:

Neste estudo, foi empreendida uma análise abrangente e metódica sobre a função e a importância dos aminoácidos essenciais. Para proporcionar uma compreensão profunda e ordenada, os resultados foram sistematicamente organizados e apresentados em Tabelas. A sequência adotada reflete uma progressão lógica de entendimento: iniciou-se com uma revisão focada na função de determinados aminoácidos essenciais quando considerados isoladamente (Tabela 3). Em seguida, realizou-se uma análise sobre o papel sinérgico desses aminoácidos quando atuam em conjunto (Tabela 4). Posteriormente, a atenção se voltou para os BCAAs - aminoácidos de cadeia ramificada, devido à sua relevância e singularidade (Tabela 5) e por fim os aminoácidos sulfurados (Tabela 6).

Tabela 3. Revisão sobre a função de determinados aminoácidos essenciais isoladamente

Aminoácido	Estudos			
Fenilalanina e Tirosina	A cinética de absorção de fenilalanina e sua disponibilidade plasmática em humanos são moduladas pela digestão de proteínas e esta está relacionada com um conjunto de fatores, tais como, os tipos e dose de proteínas da dieta e a idade. (GORISSEN,2020)	O catabolismo desregulado da fenilalanina desempenha um papel fundamental na trajetória do envelhecimento cardíaco (CZIBIK, 2021)	Fenilalanina plasmática elevada prediz mortalidade em pacientes críticos com insuficiência cardíaca (CHEN, 2020)	Papel da fosforilação da tirosina na modulação do metabolismo das células cancerígenas (TADDEI, 2020)
Histidina	Precursora da carnosina no músculo humano. Em regiões do cérebro a carnosina parece desempenhar um papel importante como tampão	Essencial para funções de tamponamento de prótons, quelatação de íons metálicos, eliminação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, eritropoiese e	O tratamento exógeno com histidina induziu uma redução na expressão de marcadores	Em humanos, a histidina dietética pode estar associada a fatores que melhoram a síndrome metabólica e tem efeito

	e antioxidante (BROSNAN, 2020)	sistema histaminérgico (HOLECEK, 2020)	tumorais relacionados à glicólise (GLUT1 e HK2), inflamação (STAT3), angiogênese (VEGFB e VEGFC) e células-tronco (CD133). (PARK, 2022)	na absorção de íons. (MORO, 2020)
Isoleucina	Aumenta a massa muscular através da promoção da miogênese e deposição de gordura intramiocelular (LIU, 2021)	Alta dose de isoleucina estabiliza tumor PTEN (homólogo de fosfatase e tensina deletado no cromossomo 10) nuclear para suprimir a proliferação do câncer de pulmão (WANG, 2022)	A isoleucina desempenha um papel importante na manutenção da função imunológica. A isoleucina pode induzir a expressão de peptídeos de defesa do hospedeiro (ou seja, β -defensinas) que podem regular a imunidade inata e adaptativa do hospedeiro. Além disso, a administração de isoleucina pode restaurar o efeito de alguns patógenos na saúde de humanos e animais por meio do aumento da expressão de β -defensinas (GU, 2019).	

Leucina	<p>Aumento da ingestão através da proteína dietética parece ser mais eficaz para preservar a massa muscular e preservar a síntese de proteína muscular (CHOLEWA, 2017);</p> <p>A leucina, mas não a isoleucina ou a valina, afeta os perfis lipídicos séricos e o escurecimento do WAT em camundongos (ZHOU, 2021)</p>			
Lisina	<p>Envolvida na renovação estrutural celular. A oxidação de leucina e lisina são conservadas de forma semelhante em humanos com restrição de proteína, e uma resposta semelhante de conservação ocorre em termos de extração de primeira passagem pelo leito esplâncnico (WAN, et al 2019)</p>		<p>Sob condições de ingestão limitada de lisina na dieta, a microflora intestinal pode desempenhar um papel importante no metabolismo da lisina humana. Novos métodos necessitam ser investigados para avaliar a produção de lisina pela microflora intestinal e a transferência para o hospedeiro. (WAN, 2019)</p>	
Metionina	<p>A metionina é essencial para o metabolismo do câncer. As células cancerígenas dependem da metionina exógena para o metabolismo proliferativo e na ausência do aminoácido, a homocisteína é capaz</p>	<p>A restrição de metionina como uma abordagem nutricional personalizada para o tratamento de pacientes com câncer (WANDER E HOBSON, 2020)</p> <p>A privação de metionina é sugerida como uma estratégia</p>	<p>Metabolismo da metionina e metiltransferases na regulação do envelhecimento e prolongamento da vida em todas as espécies (PARKHITKO,2019)</p>	<p>Dietas deficientes em metionina podem ser uma estratégia nutricional útil em pacientes com diabetes. A restrição alimentar de metionina na melhora da resistência à insulina, homeostase da glicose, estresse oxidativo, metabolismo</p>

	<p>de sintetizar a metionina. (KAISER,2020)</p> <p>Células iniciadoras do tumor apresentam dependência metabólica metionina (WANG, 2021)</p> <p>Embora a metionina seja comumente vista apenas por seu papel inicial na tradução de proteínas, possui funções adicionais significativas. Ela atua como antioxidante celular, estabilizador de proteínas e participa do reconhecimento de superfícies proteicas (ALEDO, 2019).</p>	<p>para regular os parâmetros metabólicos de saúde (GREEN e LAMMING, 2019).</p> <p>Entre a interação da metionina com aminoácidos aromáticos em proteínas, descobriram que 70% das estruturas no Protein Data Bank têm essa interação e 40% apresentam uma ponte Met-aromática. Essas pontes são cruciais para estabilizar e proteger estruturas proteicas, auxiliando no reconhecimento molecular e na transferência de elétrons (WEBER e WARREN, 2019).</p>		<p>lipídico, via das pentoses fosfato (PPP) e inflamação, com ênfase no fator de crescimento de fibroblastos 21 e na proteína fosfatase 2A sinais e autofagia em diabetes. (YIN, 2018)</p>
--	---	---	--	--

Cisteína	A cisteína é conhecida como um aminoácido proteínogênico porque atua como um bloco de construção de cerca de 2% das proteínas e desempenha um papel importante nos processos biológicos realizados em nosso corpo (REHMAN, 2020)	O aminoácido cisteína contribui ativamente para a remodelação metabólica do câncer em três níveis diferentes. (BONIFÁCIO, 2021)	Cisteína e Arginina tem ação antibacteriana e neutralização de LPS. (CHEN, 2019)	Cisteína degradada pela microbiota intestinal em Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S), importante para manter a integridade da camada de muco, porém quando em excesso se torna prejudicial para a saúde intestinal. (BLACHIER, 2020)
Treonina	Não encontramos evidencia em estudo com humanos.			
Valina	A pré-diabetes é caracterizada por alterações específicas na concentração e na produção corporal total de valina. (KNEZEK, 2022)			
Triptofano	Suplementação de L-Triptofano, ômega 3, magnésio e vitaminas do complexo B na diminuição dos sintomas	O triptofano modula o neurotransmissor da serotonina sendo vital para regulação emocional, fome, sono e dor, bem como,	As vias metabólicas do triptofano são alteradas na obesidade e estão associadas à	O metabolismo do triptofano é um integrador fisiológico que regula os ritmos circadianos, movido a tempo e luz e

	<p>de ansiedade (DE ANDRADE, 2018)</p>	<p>motilidade colônica e secretora no intestino. Os catabólitos do triptofano da via de degradação da quinurenina também modulam a atividade neural e são ativos na cascata inflamatória sistêmica. Auxiliam no desenvolvimento dos sistemas nervoso central e entérico. A desregulação de triptofano desempenha um papel central na patogênese de muitos distúrbios neurológicos e psiquiátricos. Os micróbios intestinais influenciam o metabolismo do triptofano direta e indiretamente, com mudanças correspondentes no comportamento e na cognição. (ROTH, 2021)</p>	<p>inflamação sistêmica (CUSSOTTO, 2020)</p>	<p>organiza o relógio central biológico. O metabolismo do triptofano como um ponto potencial para intervenção farmacológica para modular fenótipos associados a ritmos circadianos interrompidos (PETRUS, 2022).</p>
--	--	---	--	--

Tabela 4. Revisão sobre a função sinérgica entre aminoácidos essenciais em conjunto

Referência	Aminoácido	Método	Resultado
Bifari (2017)	Alanina, Fenilalanina, Hidroxiprolina, Isoleucina, Leucina, Metionina, Sarcosina, Tirosina e Valina	Ensaio dietético randomizado	A dieta para perda de peso diminuiu a concentração plasmática de aminoácidos. A dieta normoproteica teve maior diminuição do que a dieta hiperproteica. Perda de peso foi associada à diminuição nas concentrações de 7 aminoácidos e 4 outros aminoácidos.
Mariotti (2019)	Aminoácidos essenciais	Avaliou o impacto de dietas veganas no aporte proteico para idosos	Maior risco de ingestão inadequada de proteínas na velhice e estratégias para melhora de propriedades anabólicas foram insuficientes devido à baixa biodisponibilidade e menor taxa de aminoácidos essenciais.
Romano (2019)	Aminoácidos essenciais e não essenciais	Experimento in-vivo utilizando três dietas específicas com diferentes relações EAA/NEAA	A expectativa de vida do camundongo foi inversamente correlacionada com a porcentagem de NEAA introduzida em cada dieta.

Gwin (2020)	Aminoácidos essenciais	Estudo cruzado randomizado, duplo-cego, consistindo em dois déficits de energia com avaliação de síntese de proteína muscular	Ingestão elevada de aminoácidos essenciais em comparação com o padrão aumenta o status de proteína do corpo todo, porém a síntese de proteína muscular não se alterou.
Church (2020)	L-fenilalanina, L-tirosina	Revisão de quatro estudos com que usaram infusões constantes e iniciadas de L-fenilalanina e L-tirosina para determinar a taxa sintética fracionada de proteína muscular (FSR), WBPS e concentrações circulantes de EAA.	Uma grande variedade de formatos e alimentos contendo EAA/proteína, grandes aumentos nas concentrações periféricas de EAA são necessários para conduzir a um aumento robusto na síntese de proteína muscular e corporal total.
Zheng, et al (2016)	Aminoácidos essenciais	Ensaio dietético randomizado	A dieta para perda de peso diminuiu a concentração plasmática de aminoácidos. A dieta normoproteica teve maior diminuição do que a dieta hiperproteica. Perda de peso foi associada à diminuição nas concentrações de 7 aminoácidos e 4 outros aminoácidos.
Liu (2022)	BCAA, fenilalanina, triptofano	Meta-análise de 6 coortes avaliando dados de metabolômica para índice de massa corporal (IMC) e obesidade.	Quatro vias metabólicas, BCAA, fenilalanina, triptofano e vias metabólicas fosfolipídicas, são alteradas na obesidade e a restrição de BCAAs dentro de uma HFD pode prevenir o

		Seguido de estudo in-vivo com 8 perfis de dieta.	desenvolvimento de obesidade e resistência à insulina em camundongos.
Domic (2022)	Aminoácidos essenciais	Avaliou o impacto de dietas veganas no aporte proteico para idosos	Maior risco de ingestão inadequada de proteínas na velhice e estratégias para melhora de propriedades anabólicas foram insuficientes devido à baixa biodisponibilidade e menor taxa de aminoácidos essenciais.

Tabela 5: Revisão sobre a função fisiológica dos BCCAs

Estudo	Objetivos	Resultados	Conclusões
Baranyi (2016)	Explorar a relação entre a redução dos BCAAs e a sintomatologia depressiva.	BCAAs estão relacionados à sintomatologia depressiva em pacientes, destacando a importância desses aminoácidos no metabolismo energético.	Os BCAAs desempenham um papel importante no metabolismo energético e podem estar associados à sintomatologia depressiva em pacientes.
Bifari (2017)	Avaliar os efeitos da suplementação de EAAs e BCAAs no metabolismo e na saúde.	A suplementação de EAAs e BCAAs tem impacto direto em tecidos periféricos e proporciona benefícios significativos para a longevidade e a saúde metabólica. Os efeitos variam de acordo com as condições metabólicas anabólicas e catabólicas.	A suplementação de EAAs e BCAAs oferece benefícios importantes para a saúde e o metabolismo, considerando-se o contexto metabólico específico.
Bifari e Nisoli (2017)	Analisar os efeitos dos BCAAs em situações metabólicas anormais.	Os BCAAs têm efeitos variados e até opostos, dependendo dos estados metabólicos dos indivíduos. A modulação adequada dos distúrbios metabólicos pode tornar as intervenções com BCAAs mais eficazes.	Os efeitos dos BCAAs são influenciados pelas condições metabólicas e, portanto, é crucial considerar o estado metabólico dos pacientes ao realizar intervenções com BCAAs.

Cummings et al. (2018)	Avaliar os efeitos da redução de BCAAs na dieta em ratos saudáveis e obesos.	A redução de BCAAs na dieta melhora a tolerância à glicose e retarda o ganho de massa gorda.	A redução de BCAAs na dieta pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a tolerância à glicose e a sensibilidade à insulina em indivíduos saudáveis e obesos.
Cuomo (2022)	Investigar os efeitos dos altos níveis de BCAAs em diversas condições.	Altos níveis de BCAAs estão associados a resistência à insulina, diabetes tipo 2, obesidade e certos tipos de câncer. Dietas com alto teor de BCAAs estão relacionadas a distúrbios metabólicos, enquanto aquelas com baixo teor podem favorecer a saúde metabólica.	Os níveis de BCAAs na dieta podem influenciar o risco de várias condições metabólicas, e uma dieta com baixo teor de BCAAs pode ser benéfica para a saúde metabólica.
Jennings (2016)	Investigar a associação entre a ingestão habitual de BCAA e parâmetros metabólicos.	A ingestão habitual de BCAA está inversamente associada a parâmetros de resistência à insulina, inflamação e pressão arterial.	A ingestão regular de BCAA pode ter efeitos benéficos na saúde cardiometabólica, refletidos na melhora da resistência à insulina, redução da inflamação e pressão arterial.
Kato (2018)	Identificar os aminoácidos limitantes em atletas de resistência após	Os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) podem ser os principais aminoácidos limitantes na necessidade	Esses achados podem ter implicações importantes para a nutrição e suplementação adequada de atletas.

	exercícios prolongados.	diária de proteína para homens treinados em resistência.	
Yu (2021)	Investigar os efeitos metabólicos dos BCAAs e a relação com isoleucina e valina.	Cada BCAA tem efeitos metabólicos distintos, e reduzir isoleucina e valina melhora a saúde metabólica em camundongos obesos.	A redução de isoleucina e valina pode ser uma abordagem para melhorar a saúde metabólica e prevenir a obesidade e diabetes.
Zheng et al. (2016)	Investigar a influência da dieta na concentração plasmática de aminoácidos.	Dietas normoproteicas podem levar a maiores reduções dos aminoácidos em comparação com dietas hiperproteicas.	A dieta desempenha um papel importante na concentração plasmática de aminoácidos, e dietas normoproteicas podem ser mais eficazes em reduzir os níveis de aminoácidos.

Tabela 6: Revisão sobre a função fisiológica dos Sulfurados

Referência	Objetivo	Metodologia	Discussão	Resultados
HEINECKE, J. W. et al., 1987	Investigar o papel dos aminoácidos contendo enxofre na produção de superóxido e modificação de LDL por células musculares lisas arteriais.	Medição da produção de superóxido e modificação de LDL em culturas de células musculares lisas arteriais de macaco.	Aminoácidos contendo enxofre podem desempenhar um papel na aterogênese.	Células musculares lisas arteriais de macaco produzem O ₂ ⁻ e modificam LDL por um processo dependente de L-cistina.
BAUCHART-THEVRET, Caroline et al., 2009	Discutir a evidência do metabolismo de Aminoácidos Sulfurados -AAS no Trato Gastrointestinal - TGI e sua importância funcional e nutricional na função e doenças intestinais.	Revisão de estudos in vivo em porcos jovens e outros estudos relacionados.	Importância do metabolismo intestinal de metionina e cisteína para o crescimento da mucosa intestinal.	TGI é um local significativo para o metabolismo de AAS. A deficiência de AAS afeta o crescimento da mucosa intestinal.
Sagbas e Sahiner, 2019	Sintetizar CDs (Pontos de Carbono) dopados com N- e S- a partir de aminoácidos para potenciais aplicações biomédicas.	Síntese de CDs via técnica de microondas a partir de diferentes aminoácidos e caracterização usando várias técnicas.	CDs têm potenciais aplicações biomédicas, incluindo capacidade antimicrobiana.	CDs foram sintetizados com sucesso com propriedades variáveis com base no aminoácido usado.

KIM, Ji-Han et al., 2020	Determinar as atividades antioxidantes de aminoácidos contendo enxofre representativos.	Ensaio antioxidantes in vitro, incluindo atividades de eliminação de radicais e atividades de quelatação de metais.	Aminoácidos contendo enxofre têm potenciais habilidades antioxidantes.	A cisteína mostrou as atividades antioxidantes mais altas entre os aminoácidos testados.
BLACHIER, Francois et al., 2020	Determinar a faixa de ingestão ótima e segura de metionina e cisteína em proteínas dietéticas e suplementos.	Revisão do metabolismo de metionina e cisteína nos tecidos corporais e seu impacto em várias atividades biológicas.	O metabolismo da metionina impacta o metabolismo lipídico e está associado a doenças cardiovasculares e esteato-hepatite.	O metabolismo de metionina e cisteína determina as concentrações de vários metabólitos com várias atividades biológicas.
XU, Qing et al., 2020	Investigar o papel do HNF4 α na determinação da sensibilidade do câncer de fígado à restrição de metionina.	Supressão de HNF4 α ou enzimas SAA em linhas de câncer de fígado e observação dos efeitos.	HNF4 α regula o metabolismo hepático de SAA e afeta a sensibilidade do câncer de fígado à restrição de metionina.	HNF4 α dita a sensibilidade do câncer de fígado à restrição de metionina.

4. Considerações finais

A compreensão das vias bioquímicas dos aminoácidos e suas funções fisiológicas é fundamental para corrigir rotas e eventos metabólicos alterados. A avaliação dos níveis plasmáticos de aminoácidos, em comparação com valores de referência, facilita a investigação de suas funções. Isso pode contribuir para o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas e tratamentos especializados para disfunções fisiológicas. Além disso, exames bioquímicos, como a metabolômica aplicada à nutrição, podem proporcionar uma visão mais aprofundada e auxiliar no diagnóstico de patologias relacionadas.

Funções Individuais dos Aminoácidos Essenciais:

Cada aminoácido essencial desempenha um papel único e vital no corpo humano. Por exemplo, a fenilalanina e a tirosina estão envolvidos em processos críticos como a modulação da absorção, o catabolismo relacionado ao envelhecimento cardíaco, e a regulação do metabolismo em células cancerígenas.

A histidina, além de ser precursora da carnosina, é crucial para várias funções fisiológicas, como tamponamento de prótons e eritropoiese.

Isoleucina, leucina e lisina são fundamentais na manutenção da massa muscular e função imunológica.

Função Sinérgica entre Aminoácidos Essenciais:

A interação entre diferentes aminoácidos essenciais pode ter implicações significativas na saúde humana. Por exemplo, a combinação de certos aminoácidos pode influenciar a perda de peso, a biodisponibilidade de nutrientes em dietas específicas, e até a longevidade.

Aminoácidos de Cadeia Ramificada (BCAAs):

Os BCAAs (leucina, isoleucina e valina) são críticos para o metabolismo energético e podem influenciar condições como depressão, resistência à insulina e obesidade.

A suplementação de BCAAs pode ter efeitos benéficos na saúde metabólica, dependendo das condições metabólicas específicas do indivíduo.

Aminoácidos Sulfurados:

Esses aminoácidos são importantes na prevenção de doenças cardiovasculares e na regulação de diversas funções metabólicas.

Estudos mostram que os aminoácidos sulfurados têm um papel fundamental na aterogênese e no metabolismo antioxidante.

5. Conclusão

Os estudos ampliam nossa compreensão sobre como esses nutrientes trabalham tanto individualmente quanto em conjunto, revelando implicações para dietas personalizadas e intervenções terapêuticas. Destaca-se a necessidade de considerar o equilíbrio e a combinação adequada de aminoácidos em dietas para otimizar a saúde e prevenir doenças, sendo particularmente relevantes no contexto da nutrição experimental, fornecendo uma base para futuras pesquisas e aplicações práticas na área da saúde e nutrição.

6. Referências

ALBERTS, Bruce et al. **Biologia molecular da célula**. Artmed Editora, 2017.

ALEDO, Juan C. Metionina em proteínas: A Cinderela dos aminoácidos proteínogênicos. *Ciência das Proteínas*, v. 10, pág. 1785-1796, 2019.

BARANYI, Andreas et al. Branched-chain amino acids as new biomarkers of major depression-a novel neurobiology of mood disorder. **PloS one**, v. 11, n. 8, p. e0160542, 2016.

BAUCHART-THEVRET, Caroline; STOLL, Barbara; BURRIN, Douglas G. Intestinal metabolism of sulfur amino acids. **Nutrition research reviews**, v. 22, n. 2, p. 175-187, 2009.

BIFARI, Francesco et al. Amino acid supplements and metabolic health: a potential interplay between intestinal microbiota and systems control. **Genes & nutrition**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2017.

BLACHIER, Francisco; BEAUMONT, Martin; KIM, Eunjung. Cysteine-derived hydrogen sulfide and intestinal health: a question of endogenous or bacterial origin. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, v. 22, no. 1, pg. 68-75, 2019.

BONIFÁCIO, Vasco DB et al. Cysteine metabolic pathways: druggable targets in cancer. **British Journal of Cancer**, v. 124, no. 5, pg. 862-879, 2021.

BROSNAN, Margaret E.; BROSNAN, John T. Histidine metabolism and function. **The Journal of Nutrition**, vol. 150, no. Supplement_1, page 2570S-2575S, 2020.

BURD, Nicholas A. et al. Dietary protein quantity, quality, and exercise are key to healthy living: a muscle-centric perspective across the lifespan. **Frontiers in Nutrition**, p. 83, 2019.

CHEN, Fang et al. Roles of conserved amino acid residues in reduced human defensin 5: cysteine and arginine are indispensable for its antibacterial action and LPS neutralization. **ChemMedChem**, v. 14, no. 15, pg. 1457-1465, 2019.

CHEN, Wei-Siang et al. Elevated plasma phenylalanine predicts mortality in critical patients with heart failure. **ESC Heart failure**, v. 7, n. 5, p. 2884-2893, 2020.

CHOLEWA, Jason M. et al. Dietary proteins and amino acids in the control of the muscle mass during immobilization and aging: role of the MPS response. **Amino Acids**, v. 49, p. 811-820, 2017.

CHURCH, David D. et al. Essential amino acids and protein synthesis: insights into maximizing the muscle and whole-body response to feeding. **Nutrients**, v. 12, n. 12, p. 3717, 2020.

CUMMINGS, Nicole E. et al. Restoration of metabolic health by decreased consumption of branched-chain amino acids. **The Journal of physiology**, v. 596, n. 4, p. 623-645, 2018.

CUOMO, Paola et al. Role of branched-chain amino acid metabolism in type 2 diabetes, obesity, cardiovascular disease and non-alcoholic fatty liver

disease. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 8, p. 4325, 2022.

CUSSOTTO, Sofia et al. Tryptophan metabolic pathways are altered in obesity and are associated with systemic inflammation. **Frontiers in immunology**, v. 11, p. 557, 2020.

CZIBIK, Gabor et al. Dysregulated phenylalanine catabolism plays a key role in the trajectory of cardiac aging. **Circulation**, v. 144, n. 7, p. 559-574, 2021.

DE ANDRADE, Eduarda Aparecida Franco et al. L-Tryptophan, omega 3, magnesium and B vitamins in reducing anxiety symptoms. Online ID. **Journal of psychology**, v. 12, no. 40, p. 1129-1138, 2018.

DOMIĆ, Jacintha et al. Perspective: Vegan Diets for Older Adults? A Perspective On the Potential Impact On Muscle Mass and Strength. **Advances in Nutrition**, v. 13, n. 3, p. 712-725, 2022.

GORISSEN, Stefan HM et al. Protein type, protein dose, and age modulate dietary protein digestion and phenylalanine absorption kinetics and plasma phenylalanine availability in humans. **The Journal of nutrition**, v. 150, n. 8, p. 2041-2050, 2020.

GREEN, Cara L.; LAMMING, Dudley W. Regulation of metabolic health by essential dietary amino acids. **Mechanisms of ageing and development**, v. 177, p. 186-200, 2019.

GU, Changsong et al. Isoleucine plays an important role for maintaining immune function. **Current Protein and Peptide Science**, v. 20, n. 7, p. 644-651, 2019.

GWIN, Jess A. et al. Muscle protein synthesis and whole-body protein turnover responses to ingesting essential amino acids, intact protein, and protein-containing mixed meals with considerations for energy deficit. **Nutrients**, v. 12, n. 8, p. 2457, 2020.

HARO, Diego; MARRERO, Pedro F.; RELAT, Joana. Nutritional regulation of gene expression: Carbohydrate-, fat-and amino acid-dependent modulation of transcriptional activity. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 6, p. 1386, 2019.

HEINECKE, JW et al. O papel dos aminoácidos contendo enxofre na produção de superóxido e modificação da lipoproteína de baixa densidade pelas

células musculares lisas arteriais. *Revista de Química Biológica*, v. 21, pág. 10098-10103, 1987.

HOLEČEK, Milan. Histidine in health and disease: metabolism, physiological importance, and use as a supplement. *Nutrients*, v. 12, n. 3, p. 848, 2020.)

JENNINGS, Amy et al. Associations between branched chain amino acid intake and biomarkers of adiposity and cardiometabolic health independent of genetic factors: a twin study. *International journal of cardiology*, v. 223, p. 992-998, 2016.

KAISER, Peter. Methionine dependence of cancer. *Biomolecules*, v. 10, n. 4, p. 568, 2020.

KELLY, Bete; PEARCE, Erika L. Aminoativos: como os aminoácidos apoiam a imunidade. *Metabolismo celular*, v. 32, n. 2, pág. 154-175, 2020.

KATO, Hiroyuki et al. Branched-chain amino acids are the primary limiting amino acids in the diets of endurance-trained men after a bout of prolonged exercise. *The Journal of nutrition*, v. 148, n. 6, p. 925-931, 2018.

KIM, Ji-Han et al. In vitro antioxidant actions of sulfur-containing amino acids. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 13, n. 1, p. 1678-1684, 2020.

KNEZEK, Savanah et al. Prediabetes Is Associated with Specific Changes in Valine Metabolism. *Current Developments in Nutrition*, v. 6, n. Supplement_1, p. 34-34, 2022.

LEANDRO, Carol et al. **Fisiologia da Nutrição na Saúde e na Doença-da Biologia Molecular ao Tratamento: Nutrição, Atividade Física e Qualidade de Vida**. In: Atheneu. Atheneu, 2013. p. 249-263.

LIU, Ming et al. Restricting Branched-Chain Amino Acids within a High-Fat Diet Prevents Obesity. *Metabolites*, v. 12, n. 4, p. 334, 2022.

LIU, Shuge et al. Isoleucine increases muscle mass through promoting myogenesis and intramyocellular fat deposition. *Food & function*, v. 12, n. 1, p. 144-153, 2021.

MARIOTTI, François; GARDNER, Christopher D. Dietary protein and amino acids in vegetarian diets—**A review**. *Nutrients*, v. 11, n. 11, p. 2661, 2019.

MONCAN, Matthieu et al. Regulation of lipid metabolism by the unfolded protein response. *Journal of cellular and molecular medicine*, v. 25, n. 3, p. 1359-1370, 2021.

MORO, Joanna et al. Histidine: A systematic review on metabolism and physiological effects in humans and different animal species. **Nutrients**, v. 12, no. 5, pg. 1414, 2020.

OWEN, Izzy; SHEWMAKER, Frank. The role of post-translational modifications in the phase transitions of intrinsically disordered proteins. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 21, p. 5501, 2019.

PARK, Yusun et al. Impact of exogenous histidine treatment on hepatocellular carcinoma cells. **Cancers**, v. 14, no. 5, pg. 1205, 2022.

PARKHITKO, Andrey A. et al. Methionine metabolism and methyltransferases in the regulation of aging and lifespan extension across species. *Aging cell*, v. 18, n. 6, p. e13034, 2019

PAULUSSEN, Kevin JM et al. Anabolic resistance of muscle protein turnover comes in various shapes and sizes. **Frontiers in nutrition**, v. 8, p. 615849, 2021.

PETRUS, Paul et al. Tryptophan metabolism is a physiological integrator regulating circadian rhythms. **Molecular Metabolism**, v. 64, p. 101556, 2022.

REHMAN, Tahniat et al. Cysteine and homocysteine as a biomarker of various diseases. *Food science and nutrition*, v. 8, no. 9, p. 4696-4707, 2020.

ROMANO, Claudia et al. Influence of diets with varying essential/nonessential amino acid ratios on mouse lifespan. **Nutrients**, v. 11, n. 6, p. 1367, 2019.

ROTH, William et al. Tryptophan metabolism and gut-brain homeostasis. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 6, p. 2973, 2021.

SAGBAS, Selin; SAHINER, Nurettin. Carbon dots: preparation, properties, and application. In: *Nanocarbon and its Composites*. Woodhead Publishing, 2019. p. 651-676. WAN, 2019

SGARBIERI, Valdemiro Carlos et al. **Envelhecimento, saúde e cognição humana: importância da dieta, da genética e do estilo de vida**. SciELO-Editora da Unicamp, 2021.

TADDEI, Maria Letizia et al. Role of tyrosine phosphorylation in modulating cancer cell metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Cancer*, v. 1874, no. 2, pg. 188442, 2020.

TIRAPEGUI, Julio; ROGERO, Marcelo Macedo. **Metabolismo de proteínas. Fisiologia da nutrição humana. Aspectos básicos, aplicados e funcionais**, Editora Atheneu; 1ª edição, 2007.

WAN, Junhu et al. Functions and mechanisms of lysine crotonylation. **Journal of cellular and molecular medicine**, v. 23, n. 11, p. 7163-7169, 2019.

WANDERS, Desiree; HOBSON, Katherine; JI, Xiangming. Methionine restriction and cancer biology. **Nutrients**, v. 12, n. 3, p. 684, 2020.

WANG, Hongsha et al. Paying for the greater good?—What information matters for Beijing consumers' willingness to pay for “*plant-based*” meat?. **Foods**, v. 11, n. 16, p. 2460, 2022.

WANG, Ou; SCRIMGEOUR, Frank. Willingness to adopt a more “*plant-based*” diet in China and New Zealand: Applying the theories of planned behaviour, meat attachment and food choice motives. **Food quality and preference**, v. 93, p. 104294, 2021.

WEBER, David S.; WARREN, Jeffrey J. The interaction between methionine and two aromatic amino acids is an abundant and multifunctional motif in proteins. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 672, p. 108053, 2019.

WU, Leping et al. Mechanism and effects of polyphenol derivatives for modifying collagen. **ACS Biomaterials Science & Engineering**, v. 5, n. 9, p. 4272-4284, 2019.

XU, Qing et al. HNF4 α regulates sulfur amino acid metabolism and confers sensitivity to methionine restriction in liver cancer. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 3978, 2020.

YIN, Jie et al. Metabolic regulation of methionine restriction in diabetes. **Molecular nutrition & food research**, v. 62, n. 10, p. 1700951, 2018.

YU, Deyang et al. The adverse metabolic effects of branched-chain amino acids are mediated by isoleucine and valine. **Cell metabolism**, v. 33, n. 5, p. 905-922. e6, 2021.

ZHENG, Yan et al. Cumulative consumption of branched-chain amino acids and incidence of type 2 diabetes. **International journal of epidemiology**, v. 45, n. 5, p. 1482-1492, 2016.

ZHOU, Xiao et al. Promotion of novel "*plant-based*" dishes among older consumers using the 'dish of the day' as a nudging strategy in 4 EU countries. **Food Quality and Preference**, v. 75, p. 260-272, 2019.

CAPÍTULO 5

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS “*PLANT-BASED*” A PARTIR DA FARINHA PROTEICA DE GIRASSOL: MISTURA ANÁLOGA A CARNE E BISCOITO DESIDRATADO COM BANANA

DEVELOPMENT OF “*PLANT-BASED*” PRODUCTS FROM SUNFLOWER PROTEIN FLOUR: MEAT ANALOGUE MIXTURE AND DEHYDRATED BISCUITS WITH BANANA.

A revista será escolhida para publicação.

RESUMO:

Em um contexto voltado para a economia circular foi investigado a utilização da farinha de girassol, derivada como coproduto da extração do óleo, como um recurso valioso na fabricação de produtos “plant-based” alimentícios. O objetivo foi desenvolver e avaliar dois produtos proteicos inovadores: a Mistura Análoga à Carne (MAC) e o Biscoito de Girassol com Banana (BGB). A pesquisa realizou análises físico-químicas, testes microbiológicos, avaliações de textura e estudos de aceitabilidade sensorial com um grupo de 82 consumidores. As avaliações sensoriais foram realizadas utilizando uma escala hedônica de nove pontos para aceitabilidade geral e uma escala de cinco pontos para características específicas através do método Check-All-That-Apply (CATA). Para análises de textura e sensorial, houveram duas variações de cada produto, onde uma amostra utilizou 6,5% girassol extrusado (MACt) e outra com pepitas de girassol torradas (MACp) na mesma proporção. A MAC foi moldada em mini-hambúrgueres. A BGB foi desenvolvida em versões mais finas (SBBf) e mais espessas (SBBe). A caracterização química da matéria prima revelou uma farinha rica em proteínas, e o produto MAM constituído de 41,15% de carboidratos, 18,87% de proteínas, 15,71% de fibras e 4,6% de minerais, enfatizando elevados níveis de potássio, magnésio e manganês. O BGB, apresentou 25% de proteínas e 38% de lipídios, dos quais 34,24% eram ácidos graxos insaturados. A presença de aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) foi notável, com 5,42% para valina, 6,52% para leucina e 4,34% para isoleucina. Na Informação Nutricional, ambos os produtos se destacaram pelo alto teor de

proteínas e fibras. Os testes microbiológicos confirmaram a conformidade de ambos os produtos com as normas de segurança alimentar da ANVISA. Na análise de textura a amostra MACt demonstrou menor resistência ao corte (3,19N) em comparação com a MACp (5,7N), indicando uma textura mais macia para a MACt. Entre as variações da BGB, a BGBe apresentou maior dureza (19,23N) e menor elasticidade (0,77mm), enquanto a BGBf foi mais elástica (2,37mm) e menos dura (7,13N), sugerindo uma textura mais crocante. Na avaliação da aceitação sensorial, ambas as formulações da MAC (com girassol extrudado ou pepitas torradas) alcançaram cerca de 50% de aceitação para os aspectos globais, aroma e sabor. A textura da variante com proteína extrusada (MACt) foi melhor recebida, aproximando-se mais do ideal de suculência, sendo o conceito geral do produto uma aceitação de 76,8%. Já o BGB, a versão com menor conteúdo de banana (BGBf) mostrou maior aceitação e foi considerada mais próxima do ideal em termos de firmeza. A análise descritiva CATA indicou que a variante com menos banana foi percebida como mais crocante e leve, o que impactou positivamente a preferência dos consumidores. Em conclusão, os resultados enfatizam o potencial significativo da farinha de girassol como ingrediente em produtos alimentícios inovadores e sustentáveis. A pesquisa destacou a relevância da economia circular na indústria alimentar, com a MAC e a BGB servindo como exemplos de como a farinha de girassol podem ser transformados em alimentos nutritivos.

Palavras-Chaves: farinha de girassol, produtos “plant-based”, economia circular do girassol, avaliação sensorial, mistura análoga a carne, biscoitos de girassol e banana

ABSTRACT

In a context focused on the circular economy, this study investigated the use of sunflower meal, which is a co-product derived from oil extraction, as a valuable resource in the production of “plant-based” food products. The objective was to develop and evaluate two innovative protein products: the Meat Analog Mix (MAM) and the Sunflower Biscuit with Banana (SBB). The research carried out physicochemical analysis, microbiological essays, texture assessments and sensory acceptability studies with a group of 82 consumers. Sensory evaluations were performed using a nine-point hedonic scale for general acceptability and a five-point scale for specific characteristics using the Check-All-That-Apply (CATA) method. For texture and sensory analysis, there were two different kinds of variants for each product, where one sample used 6.5% extruded sunflower (MAMe) and another with roasted sunflower almonds (MAMa) in the same proportion. The MAM was molded into mini-burgers. SBB was developed in thinner (SBBtn) and thicker (SBBtc) variants. The chemical characterization of the raw material revealed a meal rich in proteins, and the MAM product consisted of 41.15% carbohydrates, 18.87% proteins, 15.71% fibers and 4.6% minerals, emphasizing high levels of potassium, magnesium and manganese. SBB contained 25% proteins and 38% lipids, of which 34.24% were unsaturated fatty acids. The presence of branched-chain amino acids (BCAAs) was meaningful, with 5.42% for valine, 6.52% for leucine and 4.34% for isoleucine. In the Nutritional Information, both products stood out due to their high protein and fiber content. Microbiological tests confirmed the compliance of both products with ANVISA food safety standards. In the texture analysis, the MAMe sample demonstrated lower cutting resistance (3.19N) compared to MAMa (5.7N), indicating a softer texture for MAMe. Among the SBB variations, SBBtc presented greater hardness (19.23N) and lower elasticity (0.77mm), while SBBtn was more elastic (2.37mm) and less hard (7.13N), suggesting a crunchier texture. In evaluating sensory acceptance, MAM both formulations (with extruded sunflower or roasted seeds) achieved around 50% acceptance for the overall aspects, aroma and flavor. The texture of the variant with extruded sunflower protein (MAMe) was better received, coming closer to an ideal firmness. The overall product concept had an acceptance rate of 76.8%. As for BBC, the version with lower banana content (SBBtn) showed greater acceptance and was considered

closer to ideal in terms of firmness. The CATA descriptive analysis indicated that the variant with less banana was perceived as crispier and lighter, which positively impacted consumer preference. In conclusion, the results emphasize the significant potential of sunflower meal as an ingredient in innovative and sustainable food products. The research highlighted the relevance of the circular economy in the food industry, with MAM and SBB serving as examples of how sunflower meal can be transformed into nutritious foods.

Keywords: sunflower meal, “plant-based” products, sunflower circular economy, sensory evaluation, meat-like mixture, sunflower cookies

1. INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, a busca por soluções sustentáveis e ambientalmente responsáveis tornou-se uma prioridade global no sistema alimentar, com o objetivo de alcançar benefícios econômicos e sociais validados, além de promover soluções impactantes para a bioeconomia através da adoção de abordagens inovadoras e escaláveis de economia circular (Hankamer, Ben, et al., 2023). Essa preocupação é particularmente evidente na indústria alimentícia, que enfrenta o desafio de equilibrar a crescente demanda por produtos proteicos com a necessidade de minimizar o impacto ambiental, os custos de produção e o desperdício de matéria-prima. As proteínas vegetais emergem como um dos temas cruciais para o futuro do sistema alimentar (Rajpurohit e Li, 2023). A crescente conscientização sobre o impacto das proteínas alternativas na sustentabilidade é demonstrada pelos stakeholders, que também destacam o papel das instituições políticas na superação do ceticismo dos consumidores em relação a essas fontes de proteína. Isso enfatiza a necessidade de políticas eficazes e uma comunicação efetiva para promover a adoção das proteínas alternativas (Amato, 2023).

No contexto atual, o reaproveitamento de subprodutos industriais, anteriormente considerados resíduos, desperta um interesse significativo como uma abordagem inovadora para atender as demandas ambientais e econômicas simultaneamente. Alhawari et al. (2021) define a economia circular, um sistema que visa o uso eficaz de recursos do ecossistema para benefícios ambientais e

econômicos, bem como a transformação da cadeia de valor. As revisões sistemáticas de Suchek (2021) e Velenturf e Purnell (2021) concentram-se na transição para uma economia circular que recicla como resposta às limitações do modelo linear extrativista, criando negócios rentáveis, sustentáveis e gerando impacto socioambiental.

Um exemplo notável desse modelo pode ser aplicado para a torta resultante da extração de óleo de girassol, um subproduto da indústria de óleo vegetal. Este subproduto, que tem sido subutilizado, tem chamado a atenção nos últimos anos, pois tem o potencial de criar uma cadeia de valores globais e estabelecer conexões entre diferentes áreas alinhadas com objetivos sustentáveis (Hofstetter et al, 2021). A torta de girassol é geralmente descartada ou utilizada como ração animal, sendo uma matéria-prima rica em proteínas e fibras, potencialmente valiosa na produção de alimentos para consumo humano. Petraru, et al (2021) avaliou a composição nutricional de grãos de girassol (*helianthus annuus*) e a torta do girassol, após extração do óleo por prensagem a frio, com o objetivo de promover sua valorização como ingrediente alimentar. O óleo de girassol contém principalmente ácidos oleico (19,81%) e linoleico (64,35%), que não podem ser sintetizados pelo ser humano e precisam ser assimilados por meio da dieta. Os grãos de girassol são muito nutritivos, com 33,85% de proteínas e 65,42% de lipídios e 18 elementos minerais. Devido ao rico conteúdo de lipídios, elas são usadas principalmente como fonte de óleo vegetal. Comparadas aos grãos, as tortas de óleo de girassol são mais ricas em fibras (31,88% e 12,64%) e proteínas (20,15% e 21,60%), com um perfil equilibrado de aminoácidos. O óleo remanescente (15,77% e 14,16%) é abundante em ácidos graxos insaturados (95,59% e 92,12%), portanto, a farinha semi-desengordurada obtida da torta do girassol, além da fração proteica, é rica na fração lipídica.

O óleo de girassol é conhecido por sua riqueza em ácido palmítico, ácido esteárico (6%), ácido oléico (30% de ácido oleico - ômega-9 monoinsaturado) e ácido linoleico (59% de ácido linoleico - ômega-6 poliinsaturado). Diversas variedades de óleo de girassol, como alto-linoleico (69% de ácido linoleico), alto-oleico (82% de ácido oleico), meio-oleico (65% de ácido oleico) e alto-esteárico com alto teor de oléico (18% de ácido esteárico e 72% de ácido oleico), são produzidas por meio de melhoramento de plantas e processamento industrial

(Gupta, 2014). Além disso, o óleo de girassol é uma fonte significativa de vitamina E, especialmente alfa-tocoferol, que desempenha um papel fundamental como antioxidante e pode contribuir para a redução de problemas cardiovasculares, como aterosclerose, doença arterial e acidente vascular cerebral (Houston, 2022).

O potencial do girassol foi explorado não apenas para a produção de óleo, mas também para sua proteína, que tem sido subutilizada na indústria alimentícia devido à pigmentação verde causada pela interação com o ácido clorogênico oxidado. No entanto, as proteínas de girassol apresentam vantagens, como baixo custo, ausência de alérgenos significativos e compatibilidade com dietas veganas e rótulos "limpos" (Wildermuth, Young e Were, 2016)

O estudo de Le Clef e Kemper (2015) analisou os métodos de extração de óleo de sementes de girassol, comparando especificamente a prensagem a frio com a extração por solvente de pré-prensa. Os autores concluíram que a prensagem rígida é capaz de recuperar cerca de 25% do óleo da semente, enquanto a extração por solvente de pré-imprensa pode extrair mais de 40%, tornando-a mais eficiente para a recuperação de óleo em plantas modernas de processamento. Além disso, o estudo descreveu em detalhe o processo de extração por solvente, começando com a pré-limpeza e secagem das sementes e passando por várias etapas de processamento, enfatizando a eficiência e a complexidade do processo na produção de óleo de girassol.

Um estudo inovador foi realizado por Dos Santos Friolli, et al (2023) com o objetivo de desenvolver uma farinha de girassol com alto teor proteico e baixo em compostos fenólicos, para uso na indústria alimentícia. Utilizando tecnologia de ultrassom, o estudo conseguiu extrair compostos fenólicos da farinha de girassol, diminuindo seu teor em até 83%, sem prejudicar outros componentes nutritivos. A técnica de cavitação acústica provou ser eficiente na separação de proteínas e compostos fenólicos, mantendo os grupos funcionais do produto. Como resultado, foi obtido um novo ingrediente com cerca de 72% de proteína, adequado para o consumo humano e produzido de forma sustentável a partir de resíduos do processamento de óleo de girassol.

Isolados proteicos de alta qualidade a partir da farinha de girassol desengordurada, com teor elevado de proteína, baixa presença de compostos fenólicos, excelente solubilidade e digestibilidade foi obtida por Alexandrino et al., (2017). O processo mostrou-se viável na produção de produtos nutricionalmente valiosos, destacando-se o uso da solução de bissulfito e etanol para isolados proteicos e da solução de bissulfito para concentrados fibrosos.

Uma forma de avaliar a qualidade da matriz protéica é a relevância em análise dos valores de PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) e DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score) e comparar o score químico entre diferentes matrizes proteicas. Resultados destacam que o isolado de proteína de soja e o concentrado de proteína de ervilha são reconhecidos como fontes de proteína vegetal de alta qualidade. Apresentam valores notáveis que indicam uma boa digestibilidade e um perfil rico em aminoácidos essenciais, sendo a metionina e a cisteína os aminoácidos limitantes. A proteína do girassol, tanto na forma de isolado quanto de farinha, revela-se uma opção promissora, com valores de PDCAAS e DIAAS que a colocam em uma posição intermediária entre as fontes de alta qualidade e as de qualidade inferior. A ênfase recai sobre a lisina como o aminoácido limitante nas proteínas do girassol. No entanto, a matriz do girassol pode ser complementada na dieta humana com a ingestão de outras leguminosas, como a ervilha ou o feijão, as quais são ricas em lisina e pobre em aminoácidos sulfurados, que estão abundantes no girassol. Essas descobertas destacam a importância de considerar a proteína do girassol como uma alternativa valiosa em dietas vegetarianas e veganas, que pode ser complementada de forma estratégica para otimizar o perfil de aminoácidos essenciais e atender às necessidades nutricionais individuais (Rajpurohit, 2023; Alexandrino, 2017).

O impacto da digestão gastrointestinal simulada da farinha de girassol desengordurada mostrou que o digerido tinha alto teor de proteína e um perfil químico favorável, destacando-se pelo aumento da atividade antioxidante (Bisinotto et al., 2023). A amostra protegeu eficientemente o DNA da superespiralização induzida por agentes oxidantes e estimulou o crescimento de bactérias prebióticas, comparável ao da inulina. Os resultados indicaram que após a digestão a bioacessibilidade das proteínas e a capacidade antioxidante são melhoradas.

O estudo de Kaur e Ghoshal (2022) avaliou o potencial das proteínas de girassol como uma alternativa sustentável às proteínas animais. Concluiu que, embora as proteínas de girassol tenham boas propriedades de emulsificação semelhantes às de soja, enfrentam desafios em formação de espuma e gelificação. No entanto, essas limitações podem ser superadas com modificações nas proteínas, tornando as proteínas de girassol adequadas para usos específicos na indústria de alimentos, contribuindo assim para uma fonte sustentável de proteínas.

A busca por fontes alternativas de proteína, como carnes análogas e proteínas vegetais no segmento “*plant-based*”, tornou-se uma tendência global devido a preocupações com a saúde, bem-estar, ética de consumo e sustentabilidade (Andreani, 2023; Santo, Raychel E., et al., 2020). Embora o estudo de Giacalone et al. (2022) tenha revelado que produtos à base de plantas muitas vezes não correspondem em sabor e textura às suas contrapartes de origem animal, enfatiza a importância de considerar fatores sensoriais e não sensoriais, bem como as diferenças individuais na aceitação desses produtos pelos consumidores. O estudo recomenda a adoção de abordagens personalizadas para o desenvolvimento futuro desses produtos, visando diferentes grupos de consumidores. Jia, Wanqing et al (2022) evidenciam que o processamento das sementes sem cascas de girassol pode impactar suas propriedades funcionais, destacando a viabilidade do girassol como base para produtos fibrosos análogos à carne, destacando que a presença de ácido clorogênico melhora a solubilidade da proteína do girassol e que a remoção completa do ácido clorogênico da proteína do girassol nem sempre é necessária.

Portanto, este estudo priorizou o desenvolvimento de produtos com a farinha do girassol, proveniente do modelo de economia circular aborda questões ambientais e nutricionais relevantes, alinhadas com a crescente demanda desta classe de consumidores “*plant-based*”, considerando aspectos tecnológicos, nutricionais, de saúde, meio ambiente e aceitação no mercado. A transição para dietas sustentáveis à base de plantas necessita de pesquisa colaborativa para apoiar essa mudança (Andreani et al., 2023).

Neste contexto, o reaproveitamento da torta de girassol proveniente da extração do óleo de girassol foi usada como matéria-prima na obtenção de farinha proteica de girassol e sua aplicação na formulação de produtos proteicos.

Dois produtos “*plant-based*” foram desenvolvidos e analisados, sendo 1) uma mistura análoga a carne (MAC) e 2) um biscoito de girassol com banana (BGB). Para ambos produtos foram elaborados estudos de caso para demonstrar o potencial da farinha de girassol (FG) e validar o processo perante o fortalecimento da economia circular através da redução do desperdício industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIAS-PRIMAS

A farinha de girassol (FG) foi adquirida da empresa Veris Óleos Vegetais, localizada na cidade de Vinhedo/ SP – Brasil. As leveduras, usadas na mistura análoga a carne, foi adquirida da Indústria Bio Springer Brasil Indústria Alimentos, Valinhos/SP – Brasil. As proteínas extrudadas de girassol na empresa Sunbloom Proteins GmbH, Munique – Alemanha. As bananas maduras foram adquiridas do CEASA - Centrais de Abastecimento de Campinas S.A., localizada na cidade de Campinas/SP – Brasil. Os óleos utilizados para a composição do blend de óleos (linhaça, oliva e girassol) foram adquiridos no mercado local e os demais condimentos, tais como especiarias, adquiridos on-line.

2.2. EQUIPAMENTOS

A elaboração do Biscoito de Girassol com Banana (BGB) utilizou um desidratador Excalibur, modelo 2400.

2.3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A partir da farinha de girassol (FG) semi-desengordurada foram desenvolvidos dois produtos, uma Mistura Análoga a Carne (MAC) e um Biscoito de Girassol com Banana (BGB). Para cada tipo de produto foram realizadas duas formulações, sendo o fluxograma do trabalho ilustrado na Figura 1.

2.4. METODOLOGIAS:

2.4.1. MISTURA ANÁLOGA A CARNE (MAC)

A Mistura Análoga à Carne (MAC) foi desenvolvida para oferecer uma alternativa prática e rápida que satisfaz as necessidades de consumidores adeptos a dietas à base de plantas que buscam ampliar suas escolhas culinárias.

A MAC trata-se de uma mistura em pó e um blend de 3 matrizes de óleos (linhaça, oliva e girassol) que, ao serem misturados, tornam-se uma versátil massa que pode ser preparada na forma de hamburguer, almondega, kibe, etc. Foram desenvolvidas duas formulações com variação em um componente para avaliar atributos sensoriais e texturais. A primeira, utilizando proteína texturizada de girassol, foi nomeada Mistura Análoga à Carne com Girassol Texturizado (MACt), enquanto a segunda, que emprega pepitas de girassol (sementes de girassol descascadas e torradas), recebeu o nome de Mistura Análoga à Carne com Girassol em Pepita de Girassol (MACp). Os detalhes dos ingredientes e as variações da MAC podem ser consultados na Tabela 1.

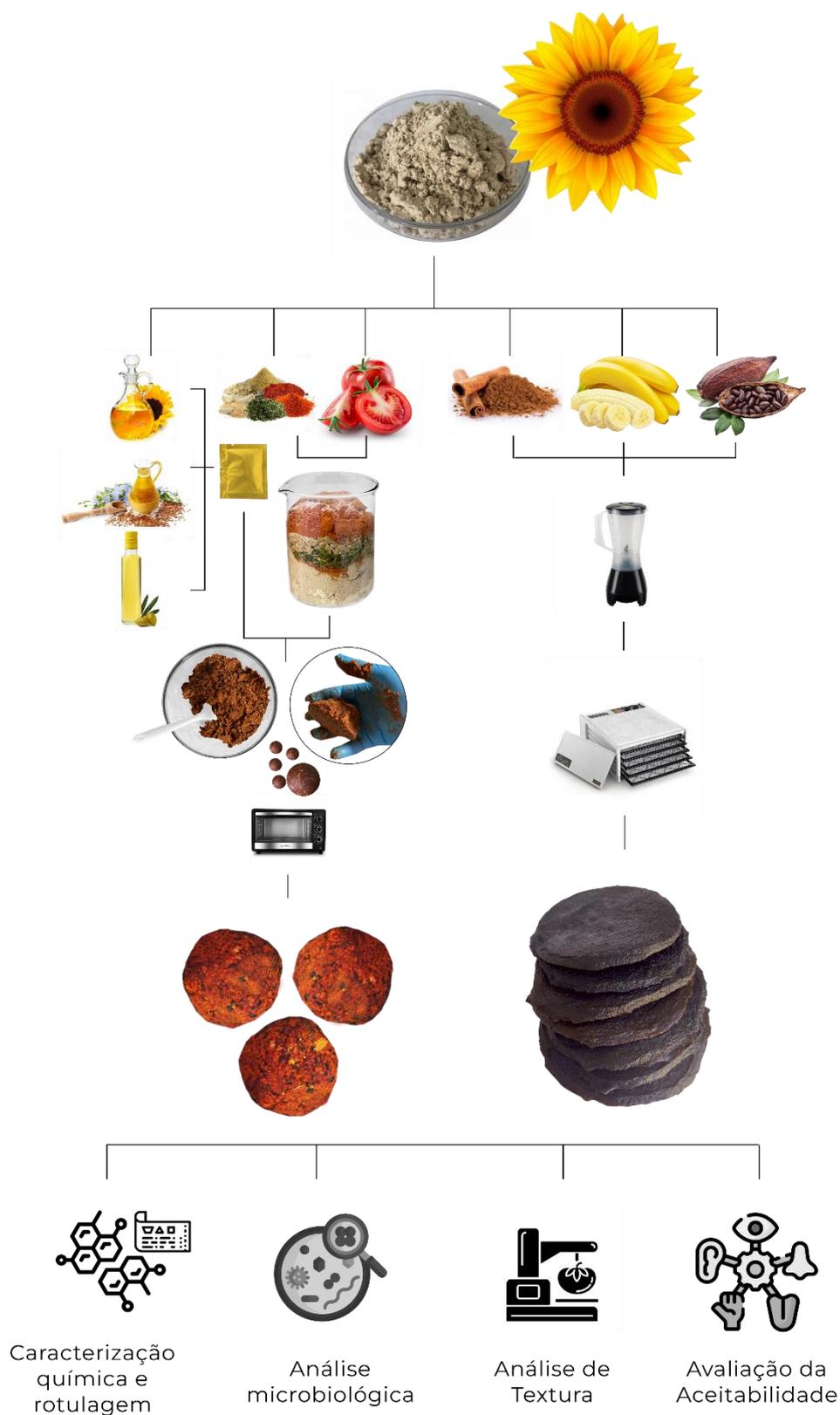


Figura 1. Fluxograma do desenho experimental da pesquisa
Fonte: Imagens de domínio público e fotos dos produtos desenvolvidos pelos autores usando software figma. Imagens: Shutterstock, 2023. COLOCAR LEGENDA NA IMAGEM

Tabela 1. Proporções entre ingredientes das duas formulações da Mistura Análoga a Carne (MAC)

Ingredientes	MACt	(%)	MACp	(%)
Alho em pó	3	1,9	3	2
Cebola em pó	3	1,9	3	2
Farinha de Girassol (FG)	56	36	56	36
Levedura sabor carne	2	1,3	2	1
Páprica Doce Defumada	1	0,6	1	1
Proteína Texturizada de Girassol	10	6,5	0	0
Pepita de Girassol	0	0,0	10	6
Salsa	3	1,9	3	2
Tomate em pó	20	12,9	20	13
Sacarose	2	1,3	2	1
Água	30	19,4	30	19
Óleo	25	16,1	25	16
	155	100,0	155	100

MACt=Mistura Análoga a Carne com Girassol Texturizado; MACp= Mistura Análoga a Carne com Girassol com pepitas torradas

A proposta é comercializar em uma embalagem, uma mistura em pó de 200g, acompanhando um sachê com blend de 25g de óleo que pode ser reconstituída após a adição três colheres de água, conforme ilustrado na Figura 2:

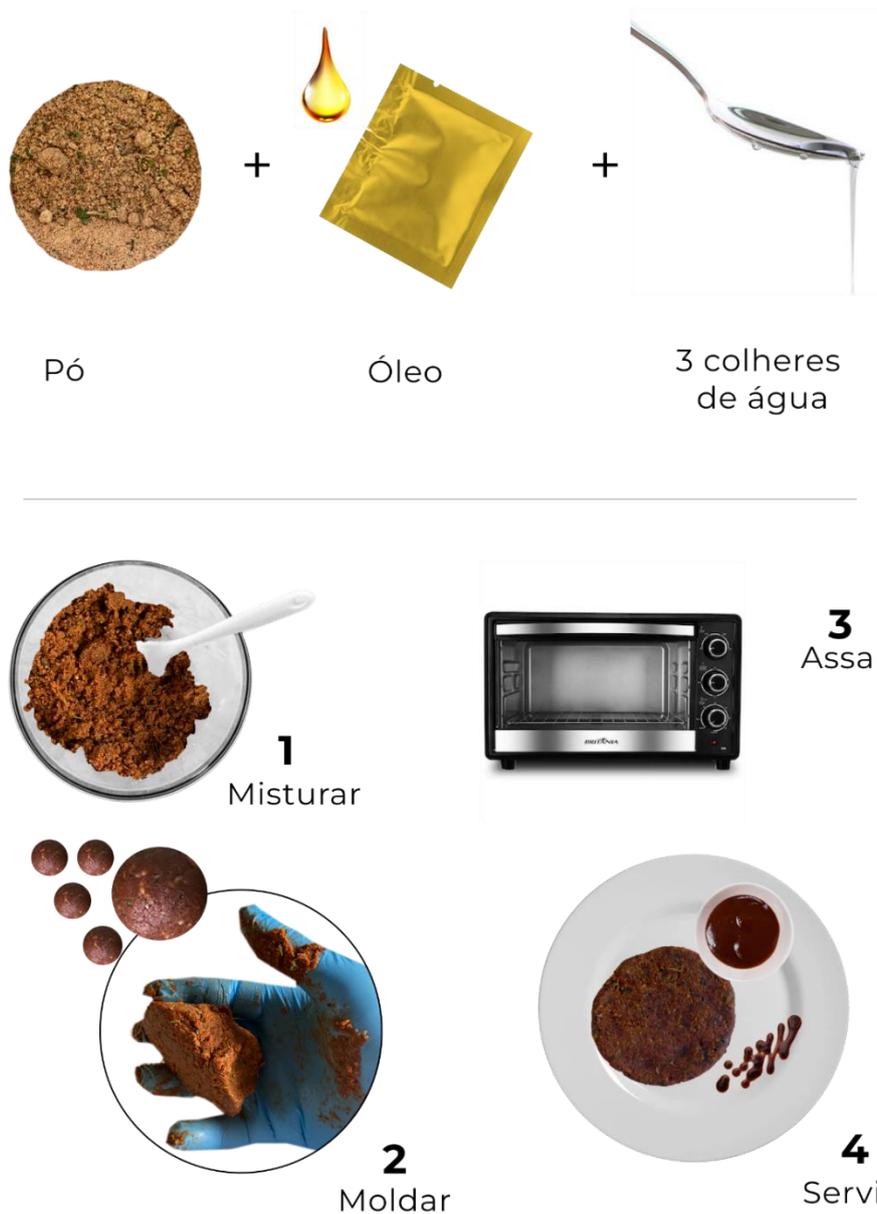


Figura 2. Processo de moldagem do produto conforme apresentado para consumo composto pela mistura seca, óleo e água. **Fonte:** as imagens produzidas pelos autores e a edição utilizou o software figma.

2.4.2. MISTURA DE ÓLEOS PARA EQUILÍBRIO DE GORDURAS SATURADAS E INSATURADAS

O sachê de óleo foi composto por uma mistura de diferentes tipos de óleos, tendo proporções iguais (33%) de óleo de linhaça, óleo de girassol e azeite de oliva. O objetivo era alcançar um equilíbrio entre gorduras saturadas e insaturadas. Conforme ilustrado na Figura 3:



Figura 3. Misturas de óleos das três matrizes

Fonte: Esquema feito pelos autores. Imagens: Shutterstock, 2023)

3.4.3. PERFIL DE LIPÍDEOS PARA MISTURA ANÁLOGA A CARNE COM GIRASSOL TEXTURIZADO (MACT):

A mistura de óleos usado na formulação do MACT consistiu numa combinação equitativa de óleo de linhaça, óleo de girassol e azeite de oliva, cada um representando 33% da mistura. De acordo com a pesquisa de Wallis e Bengtsson (2022), esses óleos possuem composições distintas de ácidos graxos: o óleo de linhaça contém aproximadamente 22% de ácidos graxos

monoinsaturados, 68% de poli-insaturados e 10% de saturados; o óleo de girassol tem cerca de 22% de monoinsaturados, 66% de poli-insaturados e 12% de saturados; e o azeite de oliva é composto majoritariamente por ácidos graxos monoinsaturados (75%), com 10% de poli-insaturados e 15% de saturados. Essa proporção pode ser melhor observada no Gráfico 1 da Figura 4 logo abaixo:

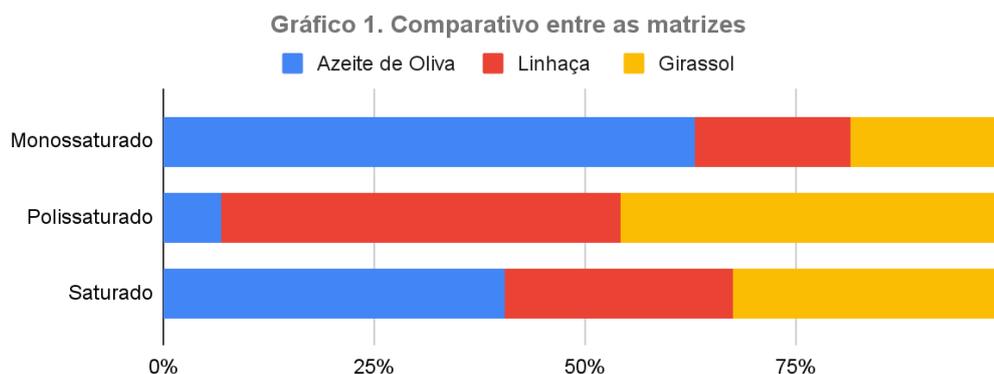


Gráfico 2. Percentual final das três matrizes (linhaça, oliva e girassol):

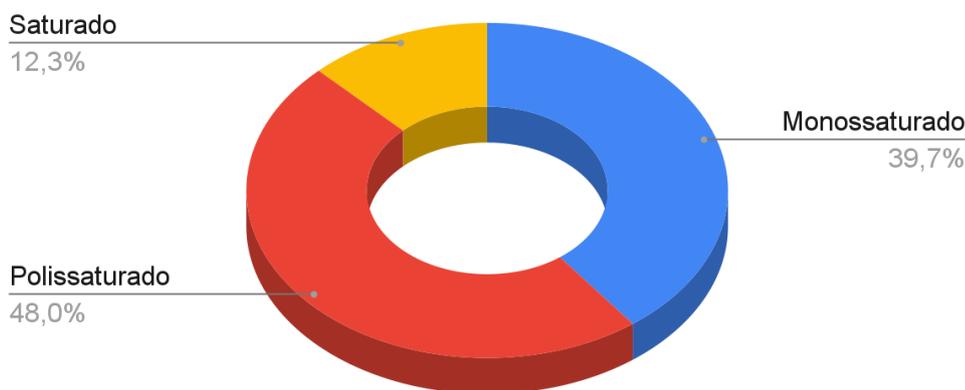


Figura 4. Composição da mistura de óleos para a composição do blend (comparativo entre as matrizes e percentual final somado entre as três matrizes).

Ao formular a mistura final com partes iguais desses óleos, a composição resultante foi calculada multiplicando-se as porcentagens de ácidos graxos de cada óleo por cromatografia gasosa. O resultado indicou que o blend contém aproximadamente 39,27% de ácidos graxos monoinsaturados, 47,52% de poli-insaturados e 12,21% de saturados.

2.4.4. PROCESSAMENTO PARA MISTURA ANÁLOGA A CARNE (MAC)

Mistura em Pós: o processamento da MAC iniciou-se com a pesagem precisa dos ingredientes em uma balança analítica, totalizando 4 quilos de base em pó. Posteriormente, procedeu-se à mistura desses ingredientes para garantir a homogeneidade, qualidade e estabilidade do produto. Utilizou-se um saco plástico de 100 litros para realizar a mistura. Em seguida, as misturas foram divididas em 40 sacos tipo ziplock de 100g cada e armazenadas em temperatura ambiente, protegidas da luz e da umidade.

Blend de Óleos: O blend de óleos foi misturado por agitação mecânica, manualmente, por 3 minutos. Cada 333 ml dos óleos (oliva, linhaça e girassol) resultou em 1 litro de blend, que foi armazenado em garrafas de vidro escuro com tampa, em temperatura ambiente, protegidas da luz e da umidade.

Preparo para Consumo: esta etapa de preparo amostras consistiu em adicionar a cada embalagem de 200g, um sachê de 25 ml do blend de óleos e três colheres de água. A mistura foi então homogeneizada com uma colher e moldada em formato de hambúrguer usando um aro de 4,5 cm, sendo posteriormente assada por 7 minutos a 175°C. As amostras do produto final foram encaminhadas para as metodologias de análise.

2.5. BISCOITO DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

O biscoito feito com farinha de girassol (FG), banana e chocolate foi concebido com o propósito de ser consumido como lanche em diversas refeições ao longo do dia, incluindo os cafés da manhã, snacks no meio da tarde, com acompanhamentos, etc. Neste produto, o conceito de economia circular se estende não apenas à utilização da farinha de girassol (FG), mas também ao aproveitamento de bananas maduras, que foram adquiridas a um custo inferior em comparação às bananas prontas para o amadurecimento comercialmente disponíveis.

Foram desenvolvidas duas formulações distintas (Tabela 2) para avaliar os critérios sensoriais e a textura. A primeira, de consistência mais espessa e

com 3mm de espessura, foi denominada Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe), contendo 48,7% de banana, 9,7% de FG e 39% de água. A segunda formulação, mais fina, com apenas 1mm de espessura e em formato de lascas, foi nomeada Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf), com uma composição de 36,3% de banana, 12% de FG e 48% de água. A principal diferença entre elas reside na quantidade de banana usada no processamento da massa. Na versão mais fina, uma proporção menor desses ingredientes resultou em uma massa mais líquida que, ao ser distribuída na bandeja do desidratador, formou uma camada fina, criando o biscoito em lascas. Por outro lado, a amostra mais espessa, com uma mistura mais pastosa, resultou em um biscoito mais grosso durante o processo de desidratação.

Tabela 2. Formulação para Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf) e Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe)

Ingredientes	Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf)		Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe)	
	(g)	(%)	(g)	(%)
Banana	150	36,3	250	48,7
Farinha de Girassol (FG)	50	12,1	50	9,7
Cacau	10	2,4	10	1,9
Canela	3	0,7	3	0,6
Bicarbonato de sódio	0,1	0,0	0,1	0,0
Água	200	48,4	200	39,0
Total	413,1	100,0	513,1	100,0

2.5.1. PROCESSAMENTO:

Para ambas as preparações da tabela 2 foi produzido um total de 4 Kg de cada receita líquida antes da desidratação seguindo o mesmo processo. Inicialmente, as bananas foram pesadas em uma balança analítica, misturadas com a água e liquidificadas por 3 minutos na potência de 700w. Em seguida, foi adicionada a farinha de girassol (FG), logo após, o cacau e a canela, por último, o bicarbonato de sódio, até formar uma mistura homogênea. Na primeira fase da mistura batida (banana + água) a massa manteve a cor amarelada da banana, e a adição da farinha de girassol (FG) ocasionou um escurecimento. Provavelmente essa alteração foi de natureza enzimática, considerando a presença de polifenoloxidasas e peroxidases da banana, assim como os compostos fenólicos, tais como o ácido clorogênico da farinha do girassol (Figura 5)



Figura 5. Escurecimento da massa ao realizar a mistura dos ingredientes, antes da moldagem para secagem.

Fonte: autores

2.5.2. MODELAGEM

Os biscoitos foram medidos e padronizados utilizando um aro cortador redondo de 5 cm em inox e um medidor (scoop) de 25g. Cada quantidade de massa preparada apresentou um rendimento de 18 unidades de biscoitos.

2.5.3. DESIDRATAÇÃO

O desidratador utilizado é composto de 4 bandejas, o que permitiu desidratar 16 unidades de biscoito por bandeja, somando 64 unidades por lote. Cada lote foi submetido a desidratação por 24h, na temperatura de 50°C. O peso final de cada produto teve uma média de 6,5g para a versão mais espessa e 4g para a versão mais fina e tendo um percentual de perda de água de 19ml para 30g da massa líquida.

A Figura 6 mostra o processo de secagem, onde: (A) as misturas recém moldadas, (B) após 30 minutos de desidratação. As imagens ampliadas: (C) recém moldados, (D) 30 minutos após desidratação, (E) produto pronto.

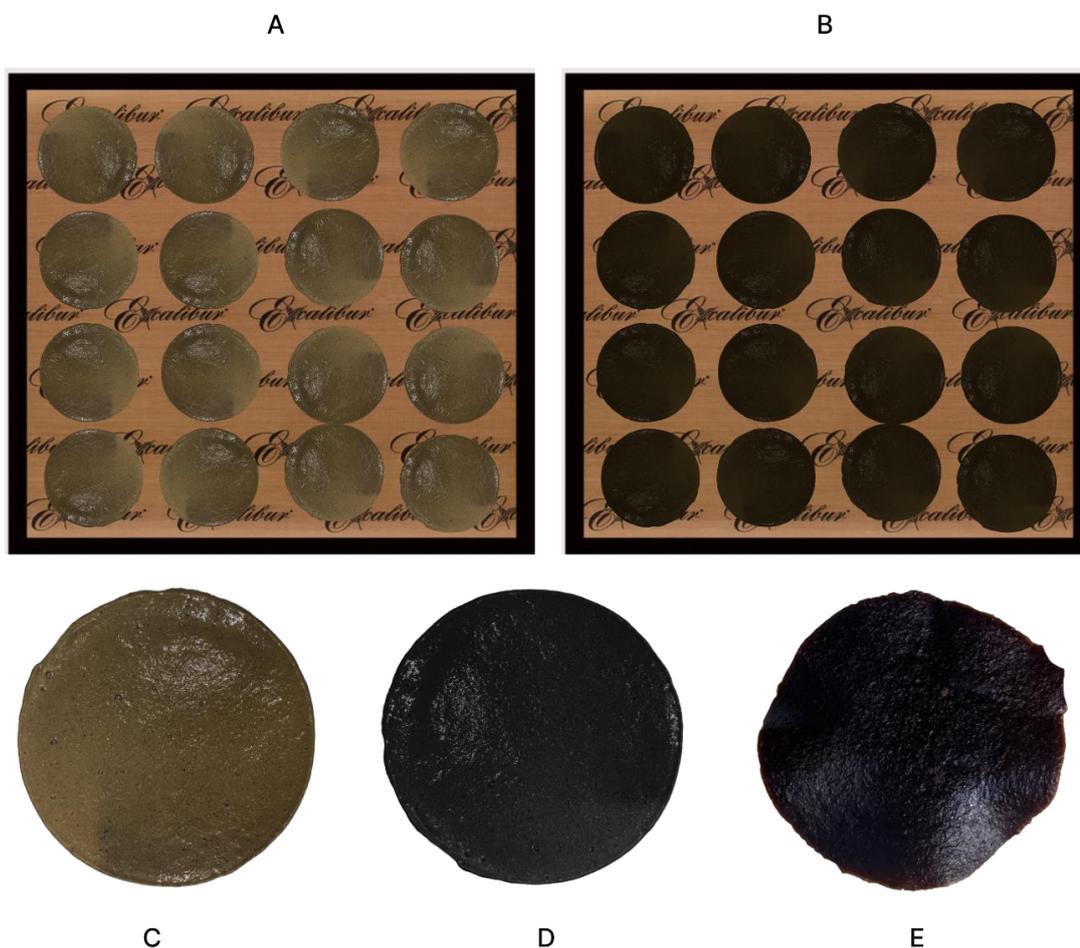


Figura 6. Processo de Desidratação dos Produtos: (A) as misturas recém moldadas, (B) após 30 minutos de desidratação. As imagens ampliadas: (C) recém moldados, (D) 30 minutos após desidratação, (E) produto pronto

Fonte: autores

2.6. MÉTODOS ANÁLITICOS APLICADOS

2.6.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ROTULAGEM

Neste trabalho, foram realizadas análises físico-químicas tanto na matéria-prima (farinha de girassol) quanto nos produtos formulados, tomando como base o produto do grupo controle. As especificações físico-químicas abrangeram dosagens de proteínas, lipídeos, fibras alimentares, resíduos minerais e umidade, seguindo o protocolo de HORWITZ et al. (2012). Os carboidratos foram calculados por diferença.

Proteínas e aminoácidos: a quantificação total de proteína seguiu o método de Kjeldahl (Nx 5,75), método 960.52 da AOAC (2012). O perfil de aminoácidos totais foi quantificado após a hidrólise ácida das proteínas (HCl 6N e fenol, 110 C, 22h), seguido pela técnica de cromatografia líquida (HPLC), usando uma coluna de fase reversa e detecção por UV a 254 nm., conforme White et al., 1986 e Hagen et al., 1989. O triptofano foi quantificado após hidrólise com a enzima pronase a 40 C durante 22h, e reação colorimétrica com 4-dimetilaminobenzaldeído (DAB) em ácido sulfúrico 21,1N e leitura a 590 nm em espectrofotômetro (Spies, 1967).

Na análise da fração lipídica, os ácidos graxos foram quantificados após a esterificação dos lipídeos, segundo Hartman e Lago (1973) e Bligh e Dyer (1959).

Para cinzas e perfil do resíduo mineral, foram pesados 2,5 g das amostras de almôndega e biscoito em cápsulas de porcelana. As amostras foram aquecidas em chapa de aquecimento (IKA, Staufen, Alemanha) e incineradas em mufla (Fornitec, São Paulo, Brasil) por 10 h a 450°C. As cinzas foram resfriadas em dessecador e umedecidas com água purificada por osmose reversa (Gehaka, São Paulo, Brasil). Adicionou-se 1,25 mL de ácido clorídrico 37 % (Merck, Darmstadt, Alemanha) e transferiu-se quantitativamente o conteúdo da cápsula para balão volumétrico de 25 mL utilizando água purificada. O branco analítico foi preparado seguindo o mesmo procedimento, omitindo-se a amostra e os ensaios foram realizados com quatro repetições analíticas.

Para determinação do cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco: utilizou-se a Espectrometria de Emissão em Plasma com

Acoplamento Indutivo (ICP OES 5100 VDV, Agilent Technologies). A visão axial foi aplicada para cobre, ferro, manganês e zinco, e a visão radial para os demais elementos. O argônio líquido de alta pureza serviu como gás do plasma. Os elementos foram detectados em comprimentos de onda específicos, e curvas analíticas foram preparadas usando padrões diluídos, alcançando coeficientes de correlação acima de 0,9.

Na Rotulagem, a informação nutricional foi elaborada conforme as diretrizes na Instrução Normativa - IN nº 75 do Brasil (BRASIL, 2020), que regulamenta a rotulagem nutricional de alimentos embalados.

A energia da amostra foi estimada somando as porcentagens de proteína e carboidratos (multiplicados pelo fator 4 kcal/g) ao teor de gorduras totais (multiplicado pelo fator 9 kcal/g). A referência para valor energético provém de KALIL, (1975) e PASSMORE et al (1963) fornecendo os %VD baseados no valor diário de referência.

2.6.2. QUALIDADE HIGIÊNICO SANITÁRIA

A análise microbiológica foi realizada de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução RDC nº 12 da ANVISA (Brasil, 2001). Foram avaliados os seguintes parâmetros microbiológicos: *Salmonella* (em 25g) pelo método MA-CQ.275 baseado em AOAC 2003.09 (2012) (Bax); *Escherichia coli* (UFC/g) pelo método MA-CQ.008 conforme ISO 16649:2001 (Método TBX); *Bacillus cereus* presuntivo (UFC/g) pelo método MA-CQ.009 segundo a ISO 7932:2004; Contagem de bolores (UFC/g) pelo método MA-CQ.009 conforme ISO 7932:2004; e Contagem de leveduras (UFC/g) pelo método MA-CQ.270 segundo o Compendium APHA (Salfinger e Tortorello, 2015).

2.6.3. TEXTURA DOS PRODUTOS

Tanto para a análise de textura quanto para análise sensorial, as duas formulações de ambos os produtos elaborados foram padronizadas nas seguintes medidas:

Tabela 3. Peso e dimensão da Mistura Análoga A Carne (MAC) e do Biscoito De Girassol Com Banana (BGB)

Medidas	Mistura Análoga a Carne		Biscoito de Girassol Com	
	MACp ¹	MACt ²	BGBe ³	BGBf ⁴
Peso	15g	15g	7g	4g
Largura	45mm	45mm	70 mm	75 mm
Altura	10mm	10mm	3mm	1 mm

Abreviaturas representam: ¹ Mistura Análoga a Carne com Pepita de Girassol (MACp); ² Mistura Análoga a Carne com Girassol Texturizado (MACt); ³ Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe); ⁴Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf)

Para a análise de textura utilizou o analisador *TAXT2i da Stable Micro Systems Ltd. (Surrey, Inglaterra)* para estudar duas formulações em ambos os produtos, MAC e BGB. Essa metodologia foi de acordo com biblioteca do equipamento, seguindo os parâmetros da tabela.

Tabela 4. Parâmetros adotados para as configurações do *TAXT2i da Stable Micro Systems Ltd.*

Parâmetros	Mistura Análoga a Carne	Biscoito de Girassol Banana
Tipo de Medição	Força em compressão	Força em compressão
Velocidade Pré-teste	5,0 mm/s	3,00 mm/s
Velocidade Pós-teste	10,0 mm/s	5,0 mm/s
Distância	28mn	28mn
Sonda (Probe: <i>Three Point Bending</i>)	10 cm de diâmetro	Teste de flexão em três pontos (plataforma HDP/90)
Propriedades Avaliadas	Dureza e fraturabilidade	Força máxima de cisalhamento
Distância de Perfuração	6 mm	6 mm

2.6.4. AVALIAÇÃO DA ACEITABILIDADE E A QUALIDADE DOS PRODUTOS

Foram utilizados teste de aceitabilidade (MA-CQ.228), baseado em ABNT NBR ISO 11136:2022 e teste de preferência com comparação pareada (MA-CQ.230), baseados na ABNT NBR ISO 5495:2017. Os testes foram realizados com duas amostras de cada produto, sendo os produtos, o Biscoito de Girassol com Banana (BGB) e a Mistura Análoga a Carne (MAC), sendo modelada no formato de hambúrguer de girassol

Os consumidores foram recrutados na comunidade e entorno do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, na cidade de Campinas-SP, Brasil. Os avaliadores foram diversificados e não caracterizados como veganos, vegetarianos ou flexitarianos. A escolha baseou-se na tolerância a ingredientes específicos contidos na lista dos produtos testados. Os testes sensoriais foram conduzidos em cabines individuais equipadas com o sistema *Compusense Cloud* sob luz branca, e as amostras foram servidas em pratos plásticos descartáveis com códigos numéricos aleatórios seguindo um delineamento experimental de blocos completos balanceados. A limpeza do palato foi assegurada sendo oferecida água mineral natural.

Para a avaliação sensorial foi empregada uma escala hedônica de nove pontos para a aceitabilidade geral e uma escala do ideal de cinco pontos para características específicas de cada produto, com o método CATA (*Check-All-That-Apply*). A análise dos dados foi realizada por meio de análise de variância e teste de Tukey, e a Análise de Penalidades para compreender o impacto de atributos específicos na aceitabilidade global, utilizando os softwares *Compusense Cloud* e *XLSTAT 2022*. Ademais, foi aplicado o teste de Comparação Pareada para avaliar a preferência dos consumidores.

As informações adicionais dos participantes abrangeram dados demográficos segundo o critério de Classificação Econômica do Brasil (ABEP, 2022), hábitos de consumo e preferências de identidade e momento de consumo do produto. A preferência pela identidade do produto foi questionada ao final do teste, assim como as preferências por acompanhamentos e momentos ideais para o consumo. A frequência de consumo esperada também foi solicitada em ambas análises. Todos os convidados, ao participar, receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ROTULAGEM:

As análises físico-químicas dos produtos, realizadas tanto para a Mistura Análoga a Carne com Girassol Texturizado (MACt) como para o Biscoito de Girassol com Banana de espessura Fina (BGBf), revelaram características notáveis que destacam a importância da qualidade e do consumo de alimentos saudáveis para o bem-estar e saúde dos consumidores. Os resultados dessas análises em g/100 estão apresentados no Tabela 5.

O BGBf apresenta quantidade satisfatória de carboidratos, representando 41,15 % de sua composição, devido ao fato de ter a banana (36,3 %) como matéria-prima. A ingestão adequada de carboidratos pode auxiliar no suporte energético necessário para manter um metabolismo saudável. Indivíduos que consomem carboidratos abaixo do recomendado têm 1067 vezes mais chances de desenvolver síndrome metabólica, de acordo com um estudo transversal (DUSTIN, 2023) usando dados do *National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2018*.

Ambos produtos possuem boas quantidades de fibras, sendo as amostras, BGBf com 15,71 % e MACt 14,76 %. No contexto da saúde pública e nutrição, a importância das fibras para a saúde digestiva ganha destaque diante do aumento preocupante aumentos de doenças gastrointestinais na atualidade (SNAUWAERT, 2023). Essas condições são frequentemente ligadas ao consumo de alimentos ricos em carboidratos simples de alto índice glicêmico e baixo teor de fibras, uma preocupação particular para pacientes com Doença Inflamatória Intestinal (DII) (KUANG E BINION, 2022; YUSUF, SAHA E UMAR, 2022). Uma grande parcela de pacientes com DII não cumpre as recomendações de ingestão de fibras, especialmente as fibras prebióticas, que desempenham um impacto positivo no microbioma intestinal (DAVIS et al, 2021; HASKEY et al, 2023; DAY et al, 2021).

Tabela 5. Caracterização físico-química dos produtos mistura análoga a carne com girassol texturizado (MACT) e para biscoito de girassol com banana de espessura fina (BGBf)

Componentes (%)	Farinha	MACT	BGBf
Proteína	35,58	20,1	18,87
Carboidratos	6,92	9,86	41,16
Fibras	11,29	14,76	15,71
Umidade	5,2	12,47	8,14
Cinzas	4,96	4,6	4,6
Lipídeos	36,05	38,15	11,52
Saturados	-	3,91	1,07
Insaturados	-	34,24	10,52

MACT= Mistura análoga a carne com girassol texturizado; BGBf= Biscoito de girassol com banana de espessura fina.

O teor proteico dos produtos é notável, sendo de 20,1 % no MACT e 18,87% no BGBf. As proteínas são macromoléculas essenciais para a manutenção e reparo dos tecidos, desempenhando funções diversificadas no corpo, desde a síntese enzimática até a produção hormonal. A incorporação da farinha de girassol (FG) rica em aminoácidos essenciais pode potencializar funções fisiológicas e globulares da fisiologia. A substituição das proteínas de origem animal pelas proteínas vegetais, além de possuírem menor impacto ambiental, trazem benefícios ao sistema cardiovascular, controle glicêmico, melhora da saúde intestinal e redução nos riscos de mortalidade geral, especialmente quando substituem carnes vermelhas e processadas (BULL, 2022; CAI, 2022; ZHENG, 2022)

O teor de lipídeos é diferenciado entre os produtos analisados, com o MACT apresentando 38,15% e o BGBf com 11,53 %. Os lipídeos têm funções vitais, como formação de membranas celulares, servindo como reserva de energia e facilitando a absorção de vitaminas lipossolúveis (CHEN, 2020; LIU, 2020). No contexto do MACT, a presença de 34,24 % de lipídeos insaturados é

notável, dada a sua associação com a promoção da saúde cardiovascular e a redução do risco de doenças cardíacas (ZHAO, et al., 2021).

É importante entender que as gorduras dietéticas são voltadas para a recomendação de ácidos graxos com papéis variados na prevenção e tratamento de doenças (CHEN, 2020; LIU, 2020). A avaliação da qualidade nutricional precisa considerar a presença de uma mistura de ácidos graxos saturados (SFA), ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e ácidos graxos poliinsaturados (PUFA). E a escolha de índices nutricionais adequados, como o índice de aterogenicidade (IA) e o índice de trombogenicidade (IT), é crucial para uma análise apropriada, já que cada índice tem suas vantagens e desvantagens.

No desenvolvimento da mistura (*blend*) de óleos, foi levado em consideração todos esses parâmetros, visando primordialmente a obtenção de uma composição com baixa concentração de ácidos graxos saturados e uma proporção ampliada de ácidos graxos insaturados.

3.2. DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE MINERAIS

Ao observar a Tabela 6, percebe-se que as amostras avaliadas demonstraram uma concentração de 4,6% de resíduo mineral, com destaque para a presença de cobre, cuja importância reside na sua contribuição para a formação de glóbulos vermelhos e absorção de ferro. A porção de 100g de MACt oferece acima da necessidade diária de cobre, enquanto que a mesma quantidade de BGBf fornece quase a metade da necessidade diária. Uma única porção de MACt também supre quase 100% da necessidade diária de magnésio, um elemento crucial para o metabolismo energético e saúde óssea, além de manganês, que desempenha um papel significativo no metabolismo de carboidratos e formação óssea. BGBf também é uma fonte considerável desses minerais, fornecendo 49% e 36% da necessidade diária de manganês e magnésio, respectivamente, em uma porção semelhante. Além disso, ambos os produtos são fontes significativas de potássio, essencial para a regulação dos fluidos corporais e função neuromuscular, com MACt fornecendo 29% e BGBf 10% da necessidade diária desse mineral (GODSWILL, 2020).

Tabela 6. Perfil de Minerais para Mistura Análoga a Carne com Girassol Texturizado (MAcT) e Biscoito de Girassol com Banana de espessura Fina (BGBf)

Minerais (mg/100g)	FAO	MAcT	Porção 100g	% IDR	BGBf	Porção 30g	% IDR
Cálcio	1000	149	149	15	80	24	2
Cobre	0,9	1,46	1,46	162	1,36	0,408	45
Ferro	14	6,82	6,82	49	4,88	1,464	10
Potássio	3500	1002	1002	29	1153	345,9	10
Magnésio	260	247	247	95	312	93,6	36
Manganês	2,3	2,05	2,05	89	3,76	1,128	49
Sódio	2000	243	243	12	331	99,3	5
Fósforo	700	553	553	79	533	159,9	23
Zinco	7	4,76	4,76	68	3,51	1,053	15

3.3 DETERMINAÇÃO DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS TOTAIS

Os aminoácidos essenciais, que são prontamente obtidos através de fontes de proteína animal, podem ser encontrados em menores quantidades em fontes vegetais de proteína. Diante do aumento da epidemia de obesidade, tem-se observado um crescente interesse nas dietas baseadas em proteínas vegetais, levando em conta seus efeitos na saúde e no meio ambiente. As diferenças entre as fontes de proteína vegetal e animal vêm sendo investigadas, particularmente no que diz respeito aos seus impactos na saúde geral, na sarcopenia e no desempenho muscular, como apontado por EWY (2022).

Dos vinte aminoácidos que compõem as proteínas, nove são essenciais e devem ser adquiridos por meio da dieta. Embora as proteínas animais forneçam um perfil completo desses aminoácidos, as matrizes de origem vegetal podem apresentá-los em proporções distintas. O crescente interesse em dietas à base de proteínas vegetais é justificado tanto pelos benefícios à saúde quanto

pelos impactos ambientais positivos quando comparados às fontes animais (FERRARI, 2022).

Os resultados referentes à determinação de aminoácidos essenciais nos produtos MAC e BGB são detalhados na tabela 7.

Ao examinar o perfil de aminoácidos essenciais dos produtos MACt e BGBf em relação aos padrões definidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), nota-se a importância desses produtos como fontes destes aminoácidos. A Tabela 8 ilustra essa análise, comparando o Score Químico com os valores estipulados pela FAO/ WHO (2001). Os resultados mostraram que tanto MACt quanto BGBf têm elevada concentração de fenilalanina + tirosina, histidina, isoleucina e valina. Esses aminoácidos desempenham funções vitais, como a produção de neurotransmissores, manutenção da integridade celular, e promoção da síntese proteica muscular, essencial para a saúde do metabolismo. Ambos os produtos são deficientes no aminoácido lisina e triptofano. O aminoácido triptofano serve como precursor da serotonina, um neurotransmissor essencial para a regulação de funções como humor, sono e apetite (COMAI, 2020). No entanto, é viável alcançar níveis adequados desses aminoácidos por meio da inclusão de outras fontes proteicas na dieta.

Tabela 7 – Perfil de aminoácidos essenciais e não-essenciais da mistura análoga a carne girassol texturizado (MACT) biscoito de girassol com banana fino (BGBf)

AMINOÁCIDO	Mistura Análoga a Carne Girassol Texturizado (MACT)				Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf)			
	FAO	Média	Escore	Média ± DP (g/100g amostra)	Média	Escore	Média ± DP (g/100g amostra)	
Essenciais (mg/ g proteína)	Lisina	5,8	3,59	0,62	0,90 ± 0,00	3,09	0,53	0,68 ± 0,01
	Fenilalanina +	6,3	8,10	1,29	1,34 ± 0,01'	8,79	1,40	1,32±0,04
	Tirosina				0,70± 0,00			0,62 ± 0,00
	Metionina +	2,5	3,22	1,29	0,56± 0,00	2,99	1,20	0,45± 0,01
	Cisteina				0,25± 0,00			0,21± 0,02
	Triptofano	1,1	0,59	0,53	0,15± 0,00	0,58	0,52	0,13± 0,00
	Leucina	6,6	6,51	0,99	1,64± 0,00	6,89	1,05	1,53± 0,00
	Isoleucina	2,8	4,33	1,55	1,09± 0,00	4,33	1,55	0,96± 0,00
	Valina	3,5	5,42	1,55	1,36± 0,00	5,60	1,60	1,24± 0,00
	Histidina	1,9	2,52	1,33	0,63± 0,01	2,81	1,48	0,62± 0,01
Ác. Aspartico*				2,58± 0,02			2,20± 0,03	
Ác. Glutâmico*				5,71± 0,02			4,68± 0,02	
Serina*				1,13± 0,00			1,08± 0,01	
Arginina*				2,58± 0,00			2,21± 0,02	
Alanina*				1,11± 0,00			0,99± 0,01	
Prolina*				1,12± 0,01			1,07± 0,05	
Glicina*				1,39± 0,00			1,27± 0,00	

*Não Essenciais

Os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) para MACt (3,2) e BGBf (2,99) estão acima do recomendado pela FAO e são essenciais para a saúde hepática e a produção de antioxidantes. Desta forma, os aminoácidos são convertidos e processados no fígado por diversas enzimas. A metionina, quando em excesso, é transformada em homocisteína, que, por sua vez, é processada em cisteína. Esta cisteína pode ser direcionada para vias que resultam em taurina ou sulfato, ou, quando em altas concentrações, pode levar à produção excessiva de sulfeto de hidrogênio. Todas essas reações são fundamentais para o equilíbrio e funcionamento adequado do metabolismo hepático (STIPANUK, 2020).

Quando observamos os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) como um todo (leucina, isoleucina e valina), ambos os produtos apresentam valores bem acima das recomendações, sendo benéficos para aqueles que buscam ganhos musculares ou recuperação pós-treino. Segundo Bifari (2017), a suplementação com BCAAs influencia positivamente a saúde metabólica e a longevidade, afetando diretamente tecidos periféricos. Esses benefícios variam conforme o estado metabólico do organismo, seja anabólico ou catabólico. Além disso, a suplementação com aminoácidos essenciais (EAAs) contribui para uma vida mais longa e saudável, regulando o metabolismo e a energia. Essa suplementação também afeta a microbiota intestinal, que é crucial para o metabolismo de nutrientes e a função imunológica.

Portanto, enquanto produtos proteicos como MACt e BGBf oferecem um espectro amplo de aminoácidos essenciais que são fundamentais para a saúde do metabolismo, é vital reconhecer suas limitações. A incorporação de uma variedade de fontes proteicas na dieta garante um perfil completo de aminoácidos, promovendo uma saúde metabólica otimizada por ambos os produtos, superando as recomendações da FAO. Ambos os produtos, MACt e BGBf, apresentam perfis robustos de aminoácidos essenciais, com exceção da deficiência em lisina e triptofano, que pode ser equilibrada com uma dieta rica em leguminosas

3.4. DETERMINAÇÃO DE LIPÍDEOS E ÁCIDOS GRAXOS

A análise dos ácidos graxos totalizados da Mistura Análoga a Carne com Girassol Texturizado (MACT) revela informações fundamentais sobre sua composição nutricional. O perfil lipídico de um alimento desempenha um papel crucial nas implicações dietéticas, especialmente no contexto das doenças cardiovasculares e da saúde metabólica. A Tabela 8 apresenta o perfil dos ácidos graxos da composição.

Tabela 8 - Ácidos graxos totalizados da mistura análoga a carne com girassol texturizado (MACT)

Ácidos graxos:	Nomenclatura	g/100g
Saturado	-	4,45
C 14:0	mirístico	0,03
C 16:0	palmítico	2,59
C 18:0	esteárico	1,4
C 20:0	araquídico	0,11
C 22:0	behênico	0,23
C 24:0	lignocérico	0,08
Monoinsaturado	-	15,3
C 16:1 ômega 7	palmitoléico	0,08
C 18:1 ômega 9	oléico	15,14
C 20:1 ômega 9	cis-11-eicosenoico	0,08
Poliinsaturado	-	16,69
C 18:2 ômega 6 t	trans linoléico	0,04
C 18:2 ômega 6	linoleico	14,09
C 18:3 ômega 3 α	alfa linolênico	2,6
Ômega 3		2,6
Ômega 6		14,09
trans		0,04

Os ácidos graxos monoinsaturados representam 41,94% da composição total e 15,3 g/100g. Cientificamente, esses ácidos, predominantemente o ácido

oléico, têm sido associados a benefícios cardiovasculares, pois tendem a melhorar o perfil lipídico sanguíneo, reduzindo o LDL (lipoproteína de baixa densidade) e elevando o HDL (lipoproteína de alta densidade).

Por outro lado, a categoria dos poliinsaturados é predominante perfazendo 45,77% do total do óleo. Nesse grupo, a proporção de ácidos graxos ômega-6 para ômega-3 merece atenção. Enquanto o ômega-6 (38,63%) é essencial para funções biológicas, sua predominância em relação ao ômega-3 (7,14%) pode ter implicações pro-inflamatórias, uma vez que dietas ricas em ômega-6 e baixas em ômega-3 têm sido associadas a estados inflamatórios crônicos (Zhang et al. e Chen e Liu, 2020). Os autores reforçam que o ideal é que a proporção entre esses ácidos graxos seja equilibrada, para colher os benefícios anti-inflamatórios do ômega-3.

A presença de ácidos graxos saturados em 12,19% pode ser um tópico de preocupação. Vários estudos epidemiológicos e clínicos apontam uma relação direta entre o consumo elevado de ácidos graxos saturados e o risco de doenças cardiovasculares. Esse risco está associado ao potencial dos ácidos graxos saturados em elevar os níveis de colesterol sanguíneo, contudo os valores são bem reduzidos em relação aos demais.

Por último, é reconfortante observar a baixa presença de ácidos graxos trans, com apenas 0,1% do total e de ocorrência natural. Sabe-se que esses ácidos graxos têm efeitos deletérios sobre o perfil lipídico e são associados a um aumento do risco de doenças cardiovasculares, quando ingeridos por longo tempo e em teores elevados.

Ao contrastar a composição de ácidos graxos entre a mistura de óleos elaborado inicialmente com a composição da tabela do FDA com os resultados da caracterização química dos lipídios obtida na Mistura Análoga à Carne com Proteína Texturizada (MACt), nota-se um ligeiro aumento na proporção de ácidos graxos monoinsaturados. A Figura 7, contém o gráfico A, com a composição lipídica da amostra analisada, que mostrou 46% de poliinsaturado para 48% no blend, os outros valores monossaturado (42% análise para 39,7% na mistura teórica), sendo que a saturada ficou conforme teorizado (12% da análise para 12% da mistura).

Nota-se uma diminuição nos ácidos graxos poli-insaturados, supostamente, devido à inclusão de ácidos graxos provenientes da farinha de

girassol (FG) semi-desengordurada. Apesar disso, o planejamento inicial da seleção da mistura lipídica atendeu às expectativas ao comparar o produto final caracterizado na análise química com a composição das três matrizes somadas às informações nutricionais das tabelas.

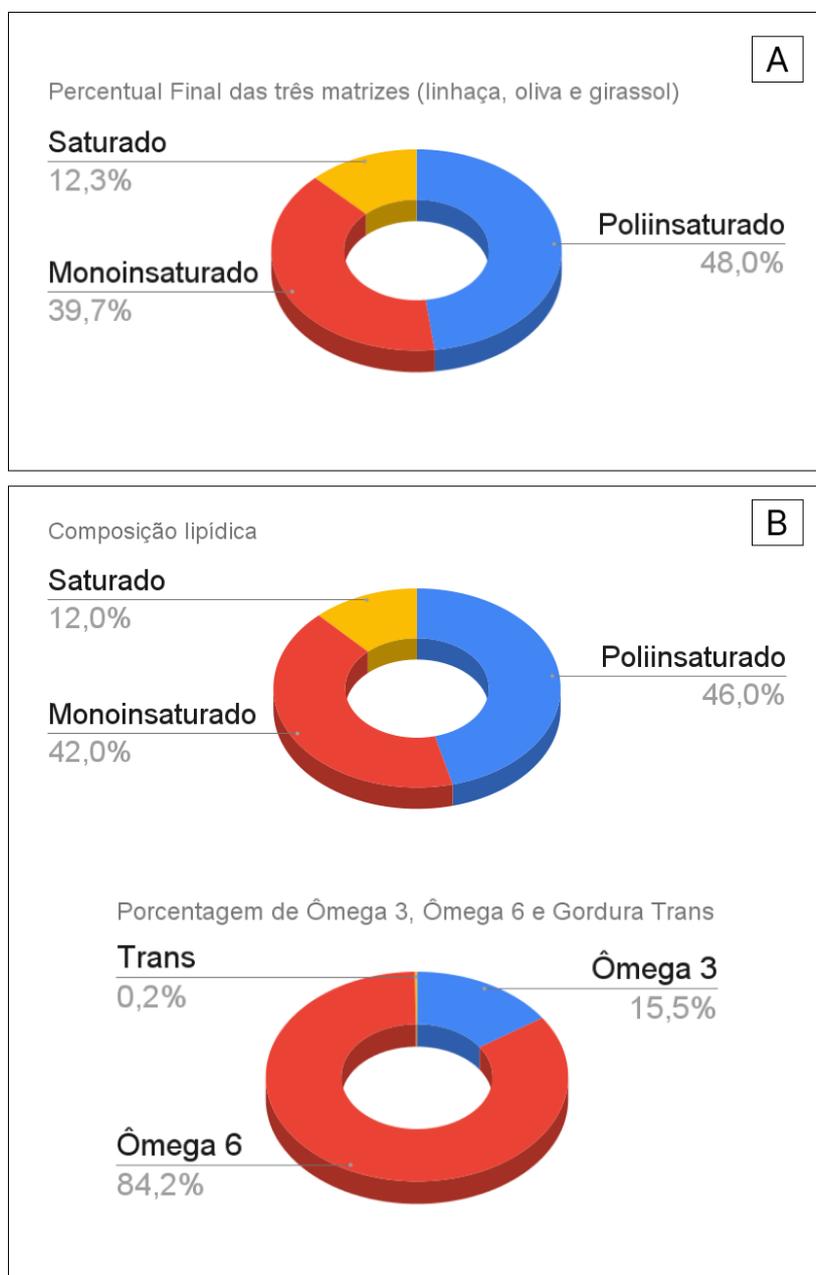


Figura 7. Comparação entre: e A) mistura teóricas das três matrizes lipídicas consultadas no FDA.; e B) caracterização química de ácidos graxos da mistura análoga a carne com girassol texturizado (MACT) pronta para o consumo e a representação de ômega 3 e 6.

3.5. INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS

A avaliação nutricional de produtos alimentícios é necessária para entender seu impacto na dieta e saúde humana e assim realizar a rotulagem nutricional para disponibilizar essa informação ao público consumidor. Neste contexto, a composição nutricional da Mistura Análoga a Carne com Girassol Texturizado (MAcT) e do Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf) foram analisadas e as informações nutricionais foram elaboradas conforme a Instrução Normativa - IN nº 75 do Brasil (BRASIL, 2020), demonstrada na Tabela 9:

Tabela 9 - Informações nutricionais da mistura analógica de carne com girassol texturizado (MAcT) e do biscoito de girassol com banana (BGBf)

MAcT				BGBf			
Porções por embalagem: 1 porção Porção: 100g (4 unidades)				Porções por embalagem: 1 porção Porção: 30g (6 unidades)			
	100g	100g	%VD*		100g	30g	%VD*
Valor energético (kcal)	463	463	23	Valor energético (kcal)	343	103	5
Carboidratos totais	10	10	4	Carboidratos totais	41	12	4
Açúcares totais	0	0	0	Açúcares totais	0	0	0
Açúcares adicionados	0	0	0	Açúcares adicionados	0	0	0
Proteínas	20	20	40	Proteínas	19	5,7	11
Gorduras totais	38	38	49	Gorduras totais	11	3,4	5
Gorduras saturadas	4	4	19	Gorduras saturadas	1	0,3	1,5
Gorduras trans	0	0	0	Gorduras trans	0	0	0
Fibra alimentar	15	15	53	Fibra alimentar	15	4,6	18
Sódio (mg)	243	243	12	Sódio (mg)	331	99	5
Ingredientes: Farinha de girassol, óleo vegetal, tomate em pó, proteína texturizada de soja, alho em pó, cebola em pó, salsa desidratada, sacarose, fermento, páprica doce defumada.				Ingredientes: Banana, farinha de girassol, cacau, canela e bicarbonato de sódio.			
* percentual de valores diários fornecidos pela porção				*percentual de valores diários fornecidos pela porção			

Pelos resultados apresentados (Tabela 9), pode-se observar que mistura analógica de carne com girassol texturizado apresentou uma composição nutricional notável, com 463 calorias por 100g, onde as gorduras são o componente predominante, totalizando 38g ou 49% do valor diário (DV), conforme as normas da RDC da legislação brasileira. Notavelmente, essas gorduras na MACt têm um perfil lipídico saudável, com uma presença significativa de Ômega 3 e Ômega 6. O Ômega 3 representa 2,6 g por 100g, enquanto o Ômega 6 compõe 14,09 g por 100g.

O biscoito de girassol com banana fino (BGBf) mostrou um perfil calórico ligeiramente menor, com 344 calorias por 100g, sendo os carboidratos a principal fonte de calorias, totalizando 41g ou 15% do valor diário (VD). Assim como a MACt, o BGBf é livre de gorduras trans e, embora não seja considerado um alimento com elevado teor de sódio, uma vez que não ultrapassa o limite exigido no anexo XV da INº 75 (BRASIL, 2020) de 600 mg/100g de alimento, por apresentar a quantidade de 243 mg por 100g (12% do DV), não pode ser considerado um alimento baixo em sódio.

Ambos os produtos exibem teores substanciais de proteínas, com 20g ou 40% em 100g para o MACt e 5,7g ou 11% para o BGBf, podendo ser considerados alimentos fontes. Também são consideradas boas fontes de fibras, com o MACt fornecendo mais de 50% da necessidade diária, equivalente a 15g, e o BGBf fornecendo 4,6g ou 18%.

Ainda que a quantificação dos compostos bioativos não tenha sido realizada nos produtos MACt e BGBf neste estudo, é importante destacar que seus ingredientes são conhecidos por suas propriedades benéficas. No MACt, o tomate fornece beta-caroteno e licopeno (Ghadage, 2019), enquanto o óleo de linhaça é uma boa fonte de vitamina E (Mondal, 2021). O óleo de girassol presente no MACt inclui ácido clorogênico (Huang, 2023), e o azeite de oliva contribui com fitoesteróis (Jimenez-Lopez, 2020). Já no BGBf, a banana enriquece o produto com antioxidantes, incluindo o beta-caroteno (Amengual, 2019), o cacau adiciona luteína, zeaxantina e teobromina (Bouyahya, 2021 e Hahn, 2021), e a canela oferece diversos compostos antioxidantes (Amengual, 2019; Mondal, 2021).

Em resumo, a MACt e o BGBf são opções alimentares inovadoras, que não apenas atendem às exigências da legislação brasileira, mas também oferecem um perfil nutricional enriquecido com compostos bioativos. A escolha entre estes produtos deve ser feita considerando as necessidades nutricionais individuais e buscando uma alimentação equilibrada e variada.

3.5.1. DESAFIOS DA ROTULAGEM PARA PRODUTOS “PLANT-BASED”

No cenário atual, onde o interesse por produtos “*plant-based*” está em ascensão, a rotulagem destes produtos torna-se um tópico de significativa importância. Diversos estudos têm se debruçado sobre esta temática, explorando-a sob várias lentes.

Um estudo na Espanha (Noguerol et al., 2021) abordou como diferentes grupos de consumidores, incluindo veganos, vegetarianos, flexitarianos e onívoros, percebem produtos “*plant-based*”, especialmente aqueles com rótulos 'clean label'. Os autores concluíram que as percepções variam conforme o tipo de dieta seguida, com um foco maior na qualidade e saúde para consumidores que reduzem ou evitam o consumo de carne.

Na pesquisa conduzida por Lee (2023b), foi utilizada uma base de dados de composição de alimentos para comparar análogos vegetais com produtos de origem animal. Os resultados mostraram que os análogos à base de plantas geralmente possuem menor conteúdo de proteína e maior teor de carboidratos, açúcares e fibras. Em relação a gordura, energia e sódio, os análogos vegetais exibiram perfis mais saudáveis, embora tendessem a ser mais caros em algumas categorias. A pesquisa também indicou que não há uma relação clara entre o nível de processamento dos produtos e sua qualidade nutricional.

Em contrapartida, a pesquisa de Ortega, Sun e Lin (2022) se concentrou em como rótulos de identidade podem influenciar as preferências dos consumidores na China, especialmente no que se refere à redução do consumo de carne e ao incentivo ao consumo de alternativas “*plant-based*” e carne cultivada. Este estudo concluiu que rótulos relacionados à identidade do consumidor efetivamente aumentam a demanda por substitutos “*plant-based*”.

As diferenças nas regulamentações e rotulagens de alimentos “*plant-based*” entre Canadá e Estados Unidos foram investigadas por Musa-Veloso e

Juana (2020). Os autores notaram que enquanto nos EUA a composição desses alimentos é amplamente não regulamentada, no Canadá existem padrões de identidade que definem as composições nutricionais e as nomenclaturas dos alimentos. As percepções dos profissionais da saúde sobre a adequação nutricional de alternativas lácteas “*plant-based*” sugerem que existe uma confusão generalizada entre os consumidores sobre as diferenças nutricionais entre os produtos lácteos e suas alternativas “*plant-based*” (Clark, Pope e Belarmino, 2022).

Numa pesquisa conduzida para comparar análogos vegetais com produtos de origem animal foi utilizada uma base de dados de composição de alimentos e rotulagens. Os resultados mostraram que os análogos à base de plantas geralmente possuem menor conteúdo de proteína, mas maior teor de carboidratos, açúcares e fibras. Em relação a gordura, energia e sódio, os análogos vegetais exibiram perfis mais saudáveis, embora tendessem a ser mais caros em algumas categorias. A pesquisa também indicou que não há uma relação clara entre o nível de processamento dos produtos e sua qualidade nutricional (Lee, 2023b).

Por fim, Thibault, Pailler e Freund (2022) e Justison (2023) analisaram as intenções dos consumidores americanos ao comprar produtos com rótulos relacionados ao bem-estar animal e a necessidade de regulamentações específicas para produtos “*plant-based*”, respectivamente. Estes estudos destacam a importância da clareza e da especificidade nas informações nutricionais, para auxiliar os consumidores na escolha de produtos que estejam alinhados com suas expectativas e valores.

Esses estudos, em conjunto, destacam a importância da rotulagem precisa e informativa para produtos “*plant-based*”, ressaltando a necessidade de regulamentações claras que orientem os consumidores na transição para dietas mais saudáveis e sustentáveis.

3.6. QUALIDADE HIGIENICO SANITÁRIA.

Os resultados dos testes microbiológicos na Tabela 10 mostram que os produtos estão em conformidade com as normas de segurança alimentar.

Tabela 10. Análises microbiológicas realizada para os produtos: biscoito de girassol com banana e mistura seca pronta para preparo de análogos a carne.

Determinação	Biscoito de girassol com banana	Mistura seca pronta para preparo de análogos a carne
<i>Salmonella</i> (em 25g)	Ausente	Ausente
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	<10	<10
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo (UFC/g)	<10 ²	3,0x10 ² (est)
Contagem de bolores (UFC/g)	<10 ²	¹ N/A
Contagem de leveduras (UFC/g)	<10 ²	¹ N/A

¹ Nota: "N/A" indica que o teste não foi aplicado para o produto em questão. "UFC" significa Unidades Formadoras de Colônias. "est" indica uma contagem estimada, abaixo do limite de quantificação do método.

3.7. ANÁLISE DE TEXTURA

A realização da análise de textura é essencial para compreender as propriedades físicas de um alimento. Esta análise identifica padrões de qualidade e auxilia na interpretação de como o alimento será percebido sensorialmente ao ser consumido. Além disso, pode oferecer informações valiosas sobre o processo de fabricação do produto.

3.7.1. TEXTURA DAS MISTURAS ANÁLOGAS A CARNE (MAC)

Para a análise foram avaliadas sete amostras de cada fórmula e os resultados revelam diferenças significativas entre elas no que se refere ao parâmetro Força Máxima de Cisalhamento (FMC). Este parâmetro é uma medida importante que indica a força necessária para cortar ou rasgar o alimento, fornecendo percepções valiosas sobre a textura e a consistência das amostras. A Tabela 11 mostra os valores medidos de força máxima de cisalhamento (fmc) das amostras de mistura análoga a carne com girassol texturizado (MACt) e com a pepita de girassol.

Tabela 11. Parâmetros de força máxima de cisalhamento (fmc) das amostras de mistura análoga a carne com girassol texturizado (MACt) e com a pepita de girassol.

Amostras	Mistura Análoga a Carne com girassol texturizado	Mistura Análoga a Carne com Pepita de Girassol
	(N)	(N)
1	2,27	4,13
2	2,96	5,53
3	4,27	5,01
4	2,64	5,54
5	3,84	4,76
6	3,39	6,89
7	2,96	5,01
Média ± DP	3,19 ± 0,69	5,7 ± 0,86

A matriz com pepita de girassol (MACp) apresenta valores de forma consistentemente maiores do que a matriz com o girassol texturizado (MACt). A média de 3,19 para MACt (texturizado) contra 5,70 para o MACp (semente) demonstra claramente que o MACp é mais resistente ao cisalhamento. Isso sugere que o MACp é mais tenro e macio, enquanto o MACt tem uma textura mais firme. Observa-se que a proteína de girassol texturizada confere ao produto uma consistência mais compacta e firme.

A Figura 8 ilustra as características gerais e específicas de peso, dimensões e componentes dos produtos, além de um gráfico que aponta que a média de FMC das amostras para a MACp (pepita) resultou em quase o dobro do que para a MACt (textura).

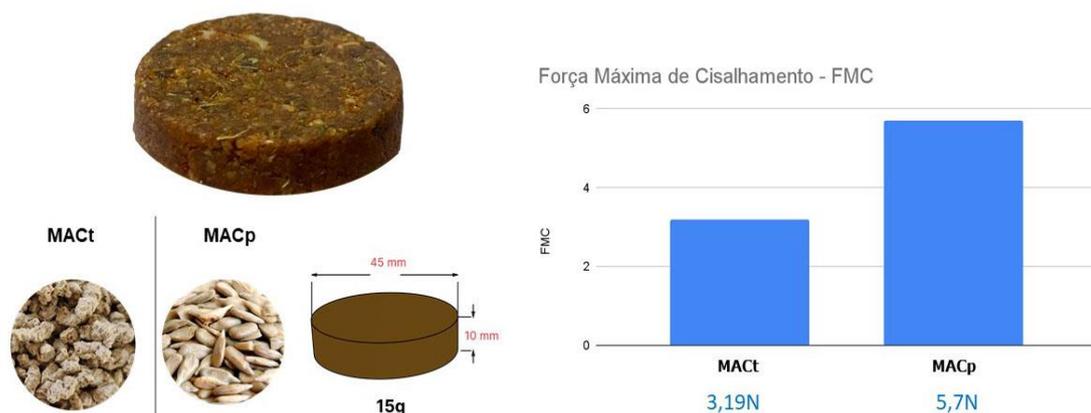


Figura 8. Análise de textura que mediu força máxima de cisalhamento (FMC), entre: 1) misturas análogas a carne com textura de girassol- MACT; e 2) misturas análogas a carne com pepita de girassol – MACp.

Em resumo, a análise de Força Máxima de Cisalhamento revelou diferenças significativas nas propriedades texturais entre o MACT e MACp, destacando a capacidade da Mistura Análoga a Carne (MAC) de oferecer variedades de textura. Para maximizar a aceitação do consumidor e a utilidade do produto em diversas aplicações culinárias, esses “insights” podem ser usados para direcionar futuras otimizações de produto.

A revisão de Younis et al. (2023) enfatiza o impacto dos ingredientes na textura dos produtos à base de carne vegetal. A escolha e a formulação dos ingredientes são fundamentais para imitar a estrutura fibrosa da carne. A escolha da proteína do girassol para análogos de carne é uma estratégia promissora pelo potencial de perfil de aminoácidos, compostos bioativos e reuso sustentável da matéria prima. Sun et al. (2022) enfatizam a importância do design estrutural e da otimização das condições de processamento na criação de análogos de carne à base de plantas. Bakhsh et al. (2022) ressaltam a importância da incorporação de proteína vegetal texturizada (como a TVP) para alterar as características qualitativas dos análogos de carne. A variação nas propriedades texturais, como foram observadas, é um fator chave na definição da qualidade e na aceitação do consumidor. Pöri et al. (2023) estudaram híbridos de carne vegetal e observaram que diferentes ingredientes e parâmetros de processamento afetam a aparência, a textura e as propriedades sensoriais dos produtos. Isso reforça a ideia de que

a seleção de ingredientes e o processo de texturização são cruciais para alcançar as propriedades desejadas.

Ao avaliar o desenvolvimento de um produto análogo à carne deve-se considerar o impacto ambiental. Saerens et al. (2021), realizou uma avaliação do ciclo de vida de substitutos de carne extrudados. Os autores descobriram que diferentes tecnologias de extrusão (alta umidade vs. baixa umidade) têm impactos ambientais distintos, sugerindo que a escolha da técnica de texturização pode ter implicações ambientais além das propriedades texturais. Guyony et al. (2023) destacam que a extrusão de alta umidade é menos explorada, mas eficaz na criação de texturas semelhantes à carne. A textura mais macia da MACt em comparação com a MACp pode ser relacionada com essas descobertas. Finalmente, Baune et al. (2022) discutem a inovação em técnicas de estruturação para melhorar a qualidade das proteínas vegetais texturizadas. Isso sugere que avanços futuros na texturização podem oferecer ainda mais opções para otimizar a textura dos análogos de carne.

Em conclusão, a análise da força máxima de cisalhamento (FMC) nas misturas análogas a carne (MAC) com diferentes ingredientes de girassol reflete a complexidade e a importância da seleção de ingredientes e técnicas de processamento na determinação das propriedades texturais dos substitutos de carne. A comparação com estudos existentes destaca a relevância da pesquisa no contexto mais amplo do desenvolvimento de análogos de carne à base de plantas. A diferença na FMC entre as MAC com pepitas de girassol (MACp) e as MAC com girassol texturizado (MACt), que indica uma textura mais firme nas MACp, alinha-se com as descobertas de Baune et al. (2021). Os autores destacam a importância da texturização para melhorar a textura dos produtos cárneos, sugerindo que a texturização, seja úmida ou seca, pode influenciar significativamente a textura final do produto, um aspecto crucial para a aceitação do consumidor.

3.7.3. TEXTURA DOS BISCOITOS DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

Para avaliação de textura foram realizadas sete amostras de cada formulação dos biscoitos de girassol com banana (finos e mais espessos), onde foram medidos dois parâmetros essenciais: dureza e fraturabilidade (Tabela 11).

Estes indicadores fornecem uma ideia da força necessária para quebrar os biscoitos, com os resultados mostrando variações significativas entre as amostras.

Tabela 11. Parâmetros de dureza e fraturabilidade - biscoito de girassol com banana espesso (BGBe) e biscoito de girassol com banana fino (BGBf)

Amostras	BGBe		BGBf)	
	Dureza (N)	Fraturabilidade (mm)	Dureza (N)	Fraturabilidade (mm)
1	14,75	1,04	6,61	4,99
2	16,46	0,66	7,4	3,48
3	23,77	0,6	8,86	2,48
4	21,28	0,86	6,6	2,3
5	12,63	0,49	5,06	1,17
6	15,74	0,69	8,17	1
7	29,99	1,04	7,19	1,19
Média ± DP	19,23 ± 6,11	0,77 ± 0,21	7,13 ± 1,22	2,37 ± 1,46

Observa-se na Tabela 11 que a variante espessa (BGBe) possui uma dureza significativamente maior, com uma média de 19,23N, comparada à variante fina (BGBf), que tem uma média de 7,13N. Isso sugere que a BGBe requer uma força consideravelmente maior para ser quebrada, o que é esperado devido à sua maior espessura. Por outro lado, a fraturabilidade da BGBe é menor, com uma média de 0,77mm, em comparação com a BGBf, que tem uma média de 2,37mm. Isso indica que a BGBe tem menor fraturabilidade, tornando-se menos quebradiça, enquanto a BGBf, sendo mais fina, demonstra maior fraturabilidade.

A Figura 9 ilustra os resultados comparativo entre as duas texturas dos biscoitos mostrando que a dureza BGBe está mais que o dobro do BGBf, conforme é demonstrado:

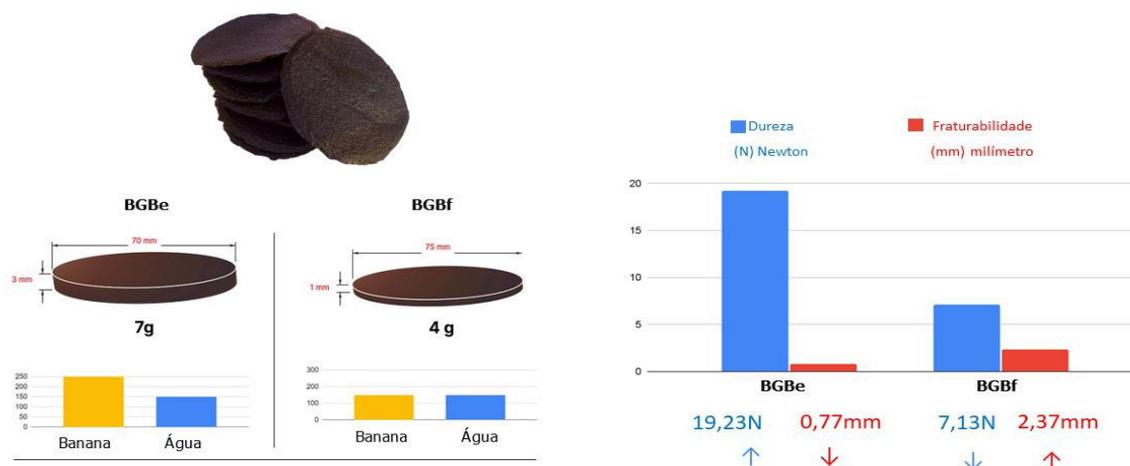


Figura 9. Resultados da análise de textura medindo a dureza e fraturabilidade entre as amostras: biscoito de girassol com banana espesso (BGBe) e biscoito de girassol com banana fino (BGBf):

Em síntese, os dados do texturômetro corroboram as descrições iniciais dos biscoitos. O BGBe, mais espesso e rico em banana, mostra-se mais duro e resistente, enquanto o BGBf, mais fino e com menos banana, é mais frágil e quebra com maior facilidade. As diferenças de textura observadas são atribuíveis tanto às variações na espessura quanto ao conteúdo de banana nas formulações. O atributo de fraturabilidade pode estar correlacionado com a crocância, sugerindo que a percepção do consumidor de uma maior crocância no BGBf durante a avaliação sensorial pode ser explicada com base nos resultados do teste de fraturabilidade.

Baseando-se nos resultados obtidos para os Biscoitos de Girassol com Banana (BGB) e as análises de dureza e fraturabilidade, foram apanhados alguns resultados relevantes da literatura referentes a outros estudos sobre propriedades texturais de biscoitos e produtos similares. A discrepância significativa em termos de dureza e fraturabilidade entre o BGB espesso (BGBe) e o fino (BGBf) representa achados inéditos na literatura. Kouhsari et al. (2022), ao examinar o efeito de diferentes tipos de gordura nas propriedades texturais de biscoitos semi-doces, constataram que a gordura exerce uma influência significativa na textura do produto final, sugerindo que a proporção lipídica da farinha semi-desengordurada de girassol pode impactar na textura (CULETU et al., 2021).

Por meio da investigação da relação entre a presença de inulina e as propriedades texturais, podemos compreender o impacto da quantidade de banana no produto final (GUINE, 2022; GAGNETEN et al., 2023). Sogabe et al. (2021) compararam as propriedades físicas de biscoitos à base de amido com biscoitos convencionais, incluindo a análise de textura de suas partes de crosta e miolo. Os autores descobriram que os biscoitos à base de amido tinham uma força de fratura menor, o que pode ser relacionado à sua observação de que os BGB mais finos e com menos banana são mais frágeis e quebram com maior facilidade.

Em conclusão, a análise de dureza e fraturabilidade nos BGB reflete a complexidade e a importância da composição e da estrutura na determinação das propriedades texturais dos biscoitos. A comparação com estudos existentes destaca a relevância da pesquisa no contexto mais amplo do desenvolvimento de produtos com variações na textura.

3.8. AVALIAÇÃO DA ACEITABILIDADE E A QUALIDADE DOS PRODUTOS

A análise sensorial desempenha um papel crucial na avaliação da aceitabilidade dos alimentos, afetando diretamente a escolha do consumidor através de características como sabor e textura. Pode ser dividida em métodos sensoriais analíticos, que estabelecem perfis alimentares, e métodos afetivos, que se concentram nas preferências do consumidor. Um exemplo é o teste de preferência com comparação pareada, onde participantes comparam duas amostras codificadas e escolhem a de sua preferência ao qual foi adotado neste estudo. Este método, descrito por Djekic (2012) e Meilgaard (1999), é simples e eficaz para identificar rapidamente preferências entre duas opções, embora não detalhe os motivos das escolhas. Utilizado com consumidores não especializados, é valioso em pesquisas de mercado e no desenvolvimento de produtos, com análises estatísticas para identificar preferências significativas.

No contexto do crescente setor de alimentos à base de plantas, Szenderák, Fróna e Rákos (2022) observam que, apesar dos desafios sensoriais e nutricionais, tais produtos estão se popularizando além das dietas vegetarianas e veganas. Este interesse é impulsionado por fatores ambientais e de saúde, embora existam incertezas quanto à conversão dessas preferências em

comportamentos de consumo efetivos. Moss (2023) ressalta a importância de empregar metodologias sensoriais dinâmicas e diagnósticas no desenvolvimento de análogos “plant-based”, visando uma caracterização precisa de suas propriedades sensoriais. Estes estudos enfocam em replicar produtos convencionais e definir claramente o público-alvo, como flexitarianos ou veganos, e considerar a importância das propriedades texturais, como frequentemente é discutido na literatura especializada da área sensorial.

Por fim, a análise sensorial, juntamente com considerações ambientais e econômicas, é essencial para o sucesso desses produtos no mercado. A pesquisa de aceitação e conceito do produto focou nas características sensoriais da mistura análoga à carne (MAC) e do biscoito de girassol com banana (BGB), conforme descrito no Tabela 12.

Tabela 12. Características e conceitos das amostras dos produtos alimentícios submetidos a análise sensorial

Produto	Nomenclatura	Descrição	Provado res	Conceito do Produto
Mistura Análoga a Carne (MAC)	Mistura análoga a carne com girassol texturizado (MACT)	Proteína texturizada de girassol	82	Hambúrguer vegetal com farinha de girassol, embalagem ilustrativa com instruções de preparo: mistura em pó, sachê de óleo e água, moldar, assar e servir.
Modelagem: Hambúrguer	Mistura análoga a carne com girassol com sementes torradas (MACs)	Semente de girassol		
Biscoito de Girassol com Banana (BGB)	Biscoito de girassol com banana espesso (BGBe)	Lascas com 250g de banana e mais grosso	84	Biscoito doce com 4 ingredientes: farinha proteica de girassol, banana,

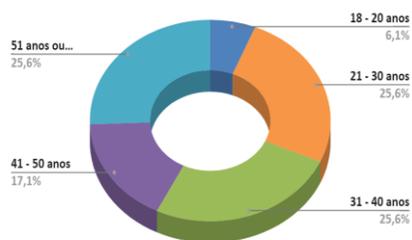
Biscoito de girassol com banana fino (BGBf)	Com 150g de banana e mais fino	cacau e canela, preparado por desidratação.
---	--------------------------------	---

O avanço das gerações de produtos “plant-based”, que adotaram novas tecnologias para a produção de alimentos, como a extrusão de proteínas e a carne cultivada, as quais desempenham um papel crucial na aproximação das características sensoriais desses produtos aos seus equivalentes animais, conforme Zhang (2023). Considerações sobre sustentabilidade, como discutido por Hadi e Brieghtwell (2021), são primordiais ao desenvolver alternativas proteicas que abordem crises ambientais e de segurança alimentar. Caputo, et al (2023) aprofundaram o entendimento sobre as diferentes percepções dos consumidores em relação a hambúrgueres alternativos e ressaltam a relevância do avanço na tecnologia de alimentos e do uso de ingredientes alternativos para aumentar a aceitação dos consumidores desses produtos em comparação com a carne convencional que preferem a carne convencional.

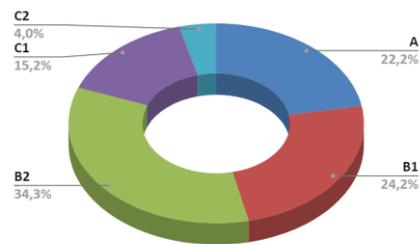
Em conclusão, Ma, Chun-Chieh (2022) menciona que as mudanças climáticas são um catalisador para a transição dietética. A autenticidade e o custo dos produtos são fundamentais para escolha do consumidor e a aceitação no mercado. Lee et al. (2023b) enfatizam a necessidade de tornar os análogos de carne mais acessíveis financeiramente, para que possam competir efetivamente com a carne convencional no mercado global.

3.8.1 CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO RECRUTADO PARA O TESTE PARA MISTURA ANALOGA A CARNE

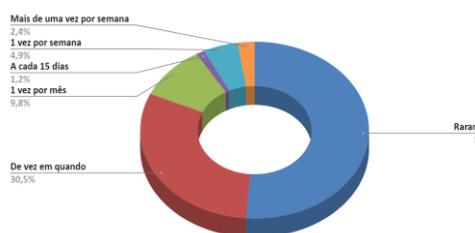
A pesquisa de aceitação contou com 82 participantes (55 mulheres e 27 homens). A descrição da Figura 10 abrange informações sociodemográficas e de consumo do produto, conforme demonstra a seguir.



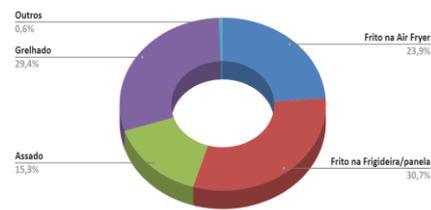
A) Características do grupo de consumidores recrutados quanto à faixa etária



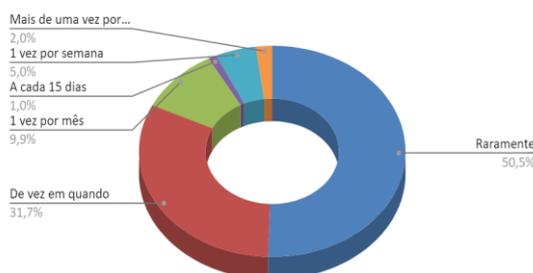
B) Classes Social



C) Frequência de consumo de hambúrgueres



D) Modo de preparo de hambúrgueres



E) Frequência de consumo de produtos à base de proteína vegetal que lembrem carne.

Figura 10. Características do grupo de consumidores recrutados quanto à faixa etária (a), classe social (b), frequência de consumo de hambúrgueres (c), modo de preparo de hambúrgueres (d) e a frequência de consumo de produtos à base de proteína vegetal que lembra carne (e).

A diversidade entre perfil sociodemográfico em produtos “*plant-based*” reflete a complexidade das preferências alimentares, um desafio destacado em estudos como o de Nuvoli et al. (2023) e Jalil Mozhdehi, et al (2021), que sublinham as variações nas percepções gustativas e motivações dietéticas entre

diferentes dietas com e sem proteína animal. Essas percepções reforçam a necessidade de estratégias personalizadas e direcionadas no desenvolvimento e promoção de alimentos, considerando as expectativas variadas de cada grupo dietético. Desta forma, a aceitação de novos produtos por consumidores com valores e percepções variadas é um desafio complexo, especialmente quando se trata da distinção e similaridade entre as percepções gustativas e motivações dietéticas para veganos, vegetarianos e onívoros. O estudo de Nuvoli et al. (2023) destaca que a sensibilidade ao sabor e à adstringência pode diferir entre veganos e onívoros, sugerindo que essas diferenças, embora não sejam consistentemente significativas, são notáveis. Isso implica que os fabricantes de alimentos devem considerar essas variações ao desenvolver produtos para esses grupos especificamente e levar em consideração o sabor da carne, qualidade da matriz de aminoácidos e a saciedade pela ingestão proteica.

Os resultados mostram padrões notáveis no consumo de hambúrgueres e produtos de proteína vegetal. Nota-se que o público consumidor de hambúrgueres está majoritariamente entre 21 a 40 anos, com uma predominância nas classes médias B2 e B1. Esta distribuição indica uma universalidade no consumo de hambúrgueres, mas com uma tendência acentuada para indivíduos em fases médias da vida. Isso pode refletir preferências gastronômicas ou hábitos culturais específicos desses grupos, sugerindo que hambúrgueres são frequentemente associados ao lazer para estas gerações. A regularidade de consumo revela que hambúrgueres são geralmente considerados um produto esporádico, não um elemento constante na dieta, uma vez que a maioria os consome raramente e uma parcela significativa somente ocasionalmente.

Estudos como os de Altamimi et al. (2023) e Giachino et al. (2021) sublinham que as escolhas e a frequência de consumo hambúrgueres e “*fast food*” são moldadas por fatores sociodemográficos e de saúde, evidenciando uma conexão intrínseca com questões como obesidade. A conscientização sobre alimentação saudável e a percepção dos consumidores acerca de diferentes produtos alimentares variam consideravelmente. Embora a pesquisa e o desenvolvimento de hambúrgueres nutricionalmente balanceados e análogos à carne de fontes sustentáveis estejam avançados, a adoção de substitutos vegetais ainda enfrenta desafios significativos.

Diferentes grupos de consumidores - omnívoros, flexitarianos, vegetarianos e veganos - usam estratégias semelhantes de categorização taxonômica para classificar fontes de proteínas, mas chegam a categorias distintas (Van Der Meer, Fischer e Onwezen, 2023). A rigidez na categorização aumenta com a redução do consumo de proteínas animais, sendo os veganos os mais rigorosos. Enquanto os omnívoros são menos estritos na separação das proteínas, todos os grupos distinguem claramente entre carnes animais e alternativas vegetais, embora encontrem ambiguidade nas carnes híbridas.

Diversos tipos e gerações de análogos alimentares surgiram desde o início de sua produção, apresentando características distintas para atender a diferentes públicos. Alguns são desenvolvidos especialmente para veganos, sem semelhança com a carne, enquanto outros são voltados para flexitarianos, priorizando uma qualidade sensorial similar à da carne ou as características nutricionais, e ainda há os destinados aos onívoros tradicionais, que procuram um sabor idêntico ao da carne. A empresa “Impossible Foods” inovou ao criar um aditivo que imita o sangue da carne convencional para uso em seus produtos análogos. Esse aditivo é a leghemoglobina, um equivalente vegetal que contém heme, semelhante ao encontrado na hemoglobina, a proteína animal responsável pelo transporte de oxigênio. A leghemoglobina é extraída de nódulos radiculares de plantas leguminosas que fixam nitrogênio, uma descoberta significativa no campo dos substitutos de carne (WALTZ, 2019).

A aceitação de análogos à carne é influenciada por fatores como atitudes dos consumidores, neofobia alimentar e familiaridade com os produtos. Krings et al. (2022) mostram que o medo de novas tecnologias alimentares leva a avaliações negativas da carne cultivada em laboratório, enquanto preocupações com a segurança são barreiras significativas para sua aceitação. Outros autores destacam que a conscientização pública, percepção de naturalidade e segurança alimentar são cruciais para a aceitação das alternativas a base de plantas, incluindo as carnes cultivadas (Pakseresht et al., 2022). Ressaltam a importância da qualidade sensorial e semelhança com a carne autêntica para atrair consumidores, sugerindo que carnes híbridas podem ser uma transição para dietas mais vegetais (Grasso, 2022; Kerlake et al., 2022). Foi identificado que a ideologia política influencia a aceitação de carnes à base de plantas nos

EUA, com consumidores conservadores mostrando menos interesse devido à incongruência nas mensagens de marketing Yule e Cummings (2023).

A preferência por métodos de preparo mais saudáveis, como fornos e “air fryers”, reflete uma crescente preocupação com a saúde (Chen e House, 2022). Estudos apontam a importância da segmentação de mercado, identificando diferentes perfis de consumidores, incluindo desde aqueles interessados em inovação como em responsabilidade alimentar. Observam que o consumo de produtos à base de proteína vegetal ainda é baixo, mas tende a crescer com maior conscientização e conhecimento concluem que o “marketing” de mídia social influencia positivamente a decisão de compra de carne à base de plantas, especialmente entre os jovens, sugerindo a necessidade de estratégias inovadoras para superar barreiras ao consumo de alternativas mais saudáveis e sustentáveis (Brunsø et al., 2021; Safdar et al., 2022; Li, Wang e Yang, 2022).

3.8.2. ACEITABILIDADE GERAL PARA MISTURA ANÁLOGA A CARNE (MAC)

Os resultados médios para a aceitação geral, bem como para características específicas como aparência, aroma, sabor e textura, estão apresentados na Tabela 13. Em todos estes atributos, as amostras não mostraram diferenças significativas entre si, considerando um nível de erro de 5%. Na avaliação geral e de sabor, as amostras receberam notas médias que se aproximam da categoria 'indiferente'. Para aparência, aroma e textura, as notas médias variaram entre 'indiferente' e 'ligeiramente agradável'."

Tabela 13. Resultados obtidos na avaliação da aceitabilidade das amostras

Aceitabilidade¹	MACT²	MACp³	D.M.S.⁴
Forma global	5,3 (2,3)	5,0 (2,2)	0,4
Aparência	5,7 (2,3)	5,6 (2,0)	0,3
Aroma	5,8 (2,1)	5,6 (2,0)	0,3
Sabor	5,1 (2,5)	4,8 (2,3)	0,4
Textura	5,6 (2,1)	5,2 (2,1)	0,4

¹ Resultados expressos como média (desvio-padrão) de 82 avaliações. Para cada atributo, médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si ao nível de erro de 5% pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ² Mistura Análoga a Carne com Proteína Texturizada ³ Mistura Análoga a Carne com Pepita de Girassol; ⁴ DMS – Diferença mínima significativa entre as médias para o teste de Tukey.

A Figura 10 exibe a comparação entre os gráficos de avaliação sensorial usando uma escala hedônica de nove pontos para duas variantes de Mistura Análoga à Carne (MAC), MACT (proteína texturizada da soja) e MACp (pepita de girassol), avaliadas em cinco atributos: global, aparência, aroma, sabor e textura. As cores representam os níveis de aceitação, com verde indicando aceitação (notas 9-6), amarelo para indiferença (nota 5) e vermelho para rejeição (notas 4-1). A Figura também destaca percentuais onde mais de 50% (verde) indica aceitação, entre 40% e 49% (amarelo) aponta para indiferença, e menos de 40% reflete rejeição (vermelho). Em geral, a MACT teve uma aceitação melhor em todos os atributos, notadamente em aroma e textura, enquanto a MACp registrou maiores índices de rejeição, especialmente nos atributos sabor e textura, com taxas de rejeição que tocam ou excedem limites críticos, conforme demonstra Figura 11.

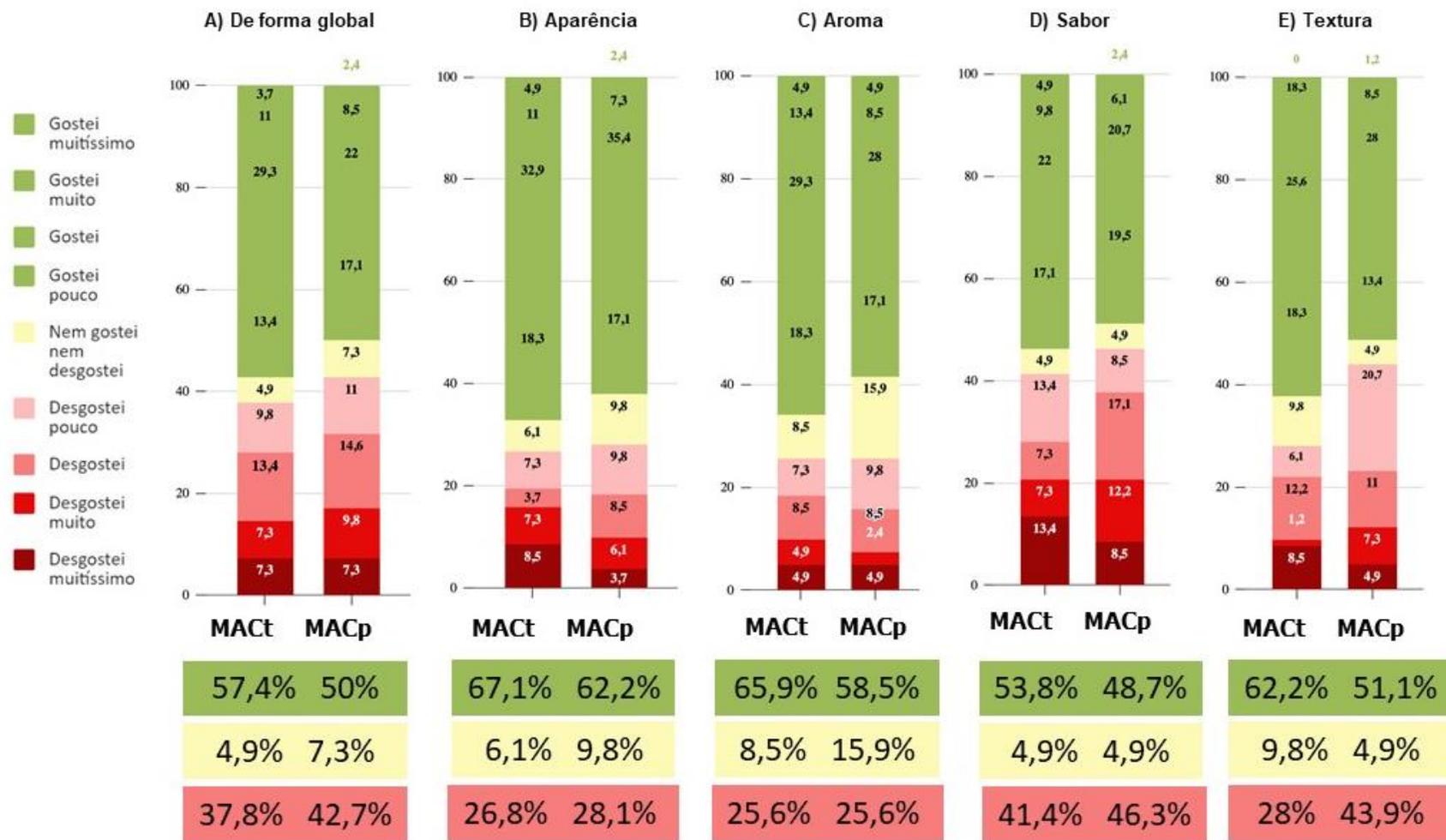


Figura 11. Escala hedônica de nove pontos para aceitação: dividido em aceitação (verde: 9-6), indiferença (amarelo: 5) e rejeição (vermelho: 4-1) ao avaliar MACT e MACp para os atributos: A) De forma Global; B) Aparência; C) aroma; D) sabor e E) textura.

Ao avaliar os pontos fortes, irrelevantes e fracos, podemos concluir que:

Pontos Fortes (Aceitação > 50% em verde):

- A aceitação global é o maior destaque da MACt com 57,4%, indicando que mais da metade dos avaliadores receberam o produto em todos os atributos positivamente.
- O aroma é consistentemente bem recebido em ambas as variantes, com a MACt alcançando 65,9% e a MACp com 58,5% de aceitação, revelando uma qualidade olfativa devido aos compostos voláteis dos condimentos que agradou significativamente aos consumidores.
- A textura se sobressai na MACt, tendo 62,2% de aprovação, enquanto a MACp teve 51%, o que reflete uma percepção positiva da sensação a crocância da proteína texturizada que mostrou ser um fator chave na escolha dos consumidores.

Pontos Irrelevantes (Rejeição ou Aceitação < 40% em amarelo):

- A indiferença para a aparência se mostra presente, com a MACt atingindo 18,3% e a MACp com 17,1%, sugerindo que a visualidade do produto não é decisiva para a impressão geral dos participantes.
- A indiferença em relação ao aroma também é observável, ainda que em menor escala, com 15,9% para a MACt e 8,5% para a MACp, o que pode indicar que, apesar de agradável, o aroma não é um diferencial marcante para o público.
- Quanto ao sabor e textura, os níveis de indiferença são moderados, sendo 17,1% e 13,4% respectivamente para o sabor das misturas MACt e MACp, e 9,8% e 4,9% para a textura, apontando que esses atributos não são fatores de destaque na experiência sensorial do produto.

Pontos Fracos (Rejeição > 40% em vermelho):

- O sabor da MACp é o ponto mais crítico, com 46,3% de rejeição, um indicativo preocupante que revela uma insatisfação quase pela metade dos avaliadores, e que exige uma revisão cuidadosa dos ingredientes ou do processo de preparação.
- A textura da MACp também é vista de forma negativa, com uma rejeição de 43,9%, mostrando que quase metade dos participantes não estão contentes com a consistência do produto,

o que pode influenciar diretamente a satisfação do consumidor e sua intenção de compra.

- A aparência, embora não ultrapasse a marca dos 40% de rejeição, apresenta um percentual igual para ambas as variantes (14,6%), o que sugere que melhorias visuais podem ser benéficas para tornar o produto mais atrativo aos olhos do consumidor.

Esses resultados sublinham a complexidade da aceitação de produtos alternativos à carne. Os produtos indicam que, embora os consumidores possam estar abertos a experimentar alternativas à carne, há uma forte preferência por sabores que se assemelham à carne tradicional. A pesquisa de Caputo et al. (2023) que testou hambúrgues híbridos de carne e proteínas alternativas percebeu também significativos pontos de divergência entre os critérios globais. Isso sugere que, para aumentar a aceitabilidade de alternativas à carne como as amostras MACs e MACt, é crucial equilibrar o sabor e a textura para atender às expectativas dos consumidores.

3.8.3. TESTE EM ESCALA DO IDEAL DE CINCO PONTOS PARA CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DA MISTURA ANÁLOGA A CARNE (MAC) COM O MÉTODO CATA (CHECK-ALL-THAT-APPLY)

Ao analisar a Figura 12 sobre o Biscoito de Banana com Girassol (BGB) nas versões mais espessa foi mostrado que:

Pontos Fortes:

- Suculência: A alta aceitação da suculência nos dois grupos, MACt (65%) e MACp (78%), aponta para uma qualidade notável na textura do produto, com uma particular satisfação mais expressiva no grupo MACp.
- Oleosidade: Tanto em MACt (61%) quanto em MACp (55%), a oleosidade está na medida ideal para a maioria dos consumidores, o que indica um bom equilíbrio no tratamento deste atributo sensorial.

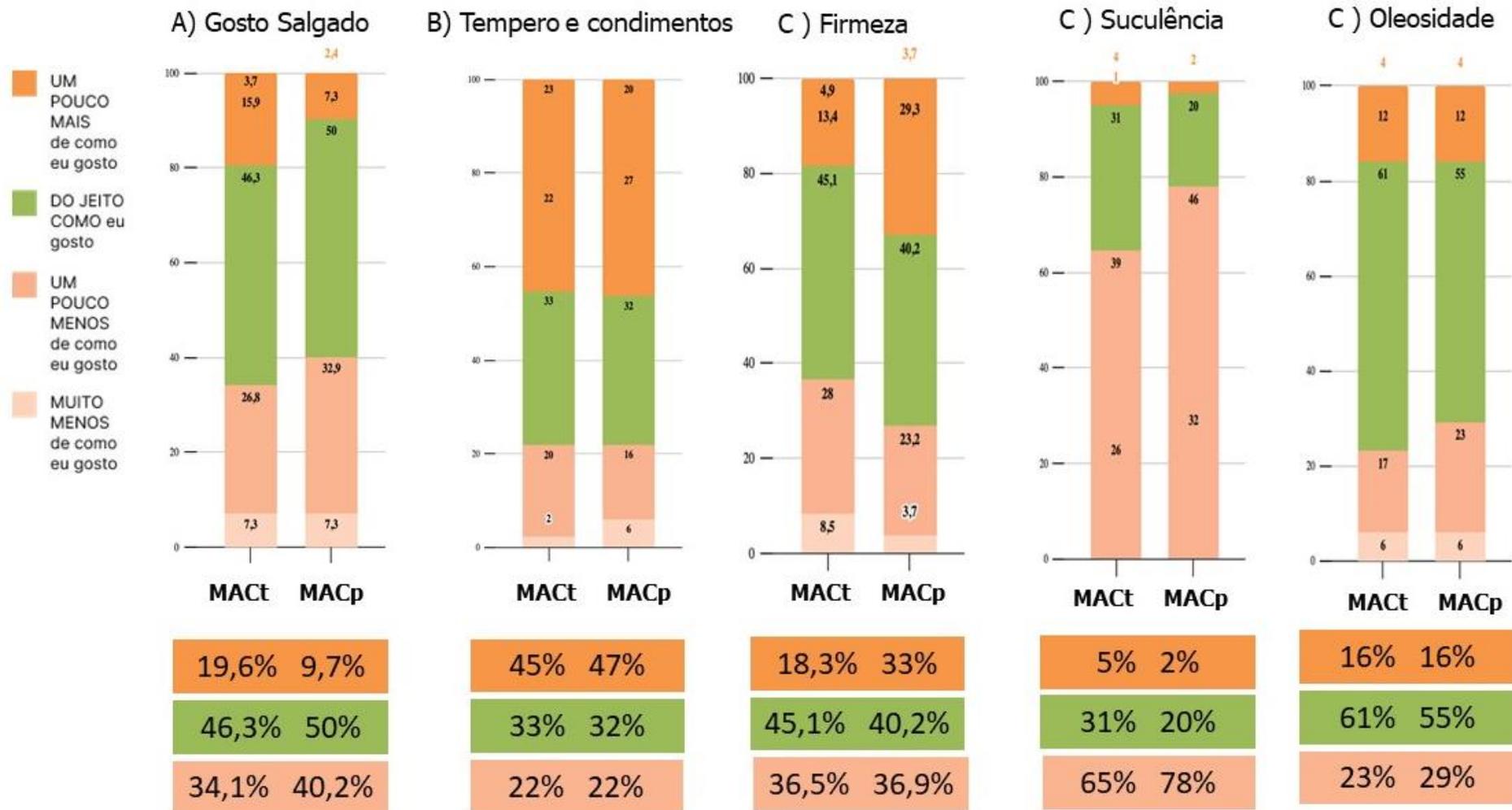


Figura 12 . Escala hedônica de nove pontos para aceitação: dividido em aceitação (verde: 9-6), indiferença (amarelo: 5) e rejeição (vermelho: 4-1) ao avaliar BGBe (espesso) e BGBf (fino) para os atributos: A) De forma Global; B) Aparência; C) aroma; D) sabor e E) textura.

Pontos Fracos:

- Gosto Salgado: O sabor salgado mostra-se um ponto de atenção, com 46,3% dos respondentes do MACt e 50% do MACp preferindo 'Um pouco mais do que eu gosto'. Isso sugere que um ajuste na quantidade de sal pode ser benéfico.
- Tempero e Condimentos: A proporção de consumidores que consideram o tempero 'Um pouco mais do que eu gosto' (45% no MACt e 47% no MACp) sinaliza uma oportunidade de refinamento na formulação dos condimentos.

Irrelevante:

- As menores porcentagens de respostas 'Um pouco menos do que eu gosto' e 'Muito menos do que eu gosto' sugerem que essas categorias são menos críticas na percepção geral do consumidor.

Análise Crítica:

Os resultados sugerem que, embora as amostras MACt e MACp se alinhem com as preferências dos consumidores em relação à suculência e oleosidade, elas enfrentam desafios quanto ao equilíbrio de sabor, em particular a salinidade e os condimentos. Este cenário ecoa a pesquisa de Jia et al. (2022), que realça a importância de ingredientes alternativos, como a farinha de girassol, na composição de análogos de carne, não só pelo perfil nutricional, mas também pelo potencial em oferecer um sabor suave que poderia beneficiar a percepção global dos produtos.

Considerando o fenômeno do "efeito da mera exposição" destacado por Methven et al. (2012), a estratégia de familiarização progressiva com produtos de baixo teor de sal parece promissora, mas deve ser abordada com cautela devido à complexidade em reduzir o teor de sal nos alimentos, conforme as pesquisas de Vinitha (2022) e Nurmilah et al. (2022) apontam. Essas estratégias devem ser multifacetadas, abrangendo as dimensões físicas, químicas e comportamentais.

A não adição de sal e o uso de levedura nutricional com sabor de carne, como mencionado, visam a redução de sódio e ressoam com as tendências de consumo saudável. No entanto, a necessidade de ajuste nos níveis de sal e condimentos é evidente, sugerindo que a experiência gustativa não está totalmente alinhada com as expectativas do consumidor. A pesquisa de Leshem e Shaul (2022) sugere que as preferências gustativas são moldadas pela dieta habitual de um indivíduo, indicando que ajustes no perfil de sabor da MACt podem ser necessários para atender às expectativas de grupos dietéticos específicos, como veganos, que podem preferir sabores mais doces.

Além disso, conforme Hardikar et al. (2017) indicam, a sensibilidade aos sabores doce e salgado pode variar entre indivíduos, influenciando como diferentes segmentos populacionais percebem o sabor do produto. Portanto, a formulação pode precisar ser adaptada não apenas para grupos com preferências dietéticas específicas, mas também considerando variações na sensibilidade gustativa.

Para avançar, é imperativo que pesquisas futuras explorem como as variações nos níveis de sal e condimentos afetam a aceitação do consumidor, buscando determinar o ponto ótimo de sabor que maximiza a satisfação. Caputo, Sogari e Van Loo (2023) e Sogari (2023) sublinham a complexidade do desenvolvimento de produtos alimentícios em um mercado em constante evolução, onde as expectativas dos consumidores desempenham um papel crítico na percepção do sabor. Esses estudos ressaltam que, mesmo em produtos alternativos à carne, o sabor que se aproxima ao da carne convencional tende a ser mais valorizado pelos consumidores, reforçando a importância de um perfil de sabor autêntico e agradável no sucesso de análogos de carne no mercado.

3.8.4. TESTE DE PREFERÊNCIA POR COMPARAÇÃO PAREADA PARA MISTURA ANÁLOGA A CARNE (MAC):

No teste de preferência, a amostra de mistura análoga à carne com girassol texturizado (MACt) foi escolhida por 44 participantes, enquanto a mistura análoga à carne com girassol em semente (MACs) foi preferida por 38. Considerando o total de 82 consumidores envolvidos no teste, seria necessário

que uma das amostras recebesse no mínimo 51 escolhas para estabelecer uma preferência significativa (com $p=0,05$). Assim, conclui-se que não há uma preferência significativa entre a MACt e a MACs. A seguir, são apresentados comentários dos avaliadores sobre a escolha da amostra que preferiram.

Comentário da Mistura Análoga a Carne (MAC):

Os comentários dos participantes sobre as amostras revelam uma diversidade de opiniões, ressaltando a necessidade de ajustes na formulação para satisfazer as expectativas de sabor e textura, conforme demonstra na Tabela 14.

A informação sobre como os ingredientes afetam a percepção e preferência dos consumidores, sugere que a comunicação efetiva dos benefícios nutricionais e qualidades sensoriais é essencial para aumentar a aceitação e o consumo (Caputo et al., 2023). Esta complexidade nas preferências é corroborada por Possidônio et al. (2021), que demonstram como atributos específicos de produtos alimentícios influenciam significativamente a percepção geral e a disposição para o consumo. Os autores descobriram que a fonte de proteína e a rotulagem indicativa de alto teor proteico moldam a percepção dos consumidores sobre aspectos como eco-amizade, naturalidade e saúde. Godschalk-Broers et al. (2022) exploram a aceitação de análogos de carne e descobrem que, apesar de algumas características texturais poderem ser vinculadas ao perfil sensorial, elas não explicam totalmente a preferência do consumidor. Aspectos como sabor de carne e suculência, não diretamente ligados às características de composição ou de textura são cruciais para a aceitabilidade.

Fiorentini et al. (2020) enfatizam a importância crítica da avaliação sensorial na aceitação de análogos de carne pelos consumidores. Os pesquisadores destacam que a combinação de análises sensoriais com avaliações instrumentais, como textura e cor, é essencial para refinar o produto. Integrar esses métodos de avaliação no desenvolvimento de produtos pode orientar eficazmente o processamento e a formulação. Assim, para otimizar esses produtos, os fabricantes devem ajustar a formulação para equilibrar temperos, melhorar textura e sabor, e aprimorar a apresentação visual. O feedback dos

consumidores, tanto positivo quanto negativo, é crucial para aprimorar os produtos alimentícios e garantir sua relevância no mercado competitivo

Tabela 14 - Comentários comparativos entre as amostras de mistura análoga à carne com girassol texturizado (MACt) e com girassol em semente (MACp)

Amostra	Categoria	Comentários	Quantidade
MACt	Positivos	Textura mais macia e succulenta	1
		Textura homogênea	1
		Sabor menos temperado, mais suave	1
		Melhor balanço de tempero	1
		Sabor mais agradável	1
	Negativos	Muito condimento	2
		Sabor não característico de hambúrguer	2
		Sabor residual desagradável	2
		Sabor muito forte	1
		Textura seca	1
		Textura esfarelada	1
		Pedacinhos duros	1
		Aparência não lembra hambúrguer	1
		Aroma artificial	1
		MACp	Positivos
Resistência na mastigação pela pepita de girassol	1		
Tempero gostoso	1		
Menos temperada, mais próxima ao hambúrguer	1		
Mais saborosa e menos salgada	1		
Negativos	Muito condimento		2
	Sabor de produto vegetal predominante		2
	Amargor		3
	Gosto de queimado		1
	Sabor forte e incômodo		1
	Sabor pouco característico		1
	Gosto residual forte		1
	Sabor adocicado indesejado		1
	Textura seca		3
	Textura quebradiça		1
Falta de succulência	2		
Aparência não parece hambúrguer	2		
Aparência amarela	1		
Retrogosto amargo	1		
Sensação arenosa	1		
Pouco sal	1		

3.8.5. CONCEITO DA MISTURA ANÁLOGA A CARNE (MAC):

Após avaliar as amostras, a preferência dos consumidores quanto ao formato do produto foi dividida entre kibe, escolhido por mais de 40 participantes, e croquete, preferido por 35 pessoas. Em relação aos acompanhamentos, a maioria optou por consumir os produtos com molhos ou com salada, com 42 e 39 consumidores escolhendo cada opção, respectivamente, conforme Figura 13.

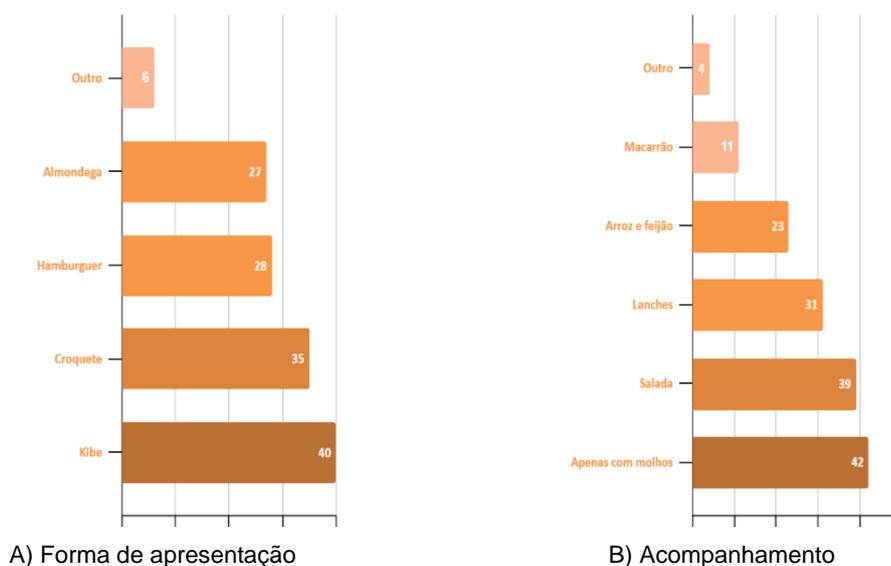


Figura 13. Números de citações referentes às questões sobre a melhor forma de apresentação do produto (a) e com qual acompanhamento consumiria (b).

Este conceito apresenta ao consumidor uma experiência sensorial, tanto em termos de sustentabilidade quanto no preparo culinário. Conforme destacado no estudo de Chen, P. J., e Antonelli, M. (2020), é essencial compreender as escolhas alimentares através de uma abordagem multidisciplinar, que integra variados fatores - desde sensoriais e cognitivos a socioculturais - em um amplo modelo conceitual. A flexibilidade do produto em ser modelado manualmente em formatos diversos, como hambúrgueres, quibes, almôndegas ou croquetes, enfatiza a relevância do envolvimento pessoal e afetivo no preparo dos alimentos. Esta adaptabilidade não apenas se harmoniza com diferentes tradições culinárias, mas também intensifica a conexão emocional dos consumidores com a culinária, promovendo a personalização e a criatividade.

Além disso, a importância do aspecto visual dos alimentos, significativamente influenciado pelo sentido da visão, é fundamental na experiência sensorial, afetando diretamente a percepção de sabor e qualidade. A pesquisa de Berčík et al. (2021) explora como o “design visual” e a apresentação dos alimentos moldam as percepções e preferências dos consumidores, utilizando métodos inovadores que combinam a neurociência e a análise sensorial visual. Paralelamente, os estudos sobre a impressão 3D de alimentos, como os de K. Handral et al. (2022), destacam um interesse crescente nesse campo, abrindo perspectivas para inovações futuras na apresentação e customização de alimentos. Este contexto reforça o potencial da Mistura Análoga a Carne com proteína de Girassol, estabelecendo uma intersecção entre tecnologia, tradição e experiência sensorial, e contribuindo para um futuro alimentar mais sustentável e adaptável às preferências individuais.

Os resultados indicam que a preferência por kibe e croquete pode ser influenciada por tendências culturais, hábitos alimentares, ou pela preferência por texturas e sabores específicos. A escolha frequente de molhos e saladas como acompanhamentos sugere que os consumidores valorizam a combinação de sabores intensos com frescor ou texturas complementares. Estas informações são valiosas para serviços de food service, fabricantes de alimentos e catering no planejamento de menus e produtos. Táticas como oferecer uma variedade de molhos ou opções de salada podem atrair clientes, e ao desenvolver novos produtos, considerar características que remetem à textura e sabor do kibe e do croquete pode ser benéfico. Além disso, a popularidade das saladas como acompanhamento sugere uma tendência dos consumidores em buscar opções mais saudáveis, informação relevante em mercados com crescente consciência sobre saúde e alimentação equilibrada.

Com relação ao conceito deste produto, 76,8% dos consumidores consideraram-no aceitável, sendo que a média ficou situada entre “gostei pouco” e “gostei moderadamente”. Na frequência de consumo, 45,1% declara que consumiria raramente e 12,2% relatou que o consumiria pelo menos uma vez por semana e 11,0% entre 1 ou 2 vezes ao mês, conforme a Figura 14.

Considerando que o produto é uma novidade no mercado, é natural que haja inicialmente uma baixa adesão de consumo. Para impulsionar o aumento do consumo, seria essencial estabelecer um hábito de consumo entre os novos

consumidores e comunicar os apelos nutricionais e sustentáveis, além de implementar estratégias de marketing e programas de incentivo (Lacy-Nichols, Hattersley e Scrinis, 2021).

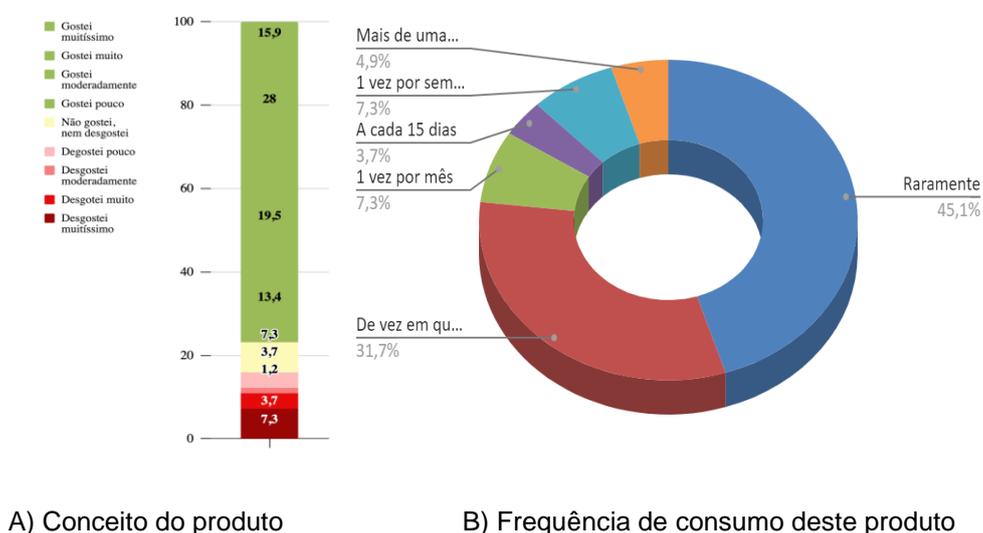


Figura 14. Porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição para a aceitabilidade quanto ao conceito do produto (a) e frequência de consumo deste produto (b).

Considerações sobre versatilidade do preparo

A versatilidade da Mistura Análoga à Carne com Girassol (MAC) é destacada pela sua capacidade de ser moldada em diversas formas culinárias, como hambúrgueres, quibes, almôndegas e croquetes. Essa adaptabilidade é crucial, pois permite aos consumidores flexibilidade e personalização do produto de acordo com suas preferências e necessidades específicas. Além disso, a possibilidade de modelar a MAC em diferentes formatos enriquece a experiência sensorial do consumidor, desde a fase de preparação até o momento do consumo, conforme a Figura 15 demonstra.

A ativação olfativa durante a preparação das variantes da MAC é influenciada pelos ingredientes como tomate em pó e farinha de girassol durante a experiência de preparo. A mistura de óleos na base em pó pode criar uma sinergia olfativa notável como também na mistura formando uma textura tátil

durante o preparo, aspecto que Puttha (2023) sugere como relevante, onde a água pode influenciar a liberação de aromas.

O aspecto da modelagem dos alimentos é realçado por Zampolho (2016), que identifica o design food como um fator que afeta diretamente a experiência do consumidor. Diferentes formas de alimentos podem influenciar a percepção e a satisfação, indicando que o design alimentar é uma área significativa para pesquisa e desenvolvimento de produtos.

No cenário atual, a indústria alimentícia reconhece a importância de atender às expectativas dos consumidores por produtos “*plant-based*” que combinem saúde, sabor e experiência nas qualidades sensoriais, conforme destacado por Moss (2023). Portanto, a modelagem da MAC não é apenas uma questão de versatilidade culinária, mas também um elemento estratégico para atender às demandas de um mercado global que valoriza tanto a nutrição quanto a sustentabilidade. A investigação contínua sobre como essas características podem ser otimizadas para melhorar a experiência alimentar é essencial para o avanço do setor alimentício.

Como considerações Finais para Mistura Análoga a Carne (MAC), o teste sensorial, ambas as formulações, Mistura Análoga à Carne com Girassol Texturizado (MACT) e Mistura Análoga à Carne com Girassol em Semente (MACs), tiveram uma aceitação global, de aroma e sabor, de pelo menos 48,7%. Em relação à textura, a MACT, que contém proteína extrudada, foi melhor aceita e considerada mais próxima do ideal em termos de suculência ($p < 0,05$), com uma aceitação do conceito de 76,8%. A proteína proveniente da farinha de girassol demonstra potencial para uso em produtos livres de proteína animal, graças à sua rica matriz nutricional e sabor suave.

A avaliação geral do produto é positiva, indicando uma aceitação significativa do conceito e das características sensoriais. No entanto, há espaço para melhorias, visto que menos da metade dos consumidores o aceitou de forma global. A frequência de consumo prevista é baixa, sugerindo que, embora o produto seja aceitável, ele pode não ser frequentemente escolhido para consumo regular. Isso pode indicar uma preferência por variedade ou a percepção de que o produto é mais adequado para ocasiões específicas.

A aceitação do produto como uma alternativa rica em proteínas e similar à carne sugere um nicho de mercado para consumidores interessados em fontes

alternativas de proteínas. O uso de proteínas de girassol pode ser um diferencial atraente para aqueles que procuram opções sustentáveis e livres de proteína animal.



Figura 15. Variações no processo de moldagem da Mistura Análoga a Carne (MAC) em hambúrguer e almôndegas. **Fonte:** Imagens produzidas pelos autores e a edição utilizou o software figma.

3.8.3. ACEITABILIDADE DO BISCOITO DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

O desenvolvimento do Biscoito de Girassol com Banana (BGB) está alinhado aos princípios emergentes da economia circular, enfatizados por Hadidi, Aghababaei e McClements (2023), que buscam valorizar resíduos e subprodutos na criação de novos produtos. A aplicação desses princípios é ilustrada pelo uso da farinha proteica de girassol e bananas maduras, fora de tipo para consumo, que seriam descartadas, integrando-as ao processo produtivo do BGB. Esse processo não apenas reduz o desperdício, mas também otimiza o uso de recursos, uma preocupação central nas discussões de Retraru et al. (2021), Putty et al. (2023) e Ancuta e Sonia (2021), que examinam as complexidades da economia circular na indústria alimentícia.

A escolha do girassol como ingrediente, conforme destacado por Adeleke e Babalola (2020), transcende o valor econômico, pois a torta de girassol, um subproduto da indústria do óleo, possui potencial nutricional que está sendo reconhecido para além do seu tradicional uso na alimentação animal. Este potencial é reforçado pela pesquisa de Zorzi et al. (2020), que aponta para a adequação da farinha de girassol em formulações sem glúten, uma necessidade crescente evidenciada por Xu et al. (2020) devido ao aumento de diagnósticos de doença celíaca.

O emprego de ingredientes como a banana e o cacau reflete uma abordagem de agroecologia e práticas sustentáveis. Dassoul (2023) indica que o cultivo de bananas em sistemas agroflorestais não só apoia a biodiversidade como melhora a saúde do solo. De maneira similar, a diversificação de culturas com girassol pode enriquecer o solo e controlar pragas, uma estratégia sustentável abordada por Abdoussalami et al. (2023). Suh e Molua (2022) apontam que o cultivo de cacau sob essas práticas fortalece a conservação do solo e a biodiversidade, promovendo a agricultura familiar e práticas éticas na produção de cacau.

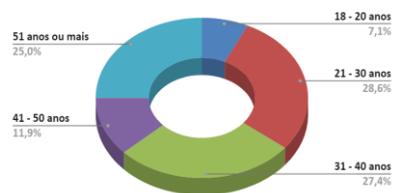
Tem sido observado um interesse crescente por alimentos sustentáveis e nutricionalmente balanceados, especialmente entre os jovens adultos (Liu et al., 2023). A essa discussão pode ser ainda enfatizado a importância da acessibilidade alimentar, onde as escolhas alimentares são mais influenciadas pelas preferências e demandas individuais do que pela mera disponibilidade de

alimentos saudáveis (Allcott et al. ,2019). Isso ressalta a necessidade de informar e educar os consumidores sobre as vantagens do BGB não apenas como um produto nutricionalmente adequado, mas também como uma escolha sustentável e ética, um aspecto ressaltado por Sánchez-Bravo (2021) e Van Bussel (2022).

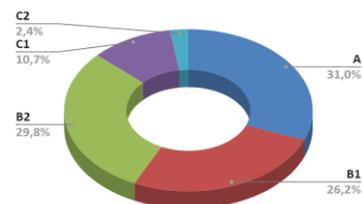
3.8.3.1 CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO RECRUTADO PARA O TESTE PARA BISCOITO DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

Figura 16 detalha as características dos consumidores que participaram do estudo, mostrando uma distribuição variada em termos de idade e classe social. A faixa etária mais representada, os jovens adultos, e a distribuição equitativa entre as classes médias, sugerem que o BGB tem um apelo amplo, mas que pode ser particularmente atraente para consumidores com um estilo de vida ativo e consciente das questões ambientais. Kumar et al. (2023) defendem que campanhas educativas podem ser cruciais para modificar percepções e incentivar escolhas alimentares mais sustentáveis.

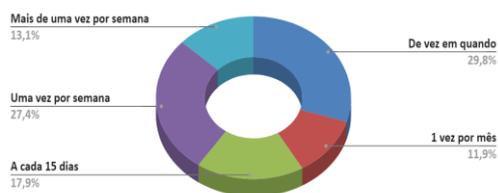
Portanto, ao analisar o consumo de biscoitos doces e doces proteicos (Figura 16), vemos que o BGB poderia se beneficiar de estratégias de marketing que ressaltam seus atributos nutricionais e sua contribuição para um estilo de vida saudável. A tendência de consumo ocasional de doces proteicos sugere que há espaço para aumentar a frequência de consumo por meio de estratégias educativas que realcem o valor agregado de produtos como o BGB, que alinham nutrição e sustentabilidade. Isso reflete uma convergência entre os interesses dos consumidores e os princípios de uma economia circular e sustentável na indústria alimentícia.



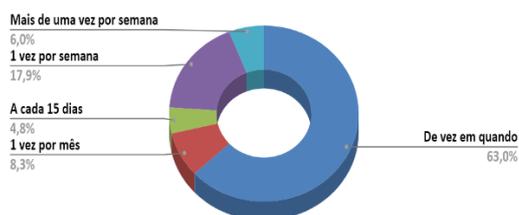
A) Características do grupo de consumidores recrutados quanto à faixa etária



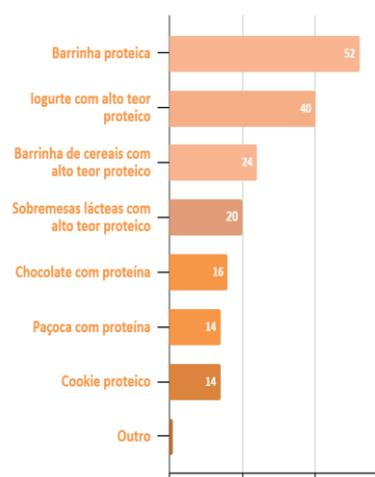
B) Classes Social



C) Frequência de consumo de biscoitos doces



E) Frequência de consumo destes doces proteicos



D) Quais os doces proteicos consumidos

Figura 16. Características do grupo de consumidores recrutados quanto à faixa etária (a), classe social (b), frequência de consumo de biscoitos doces (c), quais os doces proteicos consumidos (d) e a frequência de consumo destes doces proteicos (e).

3.8.3.2. ESCALA HEDÔNICA DE NOVE PONTOS PARA ACEITABILIDADE GERAL PARA BISCOITO DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

Os dados do Tabela 15 mostram as médias de aceitabilidade geral das amostras biscoito de girassol com banana espesso (BGB_e) e biscoito de girassol com banana fino

(BGBf), abrangendo aspectos como aparência, aroma, sabor e textura. Na avaliação global, ambas as amostras tiveram desempenho similar, com médias próximas a 'gostei pouco'. Em relação à aparência, tanto o BGBe quanto o BGBf tiveram resultados comparáveis, variando de 'desgostei pouco' a 'indiferente'. Quanto ao aroma e sabor, as médias se situaram entre 'gostei pouco' e 'gostei moderadamente'. No quesito textura, o BGBf se destacou com uma aceitação significativamente maior ($p < 0,05$), aproximando-se de 'gostei pouco', enquanto o BGBe ficou entre 'desgostei pouco' e 'indiferente'.

Tabela 15. Resultados obtidos na avaliação da aceitabilidade das amostras: biscoito de girassol com banana espesso (BGBe) biscoito de girassol com banana fino (BGBf)

Aceitabilidade¹	BGBe²	BGBf³	D.M.S.⁴
Forma global	5.9 (2.0)	6.1 (1.9)	0,4
Aparência	4.5 (2.1)	4.3 (2.0)	0,3
Aroma	6.5 (1.3)	6.3 (1.5)	0,4
Sabor	6.7 (1.5)	6.7 (1.4)	0,4
Textura	4.6 (2.2) b	5.8 (2.4) a	0,5

¹ Resultados expressos como média (desvio-padrão) de 84 avaliações. Para cada atributo, médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si ao nível de erro de 5% pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

² Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe). ³ Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf). ⁴ D.M.S. – Diferença mínima significativa entre as médias para o teste de Tukey.

Na Figura 17 é apresentada os valores comparativos entre os gráficos da aceitabilidade das amostras do Biscoito de Girassol com Banana (BGB), onde as porcentagens relativas à aceitação, indiferença e rejeição, correlacionadas aos atributos sensoriais entre as amostras de biscoitos BGBe e BGBf, avaliados por meio de uma escala hedônica. Os tons de verde ilustram a aceitação (pontuações entre 9 e 6), o amarelo representa a indiferença (pontuação 5) e o vermelho denota rejeição (pontuações entre 4 e 1).

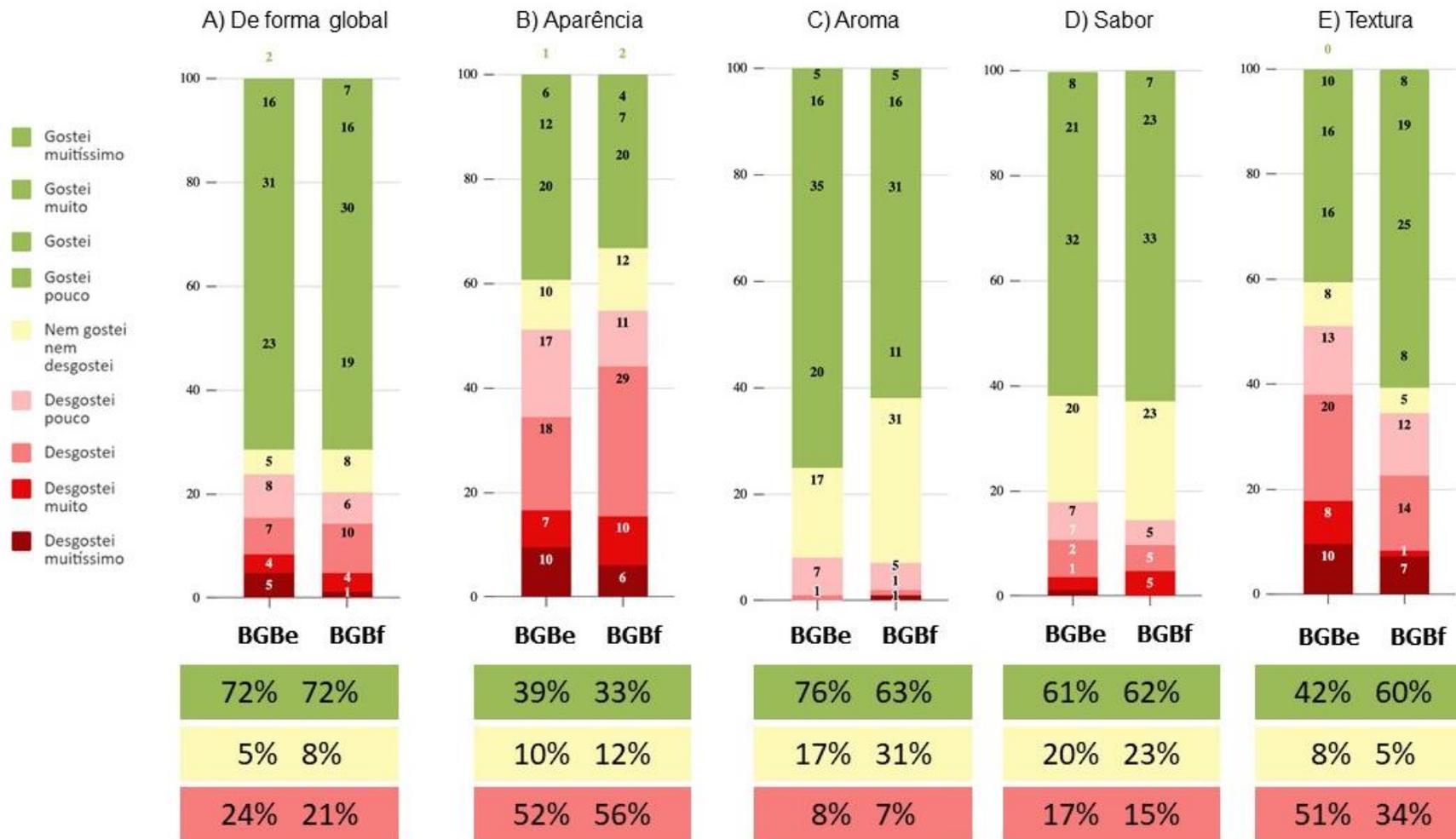


Figura 17. Escala hedônica de nove pontos para aceitação: dividido em aceitação (verde: 9-6), indiferença (amarelo: 5) e rejeição (vermelho: 4-1) ao avaliar BGBe (espesso) e BGBf (fino) para os atributos : A) De forma Global; B) Aparência; C) aroma; D) sabor e E) textura.

Ao analisar sobre o Biscoito de Banana com Girassol (BGB) nas versões mais espessa (BBGe) e mais fina (BBGf) os resultados revelaram importantes observações que concerne a aceitação do produto:

Pontos Fortes (Aceitação > 50% em verde):

- Aceitação Global: Tanto o BBGe quanto o BBGf destacam-se com uma aceitação global de 72%, indicando que uma expressiva maioria dos avaliadores recebeu bem o produto em todos os aspectos.
- Aroma: O BBGe tem um aroma particularmente bem recebido, com uma aceitação de 76%, enquanto o BBGf também performou bem com 63%, o que pode ser atribuído aos compostos aromáticos agradáveis da banana e girassol.
- Sabor: O sabor do BBGe é outro ponto forte, com uma aceitação de 61%, refletindo a preferência dos consumidores pela combinação gustativa de banana e girassol nesta variante mais espessa.

Pontos Irrelevantes (Rejeição ou Aceitação < 40% em amarelo):

- Aparência: A indiferença marcada pela aceitação de 39% para BBGe e 33% para BBGf sugere que a aparência dos biscoitos não é um critério decisivo para a avaliação dos consumidores.
- Sabor: Nota-se um nível de indiferença de 23% para o BBGf, indicando que o perfil de sabor desta variante não foi particularmente memorável para um segmento dos avaliadores.

Pontos Fracos (Rejeição > 50% em vermelho):

- Aparência: A aparência dos biscoitos representa um ponto fraco significativo, com 52% de rejeição para BBGe e 56% para BBGf, ressaltando a necessidade de melhorias estéticas.
- Textura: A textura do BBGe também é um ponto fraco com 51% de rejeição, um claro indicativo de que a sensação no paladar não está alinhada com as preferências dos avaliadores nesta versão mais espessa.

Estes resultados destacam os desafios na formulação de produtos alimentícios inovadores como os biscoitos BBGe e BBGf. A aceitação de produtos alternativos como estes está intricadamente ligada à harmonia entre sabor, aroma e textura. Estes dados sugerem que para aprimorar a aceitabilidade de alternativas inovadoras no mercado, é fundamental atender às expectativas sensoriais dos consumidores, particularmente no que tange ao sabor e textura, que são críticos para a satisfação e a intenção de compra.

3.8.3.3. ESCALA DO IDEAL DE CINCO PONTOS PARA CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO BISCOITO DE BANANA COM GIRASSOL (BGB) COM O MÉTODO CATA (*CHECK-ALL-THAT-APPLY*).

A Figura 18 mostra a distribuição das classificações dos consumidores em relação aos vários atributos dos biscoitos Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe) e Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf). As classificações são categorizadas como 'acima do ideal' (valores 5 e 4), 'ideal' (valor 3) e 'abaixo do ideal' (valores 2 e 1), abrangendo aspectos como doçura, sabor de banana, cacau, canela, consistência em termos de dureza e crocância, além dos resultados da Análise de Penalidades. Conforme Varela e Ares (2014), 20% das respostas fora do ideal para um atributo específico podem indicar a necessidade de melhorias. Neste estudo, foi utilizado um limiar de 25% para identificar áreas que requerem aprimoramento.

Analisando a Figura 18 fornecida sobre o produto nas versões, podemos discernir os seguintes pontos:

Pontos Fortes:

- Doçura: Há uma similaridade na percepção de doçura entre as duas versões, com 63% dos consumidores satisfeitos para ambos BGBt e BGBf, indicando um acerto na intensidade desse atributo sensorial.
- Sabor de Banana: O sabor de banana é igualmente bem-recebido em ambas as versões, com 63% para BGBt e 68% para BGBf reportando estar 'Do jeito que eu gosto', revelando uma consistência louvável no perfil de sabor.

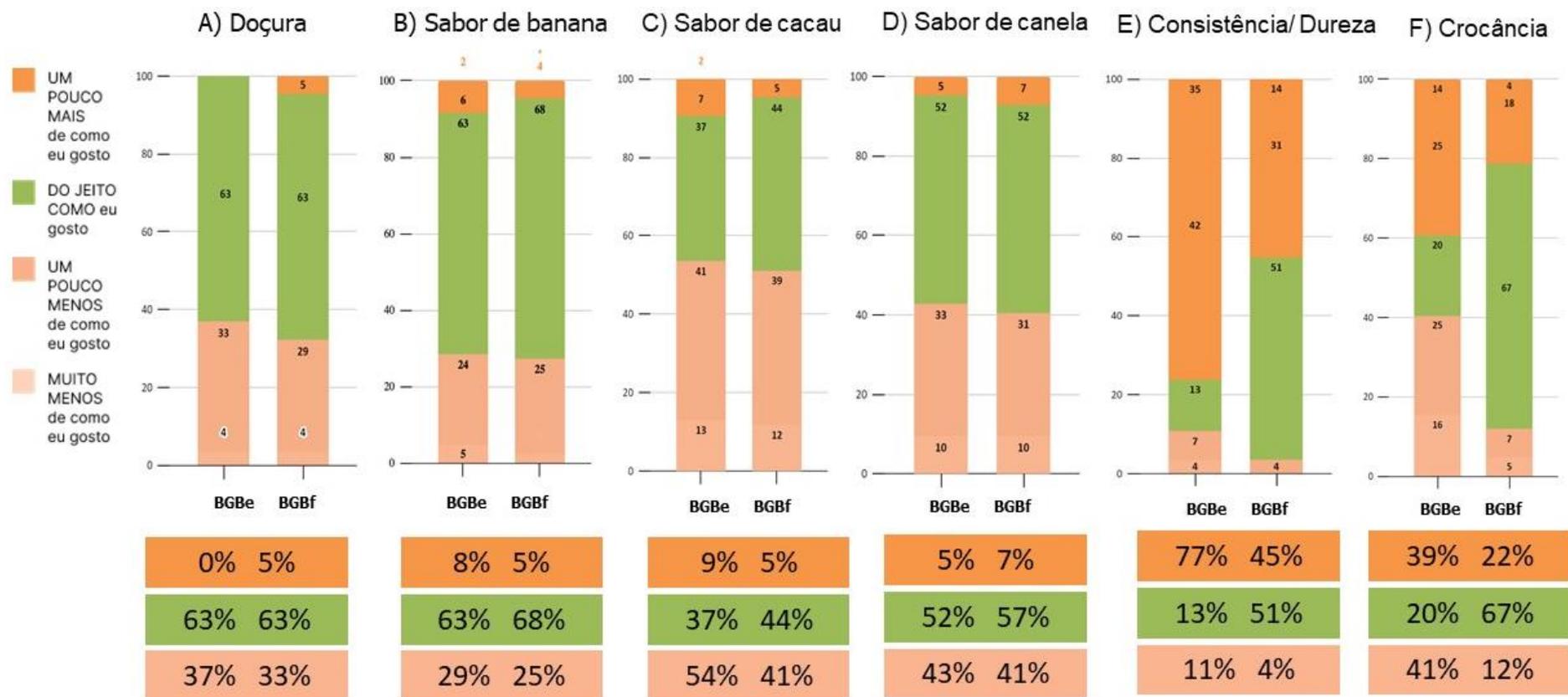


Figura 18. Escala hedônica de nove pontos para aceitação: dividido em aceitação (verde: 9-6), indiferença (amarelo: 5) e rejeição (vermelho: 4-1) ao avaliar BGBe (espesso) e BGBf (fino) para os atributos: A) De forma Global; B) Sabor de Banana; C) Sabor de Cacau; D) Sabor de Canela e E) Crocância.

Pontos Fracos:

- Sabor de Cacau: Em contraste, o sabor de cacau mostra uma disparidade, com 41% em BGBt e 37% em BGBf preferindo 'Um pouco mais do que eu gosto', apontando para uma necessidade de aprimoramento neste sabor específico nas duas versões do produto.
- Consistência/Dureza: Há uma divergência notável em relação à consistência/dureza; enquanto 51% dos consumidores estão contentes com a consistência de BGBf, uma quantidade considerável (35%) de consumidores do BGBt deseja 'Um pouco mais do que eu gosto', sugerindo uma demanda por uma textura mais firme nesta versão.

Irrelevante:

- Os valores baixos para "um pouco mais do que eu gosto", em ambas as amostras, em relação à doçura, ao sabor de banana, canela e cacau, não necessariamente indicam que o produto deva ter sabores mais acentuados destes componentes. A harmonia entre os sabores, somada ao da farinha de girassol, cria um perfil gustativo único. Para estes parâmetros, a margem de aceitação ("do jeito que eu gosto") foi maior do que a margem de rejeição ("um pouco" e "muito menos do que eu gosto").
- A presença mínima de respostas nos extremos 'Um pouco menos do que eu gosto' e 'Muito menos do que eu gosto' nas duas amostras sugere que estes não são aspectos críticos para os consumidores e não demandam atenção imediata.

Análise Crítica:

As duas amostras, BGBt e BGBf, demonstram pontos de força semelhantes em termos de doçura e sabor de banana, sinalizando acertos na formulação desses atributos. Entretanto, a percepção menos favorável do sabor

de cacau em ambas as versões ressalta uma área de melhoria potencial, onde um aumento na intensidade desse sabor pode melhor atender às expectativas dos consumidores. A inconsistência na dureza entre BGBt e BGBf destaca a necessidade de uma avaliação cuidadosa para alcançar a textura desejada, sugerindo que a versão mais firme, BGBt, poderia ser ajustada para uma maior aceitação. Um aprofundamento nas preferências de textura dos consumidores e a realização de testes sensoriais adicionais são recomendados para afinar estes aspectos e aprimorar a aceitação do produto. A adaptação das fórmulas, considerando a variação nas respostas para ambas as amostras, poderá resultar em um perfil sensorial que melhor corresponda ao paladar do consumidor no dinâmico mercado alimentício atual.

Check-All-That-Apply (CATA)

O Tabela 16 apresenta as características de textura do Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe) e do Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf), avaliadas por meio do método Check-All-That-Apply (CATA). Foi observado que ambas as amostras foram descritas como quebradiças e com tendência a grudar nos dentes. A diferença mais marcante, identificada por mais de 40% dos consumidores, é que o BGBf foi percebido como significativamente mais crocante, mais leve e menos duro que o BGBe. Outras diferenças, notadas por menos de 40% dos consumidores, incluem que o BGBe foi considerado mais úmido, mais borrachento, mais pesado e menos liso em comparação com o BGBf. Os descritores: macio, arenoso/ farinhento, aerado, amanteigado e oleoso foram excluídos desta tabela por terem sido usados por menos de 10% dos consumidores.

De maneira geral, observando-se a maior aceitação da BGBf, pode-se deduzir que sua textura mais fina contribui para uma quebra mais fácil e maior crocância, além de apresentar uma superfície mais lisa em comparação à BGBe, que recebeu comentários perceptíveis por ser mais espessa. A BGBe tendeu a grudar mais nos dentes, apresentou-se mais dura e pesada. Além disso, a reologia do produto muda, indicando que a BGBe adquire uma consistência mais murcha, borrachenta e pesada, conforme apresenta a Tabela 16.

Tabela 16 - Avaliação CATA referente às características de textura das amostras

Atributos	BGBe	BGBf
Características citadas por mais de 40% dos consumidores		
Quebradiço	28,6	40,5
Gruda nos dentes	58,3	48,8
Crocante	46,4 a	79,8 b
Duro	73,8 b	44,0 a
Leve	27,4 a	47,6 b
Características citadas por menos de 40% dos consumidores		
Murcho	19,0 b	6,0 a
Borrachento	20,2 b	4,8 a
Liso	15,5 a	27,4 b
Pesado	17,9 b	3,6 a

3.8.3.4. TESTE DE PREFERÊNCIA (COMPARAÇÃO PAREADA) DOS BISCOITOS DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

No teste de preferência, dos 84 consumidores participantes, 52 escolheram o Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf), enquanto 32 preferiram o Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe). Levando em conta o total de 84 consumidores, é necessário que uma amostra receba 52 respostas favoráveis para ser considerada significativamente preferida em comparação à outra ($p=0,05$). Assim, pode-se concluir que o BGBf foi significativamente mais preferido que o BGBe, com um nível de confiança de 5%. As justificativas para essa preferência, segundo os consumidores, são descritas a seguir na Tabela 17.

As respostas coletadas sobre o Biscoito de Girassol com Banana Espesso (BGBe) e o Biscoito de Girassol com Banana Fino (BGBf) fornecem visões importantes sobre as preferências e percepções dos consumidores em relação a diversos aspectos dos biscoitos.

Tabela 17. Comentários comparativos entre as amostras dos biscoitos de girassol com banana (BGB)

Amostra	Categoria	Comentários	Quantidade	
BGBe	Positivos - Sabor	Sabor da BGBe mais agradável	2	
		Sabor de banana mais pronunciado	1	
		Sabor mais acentuado de banana + canela	1	
		Total de menções	4	
	Positivos - Crocância	Melhor crocância	1	
		Mais crocante	3	
		Total de menções	4	
	Positivos - Textura	Textura muito mais agradável	1	
		Biscoito menos duro ao morder	1	
		Total de menções	2	
	Positivos - Outros	Mais doce	2	
		Aroma de banana	1	
		Total de menções	3	
	Negativos	Muito duro	5	
		Aparência desagradável	3	
		Gruda nos dentes	3	
		Sabor amargo	2	
		Crocância	9	
	BGBf	Positivos - Crocância	É mais crocante	3
			Bem leve e crocante	1
Crocância e textura ideais			1	
Mais leve, crocante			1	
Aroma de banana, espessura e mais crocante que duro			1	
Mais crocante e saboroso			2	
Amostra mais crocante			1	
Total de menções			21	
Positivos - Sabor			Sabor de banana e canela	2
			Sabor mais equilibrado	2
		Sabor e crocância	2	
		Mais saboroso	3	
		Sabor mais intenso de banana	1	
		Sabor mais marcante	1	
		Total de menções	11	
Positivos - Textura		Textura e sabor	2	
		Melhor textura (menos dura ao morder)	1	
		Textura mais agradável	1	
Total de menções		4		
Positivos - Outros		Menos dura	5	
	Aparência	2		
	Leveza	3		
	Espessura boa	1		
	Total de menções	11		
Negativos	Não identificado	-		

Para o BGBe, os comentários positivos se concentraram em quatro categorias principais: sabor, crocância, textura e outros atributos. O sabor foi elogiado pela agradabilidade e pela presença marcante de banana e canela, evidenciando que os elementos de sabor são distintivos e apreciados. A crocância também foi um ponto forte, com diversas menções, destacando que a textura crocante é um atributo desejável. A textura geral do biscoito, além da crocância, teve poucas menções positivas, sugerindo margem para melhoria. Outros aspectos positivos incluíram doçura e aroma de banana, mas foram menos citados.

No entanto, o BGBe recebeu críticas significativas, particularmente por ser "muito duro", ter "aparência desagradável", "grudar nos dentes" e apresentar "sabor amargo". Estes comentários negativos são relevantes, apontando problemas que podem impactar a aceitação do produto e que necessitam de atenção no desenvolvimento.

Por outro lado, o BGBf teve uma recepção mais positiva, especialmente em relação à crocância, com várias menções elogiosas. A crocância foi realçada como ideal e associada à leveza do biscoito, um diferencial apreciado pelos consumidores. O sabor também foi bem avaliado, com comentários sobre equilíbrio e intensidade, em especial dos sabores de banana e canela. A textura foi elogiada por ser menos dura, indicando uma preferência por uma textura resistente, mas não excessivamente dura. Outros aspectos positivos incluíram aparência e leveza do biscoito, bem como uma espessura adequada.

Não foram registrados comentários negativos significativos para o BGBf, sugerindo uma aceitação mais ampla dessa versão do produto ou limitações na coleta de feedbacks críticos.

Em síntese, o BGBf parece ter uma vantagem em termos de aceitação sensorial, com destaque para a crocância e o equilíbrio do sabor. O BGBe, apesar de possuir pontos fortes em sabor e crocância, enfrenta desafios relacionados à dureza e aparência, que podem ser cruciais para a preferência do consumidor. Esses feedbacks são valiosos para direcionar melhorias e ajustes nos produtos, visando aprimorar sua aceitação no mercado.

3.8.3.5. CONCEITO DO BISCOITO DE GIRASSOL COM BANANA (BGB)

Depois de experimentar as amostras, uma maioria significativa dos consumidores, mais de 50%, identificou o produto como Lascas de Biscoito. A maior parte deles, 90%, recomendou seu consumo como um snack, preferencialmente durante o dia. Mais de 40% sugeriram consumi-lo em torno de atividades físicas ou no café da manhã. Quanto ao acompanhamento, as opiniões variaram, indicando uma ampla gama de combinações agradáveis, desde frutas e sorvete até café, leite ou chá.

Os gráficos da figura 19 apresentados fornecem informações sobre a identidade percebida do biscoito desidratado de girassol com banana, os momentos de consumo preferidos e as combinações de alimentos escolhidas pelos consumidores.

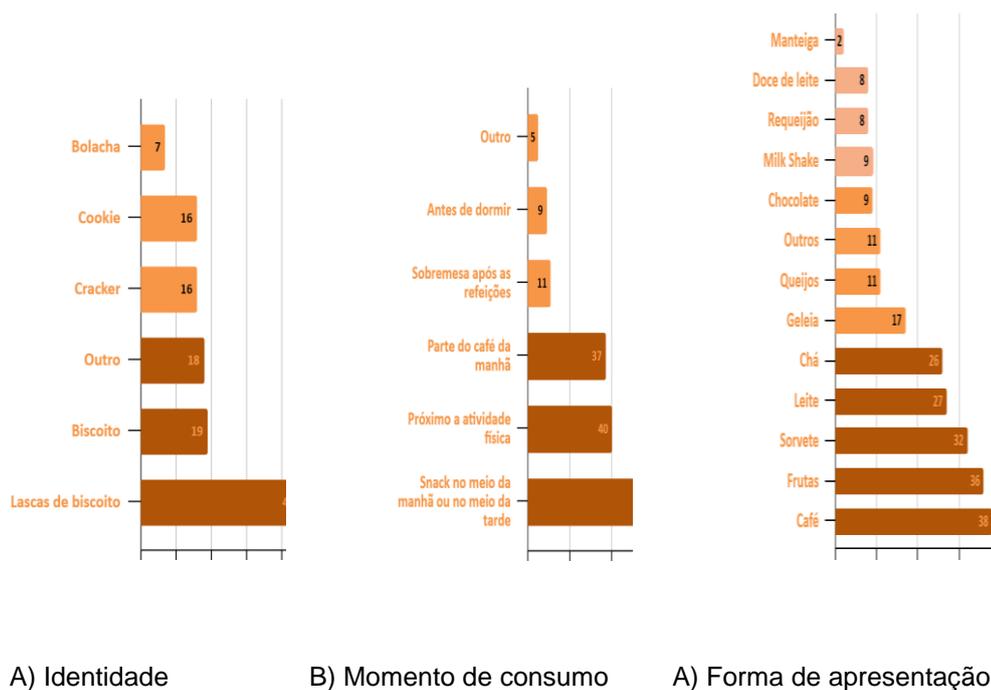


Figura 19. Números de citações referentes às questões sobre identidade (a), melhor momento de consumo do dia (b) e com qual acompanhamento (c).

Começando pela Identidade do produto, a denominação "Lascas de biscoito" foi a mais reconhecida, com 45 menções, o que indica uma preferência clara pela identificação do produto como tal, talvez devido à sua textura ou formato. As categorias "Biscoito" e "Outro" também foram mencionadas com frequências similares (19 e 18 respectivamente), enquanto "Bolacha" teve a menor associação, com 7 menções. Isso pode refletir a percepção do produto como algo diferenciado dos biscoitos e bolachas tradicionais disponíveis no mercado.

Em relação ao Momento de Consumo, a preferência por consumir o biscoito como "Snack no meio da manhã ou no meio da tarde" foi esmagadora, com 76 menções, sugerindo que o produto é idealizado como um lanche entre as refeições principais. O consumo como "Parte do café da manhã" e "Próximo a atividade física" também foram bem considerados (37 e 40 menções respectivamente), indicando que o biscoito é visto como uma opção energética para começar o dia ou para fornecer um impulso energético antes do exercício.

Quanto à Forma de Apresentação, os dados mostram que o biscoito é comumente acompanhado de "Café" e "Frutas", com 38 e 36 menções, respectivamente, sugerindo que o produto pode ser visto como um complemento para uma pausa para o café ou como parte de um lanche saudável. "Sorvete" e "Leite" também são combinações populares (32 e 27 menções), o que pode indicar a versatilidade do biscoito em se adaptar tanto a contextos mais indulgentes quanto a situações cotidianas mais simples.

Os resultados indicam que os Biscoitos de Girassol com Banana (BGB) são percebidos como um lanche versátil e conveniente, ideal para diversas ocasiões. Os snacks são bem aceitos como um alimento energético e podem ser estrategicamente posicionados no mercado como uma opção de lanche saudável e sustentável, compatível com uma variedade de bebidas e alimentos. A ênfase na sustentabilidade e no uso de ingredientes da economia circular pode aumentar o valor e o apelo do produto, especialmente entre consumidores conscientes. Esta análise pode orientar decisões de marketing e desenvolvimento de produto para maximizar o potencial de mercado do biscoito, incluindo o conceito de desidratação.

A técnica de desidratação em baixas temperaturas, que não ultrapassam 45°C, é um método que oferece vantagens notáveis para a conservação de alimentos. Conforme evidenciado por Rezvankhah e colaboradores (2020), esse processo não só aprimora a segurança e a estabilidade dos alimentos, mas também prolonga sua vida útil ao diminuir a umidade, o que inibe o crescimento de microrganismos e previne reações químicas que poderiam ser danosas. Além disso, Chitrakar e Adhikari (2019) ressaltam que os alimentos desidratados são mais leves e fáceis de transportar, o que simplifica a logística e reduz custos, tornando-os particularmente convenientes e práticos.

Além dos benefícios logísticos, a desidratação se destaca por seu potencial em promover a sustentabilidade. Esta técnica permite a reutilização de resíduos alimentares, diminuindo o desperdício e apoiando práticas ambientalmente responsáveis. No que diz respeito à inovação, a desidratação é fundamental na tecnologia de impressão 3D de alimentos, conforme LIU (2023) destaca, pois influencia a forma e a textura dos produtos alimentícios e abre novas possibilidades para o design e a personalização. Isso inclui a produção de alimentos funcionais e com propriedades medicinais, mantendo os componentes benéficos que contribuem para a saúde do consumidor.

A aplicação dessa técnica no Biscoito de Girassol com Banana (BGB) é particularmente relevante devido às preocupações relacionadas ao aquecimento de alimentos em altas temperaturas. Substâncias como a acrilamida, que se formam em alimentos ricos em amido durante o cozimento a altas temperaturas e que têm recebido atenção crescente por suas implicações à saúde (Maan, 2022; Mousavi Khanghah, 2022), são evitadas através da desidratação. Da mesma forma, os Produtos Finais de Glicação Avançada (AGEs), que estão associados a condições prejudiciais como estresse oxidativo e inflamação e que se desenvolvem pelo aquecimento dos alimentos (Perrone, 2020; Gill, 2019; Asadipooya e Uy, 2019), têm sua formação mitigada por este método.

Assim, a desidratação surge como uma alternativa que, ao remover a umidade dos alimentos sem altas temperaturas, mitiga a formação desses compostos indesejados. Isso torna o BGB uma opção alimentar mais segura, alinhada com as demandas por alimentos mais saudáveis e sustentáveis.

Aceitação do Produto Conceito Clean Label e Desidratado

Sobre a aceitação do produto, 89,3% dos consumidores o consideraram aceitável, categorizando-o como "moderadamente agradável". Além disso, 38,1% dos entrevistados disseram que consumiriam o produto pelo menos uma vez por semana, e 17,9% afirmaram que o consumiriam entre uma e duas vezes por mês. A Figura 20 ilustra o resultado desta etapa.

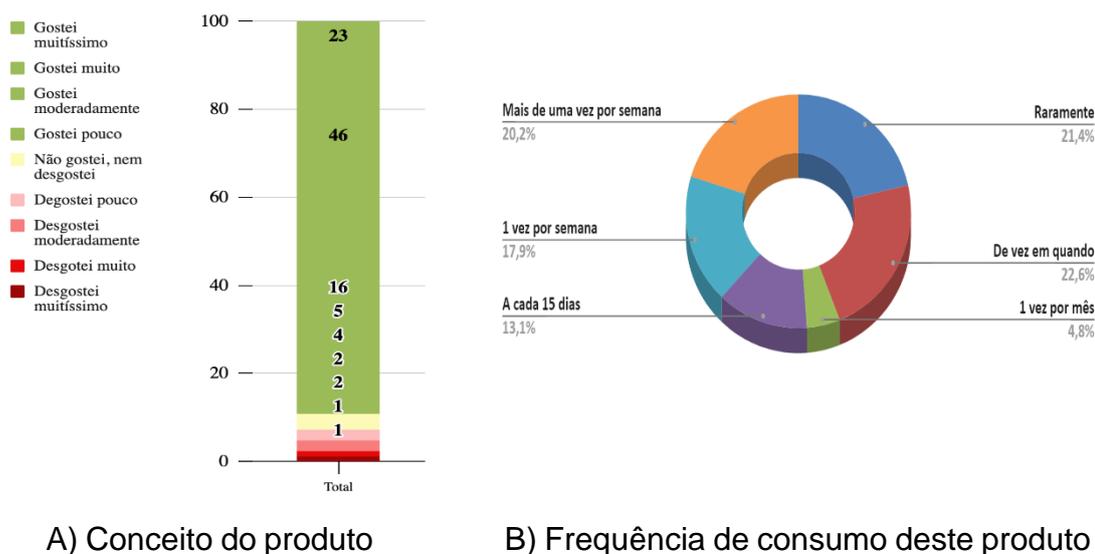


Figura 20. Porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição para a aceitabilidade quanto ao conceito do produto (a) e frequência de consumo deste produto (b).

Os Comentários Finais sobre os Biscoitos de Girassol com Banana (BGB). A aceitação geral das duas formulações testadas superou 70%, tanto em termos globais quanto em sabor. A formulação com menor conteúdo de banana teve uma melhor aceitação, especialmente em relação à textura e consistência, sendo considerada ideal em termos de dureza. Na análise CATA descritiva, a amostra com mais banana foi classificada como mais dura, enquanto a com menos banana foi descrita como mais crocante e leve, o que influenciou na preferência dos consumidores pela última. Além disso, 53,6% dos entrevistados concordaram que "Lascas de Biscoito" era a melhor denominação para o

produto, ideal para ser consumido como um snack no meio da manhã ou da tarde. A aceitação do conceito e processo foi também alta, com 89,3%. A interação entre os componentes avaliados resultou em produtos com características sensoriais distintas e alinhadas com o conceito de clean label, atendendo às expectativas dos consumidores que valorizam sabor, saúde, sustentabilidade e conveniência.

3.9. ANÁLISE INTEGRADA DA ACEITABILIDADE SENSORIAL E TEXTURA DAS FORMULAÇÕES

A combinação dos dados de aceitabilidade sensorial com as análises de textura oferece uma visão holística das preferências dos consumidores em relação aos alimentos desenvolvidos. A aceitabilidade sensorial, um fator crucial para o êxito comercial de um produto, está intrinsecamente ligada às suas propriedades texturais. Em relação à MAC e aos BGBs, características como Força Máxima de Cisalhamento, firmeza, suculência, crocância, oleosidade, dureza e fraturabilidade são fundamentais para a experiência de consumo.

Mistura Análoga à Carne (MAC)

A avaliação conjunta da aceitabilidade sensorial e da textura para a MAC revela uma preferência dos consumidores por uma textura mais macia na MACt, evidenciada por medidas menores de Força Máxima de Cisalhamento. Por outro lado, a MACs, com uma textura mais firme, não alcançou um nível equivalente de aceitação sensorial. A suculência emerge como um ponto de melhoria para ambas as variações. A aceitação da oleosidade na MACt indica uma sintonia maior com as preferências dos consumidores em comparação com a MACs. Estes achados sugerem oportunidades para otimizar a textura e a composição, visando aprimorar a aceitação global desses produtos inovadores.

Biscoitos de Girassol com Banana (BGB)

As variações Espesso (BGB_e) e Fino (BGB_f) dos BGB apresentam diferenças significativas em termos de textura e aceitabilidade sensorial. O BGB_e, com sua textura mais espessa e maior conteúdo de banana, mostrou maior resistência ao quebrar. No entanto, essa característica não se traduziu necessariamente em maior aceitabilidade, pois a dureza excessiva foi percebida negativamente. Em contraste, o BGB_f, mais fino e com menos banana, apresentou menor resistência ao quebrar, alinhando-se melhor com as expectativas dos consumidores em termos de crocância e aceitabilidade. Essas descobertas indicam que a percepção sensorial do consumidor, mais do que a mera resistência física, é fundamental na aceitabilidade do produto. Portanto, a experiência de consumo dos BGB pode ser otimizada buscando um equilíbrio entre resistência física e aceitabilidade sensorial.

A análise integrada destes produtos alimentícios ressalta a importância de considerar tanto as propriedades físicas quanto as percepções sensoriais no desenvolvimento de alimentos. Esses insights são cruciais para o aprimoramento contínuo e a aceitação no mercado, especialmente em um cenário onde os consumidores estão cada vez mais atentos à qualidade sensorial e à sustentabilidade dos alimentos que consomem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a aplicabilidade da farinha de girassol como um ingrediente chave no desenvolvimento de produtos alimentares inovadores e sustentáveis. A Mistura Análoga a Carne (MAC) e o Biscoito Desidratado de Girassol (BDG) demonstram como a economia circular pode ser efetivamente incorporada no setor alimentício, convertendo subprodutos em alimentos nutricionalmente valiosos e centrados em ingredientes proteicos. A aceitação desses produtos por um espectro diversificado de consumidores reforça a ideia de que a sustentabilidade pode coexistir com a demanda por alimentos que são tanto saborosos quanto nutritivos. O estudo também ilumina desafios, como a

necessidade de estratégias de marketing mais incisivas e um entendimento mais profundo das preferências dos consumidores, indicando um terreno fértil para futuras inovações em produtos “*plant-based*”.

As informações nutricionais fornecem insights cruciais sobre a composição nutricional dos produtos, facilitando escolhas alimentares conscientes alinhadas com as necessidades e preocupações de saúde dos consumidores. O perfil nutricional, evidenciado nas, é especi informações nutricionais almente importante para atrair consumidores voltados para dietas “*plant-based*”, com destaque para a ausência de gorduras trans e alto teor de fibras, ressaltando os benefícios cardiovasculares e digestivos.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a aceitação de produtos como a MAC e o BGB refletem uma tendência crescente para dietas mais sustentáveis e conscientes. As implicações para o setor alimentício são substanciais, indicando um caminho progressivo em direção à integração de considerações nutricionais, sensoriais e ambientais no design de novos produtos. Além disso, o estudo destaca a importância de uma abordagem holística que considere o comportamento do consumidor, a ciência dos alimentos e a sustentabilidade. As descobertas funcionam como um estímulo para pesquisa e desenvolvimento contínuos, motivando a exploração de tecnologias emergentes e o desenvolvimento de abordagens inovadoras para atender às expectativas dos consumidores e aos objetivos de sustentabilidade global.

6. REFERÊNCIAS

ABDOUSSALAMI, Andlia et al. Climate change and its impacts on banana production: a systematic analysis. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-30, 2023.

ABEP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. **Critério de Classificação Econômica Brasil 2022**. Disponível em: <http://www.abep.org/criterio-brasil>. Acesso em: 26 abr 2023.

ADELEKE, Bartholomew Saanu; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 9, p. 4666-4684, 2020.

ALEXANDRINO, Thaís Dolfini et al. Fractioning of the sunflower flour components: Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. **LWT**, v. 84, p. 426-432, 2017.

ALHAWARI, Omar et al. Insights from circular economy literature: A review of extant definitions and unravelling paths to future research. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 859, 2021.

ALLCOTT, Hunt et al. Food deserts and the causes of nutritional inequality. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 134, n. 4, p. 1793-1844, 2019.

ALTAMIMI, Jozaa Z. et al. Prevalence of fast-food intake among a multi-ethnic population of middle-aged men and connection with sociodemographic factors and obesity. **Medicine**, v. 102, n. 15, 2023.

AMATO, Mario et al. Stakeholder Beliefs about Alternative Proteins: A Systematic Review. **Nutrients**, v. 15, n. 4, p. 837, 2023.

AMENGUAL, Jaume. Bioactive properties of carotenoids in human health. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 2388, 2019.

ANCUȚA, Petraru; SONIA, Amariei. Oil press-cakes and meals valorization through circular economy approaches: A review. **Applied Sciences**, v. 10, n. 21, p. 7432, 2020.

ANDREANI, Giulia et al. “*plant-based*” meat alternatives: technological, nutritional, environmental, market, and social challenges and opportunities. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 452, 2023.

ASADIPOOYA, Kamyar; UY, Edilfavia Mae. Advanced glycation end products (AGEs), receptor for AGEs, diabetes, and bone: review of the literature. **Journal of the Endocrine Society**, v. 3, n. 10, p. 1799-1818, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR ISO 11136:2022 – Análise Sensorial – Metodologia – **Guia geral para condução de**

testes hedônicos com consumidores em ambientes controlados. Rio de Janeiro. 2022, 51p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR ISO 5495:2017 – Análise Sensorial – Metodologia – **Teste de comparação pareada.** Rio de Janeiro, 2017. 26p.

BAKSH, Allah et al. Quality characteristics of meat analogs through the incorporation of textured vegetable protein: A systematic review. **Foods**, v. 11, n. 9, p. 1242, 2022.

BAUNE, Marie-Christin et al. Effect of plant protein extrudates on hybrid meatballs—Changes in nutritional composition and sustainability. **Future Foods**, v. 4, p. 100081, 2021.

BAUNE, Marie-Christin et al. Textured vegetable proteins (TVP): Future foods standing on their merits as meat alternatives. **Future Foods**, p. 100181, 2022.

BERČÍK, Jakub; PALUCHOVÁ, Johana; NEOMÁNIOVÁ, Katarína. Neurogastronomy as a tool for evaluating emotions and visual preferences of selected food served in different ways. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 354, 2021.

BIFARI, Francesco et al. Amino acid supplements and metabolic health: a potential interplay between intestinal microbiota and systems control. **Genes & nutrition**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2017.

BISINOTTO, Mariana Sisoneto et al. Sunflower and Palm Kernel Meal Present Bioaccessible Compounds after Digestion with Antioxidant Activity. **Foods**, v. 12, n. 17, p. 3283, 2023.

BOUYAHYA, Abdelhakim et al. Sources, health benefits, and biological properties of zeaxanthin. **Trends in Food Science & Technology**, v. 118, p. 519-538, 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001.** Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 7, p. 45-53, 10 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa - IN Nº 75, de 8 de outubro de 2020. Publicada no DOU nº 195, de 9 de outubro de 2020.** Disponível em:

https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f. Acesso em: 07 de dezembro de 2023.

BRUNSO, Karen et al. Core dimensions of food-related lifestyle: A new instrument for measuring food involvement, innovativeness and responsibility. **Food Quality and Preference**, v. 91, p. 104192, 2021.

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, 37(8), 911-917.

BULL, Caroline et al. How Healthy Are Non-Traditional Dietary Proteins? The Effect of Diverse Protein Foods on Biomarkers of Human Health. **Foods**, v. 11, n. 4, p. 528, 2022.

CAI, Jie et al. High animal protein diet and gut microbiota in human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 22, p. 6225-6237, 2022.

CAPUTO, Vincenzina; SOGARI, Giovanni; VAN LOO, Ellen J. Do plant-based and blend meat alternatives taste like meat? A combined sensory and choice experiment study. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 45, n. 1, p. 86-105, 2023.

CHEN, Jiapeng; LIU, Hongbing. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 16, p. 5695, 2020.

CHEN, Lijun Angelia; HOUSE, Lisa. Food lifestyle patterns among contemporary food shoppers. **International Journal of Consumer Studies**, v. 46, n. 3, p. 944-963, 2022.

CHEN, Pin-Jane; ANTONELLI, Marta. Conceptual models of food choice: influential factors related to foods, individual differences, and society. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1898, 2020.

CLARK, Bridget E.; POPE, Lizzy; BELARMINO, Emily H. Perspectives from healthcare professionals on the nutritional adequacy of “*plant-based*” dairy alternatives: Results of a mixed methods inquiry. **BMC nutrition**, v. 8, n. 1, p. 46, 2022.

COMAI, Stefano et al. Tryptophan in health and disease. **Advances in clinical chemistry**, v. 95, p. 165-218, 2020.

CULETU, Alina; STOICA-GUZUN, Anicuta; DUTA, Denisa Eglantina. Impact of fat types on the rheological and textural properties of gluten-free oat dough and cookie. **International journal of food science & technology**, v. 56, n. 1, p. 126-137, 2021.

DASSOU, Anicet G. et al. Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. *Environment, Development and Sustainability*, p. 1-18, 2023.

DAVIS, R. et al. Habitual dietary fibre and prebiotic intake is inadequate in patients with inflammatory bowel disease: findings from a multicentre cross-sectional study. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 34, n. 2, p. 420-428, 2021.

DAY, Alice S. et al. The adequacy of habitual dietary fiber intake in individuals with inflammatory bowel disease: a systematic review. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, v. 121, n. 4, p. 688-708. e3, 2021.

DJEKIC, Ilija et al. Review on characteristics of trained sensory panels in food science. **Journal of Texture Studies**, v. 52, n. 4, p. 501-509, 2021.

DOS SANTOS FRIOLLI, Mariana Pacífico et al. High-intensity ultrasound-based process strategies for obtaining edible sunflower (*Helianthus annuus* L.) flour with low-phenolic and high-protein content. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 97, p. 106449, 2023.

DUSTIN, Dakota et al. Carbohydrate Intakes below Recommendations with a High Intake of Fat Are associated with Higher Prevalence of Metabolic Syndrome. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, 2023.

EWY, Matthew W. et al. "*plant-based*" diet: is it as good as an animal-based diet when it comes to protein?. **Current nutrition reports**, v. 11, n. 2, p. 337-346, 2022.

FAO/OMS. **Human Vitamin and Mineral Requirements. In: Report 7th Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 2001. xxii + 286p.** Disponível em: <https://www.fao.org/3/y2809e/y2809e.pdf> Acesso em: 28 set. 2022

FDA. U.S. Food and Drug Administration. **Daily Value on the New Nutrition and Supplement Facts Labels, 2013.** Disponível em:

<https://www.fda.gov/food/new-nutrition-facts-label/daily-value-new-nutrition-and-supplement-facts-labels>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.

FERRARI, Luca et al. **Animal-and “plant-based” Protein Sources: A Scoping Review of Human Health Outcomes and Environmental Impact**. *Nutrients*, v. 14, n. 23, p. 5115, 2022.

FIORENTINI, Martina; KINCHLA, Amanda J.; NOLDEN, Alissa A. Role of sensory evaluation in consumer acceptance of “plant-based” meat analogs and meat extenders: A scoping review. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1334, 2020.

GAGNETEN, Maite et al. Texture study of gluten-free cookies added with fibre by instrumental, image and sensory analysis. **Journal of Food Measurement and Characterization**, p. 1-11, 2023.

GHADAGE, S. R. et al. Tomato lycopene: Potential health benefits. *The Pharma Innovation Journal*, v. 8, n. 6, p. 1245-1248, 2019.

GIACALONE, Davide; CLAUSEN, Mathias P.; JAEGER, Sara R. Understanding barriers to consumption of “plant-based” foods and beverages: insights from sensory and consumer science. **Current Opinion in Food Science**, p. 100919, 2022.

GIACHINO, Chiara; TERREVOLI, Niccolò; BONADONNA, Alessandro. Local vs. International Hamburger Foodservice in the Consumer’s Mind: An Exploratory Study. **Social Sciences**, v. 10, n. 7, p. 252, 2021.

GILL, Vidhu et al. Advanced glycation end products (AGEs) may be a striking link between modern diet and health. *Biomolecules*, v. 9, n. 12, p. 888, 2019.

GODSCHALK-BROERS, Layla; SALA, Guido; SCHOLTEN, Elke. Meat analogues: relating structure to texture and sensory perception. **Foods**, v. 11, n. 15, p. 2227, 2022.

GODSWILL, Awuchi Godswill et al. Health benefits of micronutrients (vitamins and minerals) and their associated deficiency diseases: A systematic review. **International Journal of Food Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-32, 2020.

GRASSO, Simona; ASIOLI, Daniele; SMITH, Rachel. Consumer co-creation of hybrid meat products: A cross-country European survey. **Food Quality and Preference**, v. 100, p. 104586, 2022.

GUINÉ, Raquel PF. Textural properties of bakery products: A review of instrumental and sensory evaluation studies. **Applied Sciences**, v. 12, n. 17, p. 8628, 2022.

GUPTA, A. K. Production, refinement and characterization of sunflower oil. In: *Advances in Feedstock Conversion Technologies for Alternative Fuels and Bioproducts*. **Academic Press**, 2014. p. 51-71.

GUYONY, Valérie; FAYOLLE, Francine; JURY, Vanessa. High moisture extrusion of vegetable proteins for making fibrous meat analogs: A review. **Food Reviews International**, v. 39, n. 7, p. 4262-4287, 2023.

HADI, Joshua; BRIGHTWELL, Gale. Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, “*plant-based*” meat, insect protein and single-cell protein. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1226, 2021.

HADIDI, Milad; AGHABABAEI, Fatemeh; MCCLEMENTS, David Julian. Sunflower meal/cake as a sustainable protein source for global food demand: Towards a zero-hunger world. **Food Hydrocolloids**, p. 109329, 2023.

Hagen, S. R., Frost, B., & Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, 72(6), 912-916. <https://doi.org/10.1093/jaoac/72.6.912>

HAHN, Joshua et al. Cardiovascular Health Benefits of Theobromine in Cacao and Chocolate. **Circulation**, v. 144, n. Suppl_1, p. A14006-A14006, 2021.

HANKAMER, Ben et al. Delivering impactful solutions for the bioeconomy. **Trends in Plant Science**, 2023.

HARDIKAR, Samyogita et al. Higher sensitivity to sweet and salty taste in obese compared to lean individuals. **Appetite**, v. 111, p. 158-165, 2017.

Hartman, L.; Lago, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory practice** 1973, 22, 475.

HASKEY, Natasha et al. To Fiber or Not to Fiber: The Swinging Pendulum of Fiber Supplementation in Patients with Inflammatory Bowel Disease. **Nutrients**, v. 15, n. 5, p. 1080, 2023.

HOFSTETTER, Joerg S. et al. From sustainable global value chains to circular economy—different silos, different perspectives, but many opportunities

to build bridges. **Circular Economy and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 21-47, 2021.

Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2000). Official methods of analysis of AOAC International (Vol. 1, p. 17). **Gaithersburg: AOAC international**, 2012.

HOUSTON, Mark C. Nutrição e suplementos nutricionais no tratamento da dislipidemia e doenças cardiovasculares induzidas por dislipidemia. **Estratégias Nutricionais e Integrativas em Medicina Cardiovascular**, p. 97-130, 2022.

HUANG, Jianhuan et al. Chlorogenic acid: a review on its mechanisms of anti-inflammation, disease treatment, and related delivery systems. *Frontiers in Pharmacology*, v. 14, 2023.

JALIL MOZHDEHI, Fatemeh et al. Comparing taste detection thresholds across individuals following vegan, vegetarian, or omnivore diets. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2704, 2021.

JIA, Wanqing et al. Effect of aqueous ethanol washing on functional properties of sunflower materials for meat analogue application. **Food Structure**, v. 33, p. 100274, 2022.

JIMENEZ-LOPEZ, Cecilia et al. Bioactive compounds and quality of extra virgin olive oil. *Foods*, v. 9, n. 8, p. 1014, 2020.

JUSTISON, Katie. Which Came First: the Chicken or the Chick'n? An FDA Amendment Proposal to Reconcile Conflicting Interests in “*plant-based*” Meat Labeling. **William & Mary Law Review**, v. 64, n. 6, p. 1863, 2023.

KAUR, RamanPreet; GHOSHAL, Gargi. Isolados proteicos de girassol - composição, extração e propriedades funcionais. **Avanços na Ciência de Colóides e Interface**, v. 102725, 2022.

K. HANDRAL, Harish et al. 3D Printing of cultured meat products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 1, p. 272-281, 2022.

KERSLAKE, Eleanor; KEMPER, Joya A.; CONROY, Denise. What's your beef with meat substitutes? Exploring barriers and facilitators for meat substitutes in omnivores, vegetarians, and vegans. **Appetite**, v. 170, p. 105864, 2022.

KOUHSARI, Fatemeh et al. Effect of the various fats on the structural characteristics of the hard dough biscuit. *LWT*, v. 159, p. 113227, 2022.

KRINGS, Victoria C.; DHONT, Kristof; HODSON, Gordon. Food technology neophobia as a psychological barrier to clean meat acceptance. *Food Quality and Preference*, v. 96, p. 104409, 2022.

KUANG, Rebecca; BINION, David G. Should high-fiber diets be recommended for patients with inflammatory bowel disease?. **Current Opinion in Gastroenterology**, v. 38, n. 2, p. 168-172, 2022.

KUMAR, Mukesh et al. Circular economy adoption challenges in the food supply chain for sustainable development. **Business Strategy and the Environment**, v. 32, n. 4, p. 1334-1356, 2023.

LACY-NICHOLS, Jennifer; HATTERSLEY, Libby; SCRINIS, Gyorgy. Nutritional marketing of “*plant-based*” meat-analogue products: an exploratory study of front-of-pack and website claims in the USA. **Public Health Nutrition**, v. 24, n. 14, p. 4430-4441, 2021.

LE CLEF, Etienne; KEMPER, Timothy. Sunflower seed preparation and oil extraction. In: *Sunflower*. AOCS Press, 2015. p. 187-226.

LEE, Jennifer J. et al. Nutritional quality and price of plant-based dairy and meat analogs in the Canadian food supply system. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 8, p. 3594-3606, 2023a.

LEE, Seung Yun et al. Current technologies, regulation, and future perspective of animal product analogs—A review. **Animal Bioscience**, v. 36, n. 10, p. 1465, 2023b.

LESHEM, Micah; SHAUL, Smadar. Vegans, vegetarians and omnivores differ in nutrient hedonics, salt and sweet preference and flavouring. **Physiology & Behavior**, v. 255, p. 113936, 2022.

LI, Tingting; WANG, Desheng; YANG, Zhihao. Inspiration or risk? How social media marketing of “*plant-based*” meat affects young people’s purchase intention. **Frontiers in Psychology**, v. 13, p. 971107, 2022.

LIU, Wenchao et al. Role of dehydration technologies in processing for advanced ready-to-eat foods: A comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 22, p. 5506-5520, 2023.

MA, Chun-Chieh; CHANG, Hsiao-Ping. The effect of novel and environmentally friendly foods on consumer attitude and behavior: a value-attitude-behavioral model. *Foods*, v. 11, n. 16, p. 2423, 2022.

MAAN, Abid Aslam et al. Acrylamide formation and different mitigation strategies during food processing—a review. **Food Reviews International**, v. 38, n. 1, p. 70-87, 2022.

MEILGAARD, M.C., Carr, B.T. and Civille, G.V.. Sensory evaluation techniques. **CRC press**, 1999

METHVEN, Lisa; LANGRENEY, Elodie; PRESCOTT, John. Changes in liking for a no added salt soup as a function of exposure. **Food Quality and Preference**, v. 26, n. 2, p. 135-140, 2012.

MONDAL, Sukanta et al. Bioactive compounds in functional food and their role as therapeutics. **Bioactive Compounds in Health and Disease**, v. 4, n. 3, p. 24-39, 2021.

MOSS, Rachael et al. A Prospective Review of the Sensory Properties of “*plant-based*” Dairy and Meat Alternatives with a Focus on Texture. **Foods**, v. 12, n. 8, p. 1709, 2023.

MOUSAVI KHANEGHAH, Amin et al. The concentration of acrylamide in different food products: a global systematic review, meta-analysis, and meta-regression. **Food Reviews International**, v. 38, n. 6, p. 1286-1304, 2022.

MRF, Market Research Future. **Sunflower Oil Market Size, Trends, Growth And Analysis**. R/F-B & N/7320-CR | 100 Pages | Author: Snehal Singh | February 2021. Disponível em <<https://www.marketresearchfuture.com/reports/sunflower-oil-market-8792>>

MUSA-VELOSO, Kathy; JUANA, Justine. Regulation and labeling of “*plant-based*” beverages and simulated meat, poultry, and egg products in Canada and the United States. **Cereal Foods World**, v. 65, n. 4, p. 1-13, 2020.

NOGUEROL, Ana Teresa et al. Green or clean? Perception of clean label “*plant-based*” products by omnivorous, vegan, vegetarian and flexitarian consumers. **Food Research International**, v. 149, p. 110652, 2021.

NURMILAH, Siti et al. Strategies to reduce salt content and its effect on food characteristics and acceptance: a review. **Foods**, v. 11, n. 19, p. 3120, 2022.

NUVOLI, Chloé et al. Comparison of sensitivity to taste and astringency stimuli among vegans and omnivores. **Physiology & Behavior**, v. 262, p. 114092, 2023.

ORTEGA, David L.; SUN, Jiayu; LIN, Wen. Identity labels as an instrument to reduce meat demand and encourage consumption of plant based and cultured meat alternatives in China. **Food Policy**, v. 111, p. 102307, 2022.

PAKSERESHT, Ashkan; KALIJI, Sina Ahmadi; CANAVARI, Maurizio. Review of factors affecting consumer acceptance of cultured meat. **Appetite**, v. 170, p. 105829, 2022.

PERRONE, Anna et al. Advanced glycation end products (AGEs): biochemistry, signaling, analytical methods, and epigenetic effects. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2020, 2020.

PETRARU, Ancuța; URSACHI, Florin; AMARIEI, Sonia. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. **Plants**, v. 10, n. 11, p. 2487, 2021.

PÖRI, Pinja et al. Structure, texture, and sensory properties of plant-meat hybrids produced by high-moisture extrusion. **LWT**, v. 173, p. 114345, 2023.

POSSIDÓNIO, Catarina et al. Consumer perceptions of conventional and alternative protein sources: A mixed-methods approach with meal and product framing. **Appetite**, v. 156, p. 104860, 2021.

PUTTHA, Ratchanee et al. Exploring the Potential of Sunflowers: Agronomy, Applications, and Opportunities within Bio-Circular-Green **Economy. Horticulturae**, v. 9, n. 10, p. 1079, 2023.

RAJPUROHIT, Bipin; LI, Yonghui. Overview on pulse proteins for future foods: Ingredient development and novel applications. **Journal of Future Foods**, v. 3, n. 4, p. 340-356, 2023.

Referências de compostos fenólicos:

REZVANKHAH, Amir; EMAM-DJOMEH, Zahra; ASKARI, Gholamreza. Encapsulation and delivery of bioactive compounds using spray and freeze-drying techniques: A review. **Drying Technology**, v. 38, n. 1-2, p. 235-258, 2020.

SAERENS, Wiebe et al. Life cycle assessment of burger patties produced with extruded meat substitutes. **Journal of Cleaner Production**, v. 306, p. 127177, 2021.

SAFDAR, Bushra et al. Prospects for “*plant-based*” meat: Current standing, consumer perceptions, and shifting trends. **Foods**, v. 11, n. 23, p. 3770, 2022.

SALFINGER, Yvonne; TORTORELLO, Mary Lou (Ed.). Compendium of methods for the microbiological examination of foods. **American Public Health Association**, 2015.

SÁNCHEZ-BRAVO, Paola et al. Consumer understanding of sustainability concept in agricultural products. **Food quality and preference**, v. 89, p. 104136, 2021.

SANTO, Raychel E. et al. Considering “*plant-based*” meat substitutes and cell-based meats: a public health and food systems perspective. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 134, 2020.

SNAUWAERT, Evelien et al. The benefits of dietary fiber: the gastrointestinal tract and beyond. **Pediatric Nephrology**, v. 38, n. 9, p. 2929-2938, 2023.

SOGABE, Tomochika et al. Physical and structural characteristics of starch-based and conventional cookies: Water sorption, mechanical glass transition, and texture properties of their crust and crumb. **Journal of Texture Studies**, v. 52, n. 3, p. 347-357, 2021.

SOGARI, Giovanni et al. A sensory study on consumer valuation for “*plant-based*” meat alternatives: What is liked and disliked the most?. **Food Research International**, v. 169, p. 112813, 2023.

Spies, J. R. (1967). Determination of tryptophan in proteins. **Analytical Chemistry**, 39(12), 1412-1416.

STAROWICZ, Małgorzata; POZNAR, Karolina Kubara; ZIELIŃSKI, Henryk. What are the main sensory attributes that determine the acceptance of meat alternatives? **Current Opinion in Food Science**, p. 100924, 2022.

STIPANUK, Martha H. Metabolism of sulfur-containing amino acids: how the body copes with excess methionine, cysteine, and sulfide. The **Journal of nutrition**, v. 150, p. S2494-S2505, 2020.

SUCHEK, Nathalia et al. Innovation and the circular economy: A systematic literature review. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 8, p. 3686-3702, 2021.

SUH, Neville N.; MOLUA, Ernest L. Cocoa production under climate variability and farm management challenges: Some farmers' perspective. **Journal of Agriculture and food Research**, v. 8, p. 100282, 2022.

SUN, Cuixia et al. Structure design for improving the characteristic attributes of extruded “*plant-based*” meat analogues. **Food Biophysics**, p. 1-13, 2022.

SZENDERÁK, János; FRÓNA, Dániel; RÁKOS, Mónika. Consumer acceptance of “*plant-based*” meat substitutes: a narrative review. **Foods**, v. 11, n. 9, p. 1274, 2022.

THIBAUT, Melissa; PAILLER, Sharon; FREUND, Daisy. Why are they buying it?: United States Consumers’ Intentions when Purchasing Meat, Eggs, and dairy with Welfare-related labels. **Food Ethics**, v. 7, n. 2, p. 12, 2022.

VAN BUSSEL, L. M. et al. Consumers’ perceptions on food-related sustainability: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 341, p. 130904, 2022.

VAN DER MEER, Monique; FISCHER, Arnout RH; ONWEZEN, Marleen C. Same strategies–Different categories: An explorative card-sort study of “*plant-based*” proteins comparing omnivores, flexitarians, vegetarians and vegans. **Appetite**, v. 180, p. 106315, 2023.

VARELA, Paula; ARES, Gaston (Ed.). Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling. CRC Press, 2014.

VELENTURF, Anne PM; PURNELL, Phil. Principles for a sustainable circular economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 1437-1457, 2021.

VINITHA, K. et al. Conventional and emerging approaches for reducing dietary intake of salt. **Food Research International**, v. 152, p. 110933, 2022.

WALTZ, E. Plant ‘blood’ needs FDA OK. **Nature Biotechnology, Nashville, Tennessee, USA**, v. 37, p. 110, 2019.

WANG, Hongsha et al. Paying for the greater good?—What information matters for Beijing consumers’ willingness to pay for “*plant-based*” meat?. **Foods**, v. 11, n. 16, p. 2460, 2022.

White, J. A., Hart, R. J., & Fry, J. C. (1986). An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 8, 170-177.

WILDERMUTH, Sabrina R.; YOUNG, Erin E.; WERE, Lilian M. Chlorogenic acid oxidation and its reaction with sunflower proteins to form green-

colored complexes. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 5, p. 829-843, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO global sodium benchmarks for different food categories**. Geneva: WHO, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3PGImPI>. Acesso em: 28 set. 2022

XU, Jingwen et al. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in food science & technology*, v. 103, p. 200-213, 2020.

YOUNIS, Kaiser et al. A critical review focusing the effect of ingredients on the textural properties of plant-based meat products. **Journal of Texture Studies**, v. 54, n. 3, p. 365-382, 2023.

YULE, Jennifer A.; CUMMINGS, Krista Hill. Conservative consumer disinterest in “*plant-based*” meat: A problem of message incongruence. **Appetite**, v. 187, p. 106574, 2023.

YUSUF, Kafayat; SAHA, Subhrajit; UMAR, Shahid. Health benefits of dietary fiber for the management of inflammatory bowel disease. **Biomedicines**, v. 10, n. 6, p. 1242, 2022.

ZAMPOLLO, Francesca. What is Food Design? The complete overview of all Food Design sub-disciplines and how they merge. **Published on Academia.edu** on November, v. 23, p. 2016, 2016.

ZHANG, Erwei et al. Os ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 aliviam lesões cerebrais traumáticas regulando a via glinfática em camundongos. **Fronteiras em Neurologia**, v. 11, p. 707, 2020.

ZHANG, Kaihua et al. Development of meat analogs: Focus on the current status and challenges of regulatory legislation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 22, n. 2, p. 1006-1029, 2023.

ZHAO, Xuemei et al. Studying the evaluation model of the nutritional quality of edible vegetable oil based on dietary nutrient reference intake. **ACS omega**, v. 6, n. 10, p. 6691-6698, 2021.

ZHENG, Jiali et al. The Isocaloric substitution of “*plant-based*” and animal-based protein in relation to aging-related health outcomes: a systematic review. **Nutrients**, v. 14, n. 2, p. 272, 2022.

ZORZI, Caroline Zampronio et al. Sunflower protein concentrate: A possible and beneficial ingredient for gluten-free bread. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 66, p. 102539, 2020.

CONCLUSÃO GERAL

Ao longo desta dissertação, foi possível explorar profundamente a literatura sobre o universo dos alimentos “*plant-based*”, abrindo novos horizontes sobre o potencial nutricional, sensorial e tecnológico desses produtos. O estudo da proteína de girassol como um ingrediente chave na economia circular mostrou como é possível transformar subprodutos agrícolas em componentes valiosos para a indústria alimentícia, contribuindo para a sustentabilidade e inovação no setor.

A investigação sobre o perfil do consumidor “*plant-based*” revelou a diversidade e complexidade das expectativas e preferências desse grupo, destacando a necessidade de uma compreensão mais profunda para o desenvolvimento de produtos que atendam a essas demandas. Além disso, a discussão sobre a integração das FoodTechs no ecossistema “*plant-based*” enfatizou a importância da colaboração entre diferentes setores para promover a sustentabilidade e inovação.

A revisão das rotas metabólicas dos aminoácidos essenciais ofereceu insights valiosos sobre a importância desses componentes na saúde humana, ampliando o conhecimento sobre nutrição e saúde. Por fim, o desenvolvimento de produtos inovadores a partir da farinha proteica de girassol, como a Mistura Análoga a Carne e o Biscoito de Girassol com Banana, demonstrou não apenas a viabilidade, mas também o alto potencial nutricional de tais subprodutos na economia circular.

Esses estudos, ao serem considerados conjuntamente, destacam a relevância crescente dos alimentos “*plant-based*” e a importância de continuar a explorar e a inovar neste campo. As perspectivas apontam para um futuro em que a sustentabilidade, a saúde e o sabor coexistam harmoniosamente, abrindo caminho para um sistema alimentar mais responsável e adaptado às necessidades do século XXI.

ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário, por livre e espontânea vontade, de um projeto de pesquisa “**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PLANT BASED A PARTIR DA FARINHA PROTEICA DE GIRASSOL: COMBATENDO O DESPERDÍCIO**”, tese de mestrado do aluno Tiago Negrão de Andrade, da Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPG-ITAL. O projeto foi aprovado pela Plataforma Brasil e revisado pelo Comitê de Ética e pesquisa indicado, sob o **CAAE: 67404523.7.0000.5632**. Após ser esclarecida sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento. Em caso de recusa você não será penalizado(a) de forma alguma.

Justificativa: O motivo da realização desta pesquisa é conhecer a opinião dos consumidores em relação às características sensoriais de novos produtos elaborados com proteínas sustentáveis. Dados demonstram que o mercado de proteínas está crescendo cada vez mais e junto com novas classes de consumidores (veganos, vegetarianos, flexitarianos, etc). Foram desenvolvidos dois produtos, sendo estes, um biscoito proteico de cacau com banana (produto 1) e uma Hambúrguer Análogo a Carne (produto 2) e ambos assumem o objetivo de serem testados pelos participantes.

Procedimentos: Você está sendo convidado a realizar um teste de aceitação de amostras de dois produtos. As amostras serão avaliadas quanto à aceitabilidade de modo global e, em particular da aparência, odor, sabor e sensação na boca por meio de uma escala de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = nem gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo) em comparação com uma amostra controle. Para a limpeza do palato, entre as amostras, será oferecida água mineral natural. As amostras serão servidas em pratos descartáveis dentro do local indicado.

Desconfortos e riscos previsíveis: Não há riscos previsíveis para quem for participar da pesquisa.

Critério de inclusão: Consumidores habituados a consumir pós para preparo de refrescos sabor fruta, com idade acima de 18 anos.

Critério de exclusão: Pessoas com algum tipo de restrição aos ingredientes listados.

Ingredientes listados em alerta para alergênicos:

Produto 1: Farinha de Girassol, banana, canela e cacau.

Produto 2: Alho em pó, Cebola em pó, Farinha de Girassol, Pepita de Girassol, Leveduras, Páprica Doce Defumada, Tomate em pó e Salsa.

Forma de acompanhamento e assistência: Caso você apresente algum tipo de reação alérgica em decorrência da ingestão do produto em questão, por favor, nos comunique imediatamente para que sejam realizados os exames com profissionais da saúde e tratamento

necessário para a situação.

Garantia de esclarecimento, liberdade de recusa e garantia de sigilo: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e tiver dúvidas. Você é livre para negar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá trazer qualquer penalidade. Os pesquisadores(es) não divulgarão o seu nome. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento será fornecida a você.

Custos da participação, compensação: A participação no estudo não terá custo para você e não será feito pagamento pela participação.

Procedimento de Segurança: caso algum indivíduo tenha reação adversa ao consumo das amostras, o mesmo será orientado e conduzido ao pronto socorro de um hospital público credenciado ao Sistema Único de Saúde - SUS, conforme a Instrução Normativa do Instituto em anexo, disponível na intranet da Instituição.

A responsabilidade da condução e orientação será do aluno (Tiago Negrão de Andrade) e sua orientadora (Maria Teresa Bertoldo Pacheco), conforme descrito no termo consentimento, onde constam os telefones dos mesmos.

Cabe ressaltar que o girassol não é considerado um alimento alergênico, sendo tradicionalmente consumido pela população e animais. Não está na lista da RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 26, DE 02 DE JULHO DE 2015, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

O ITAL realiza este tipo de pesquisa já há alguns anos pela Unidade Laboratorial de Referência de Análises Físicas e Sensoriais e todos os procedimentos de segurança serão adotados para que não ocorra nenhum incidente com os participantes.

DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE:

Eu, _____ fui informado(a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim desejar. A pesquisadora e orientadora desta pesquisa, a Profa. Dra Maria Teresa Bertoldo Pacheco certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Também sei que, a qualquer momento, caso eu queira retirar meu consentimento, deixando de participar da pesquisa, não irá me trazer nenhum prejuízo. Em caso de dúvidas poderei contatar a secretária da pós-graduação que fará contato com a pesquisadora pelo telefone (19) 3743-1766 e e-mail mtb@ital.sp.gov.br.

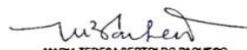
Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Produtos Testados:
() Produto 1 - Biscoito proteico de Cacau e Banana
() Produto 2 - Hambuguer Análogo a Carne

Assinaturas dos Responsáveis:



Tiago Negrão de Andrade
Aluno de Mestrado (Orientado)
Telefone: (11) 9941879046
E-mail: tiagonandr@gmail.com


MARIA TERESA BERTOLDO PACHECO
Pesquisador Científico
Unidade Laboratorial de Referência
em Química de Alimentos

Maria Teresa Bertoldo Pacheco
Orientadora da Pesquisa
Telefone: 19 99779-1049
E-mail: bertoldopacheco@gmail.com

Assinatura do participante:

Data: ____ / ____ / ____

ANEXO 2 : TELAS DO TESTE SENSORIAL RETIRADAS CO COMPUSENCE

MISTURA ANÁLOGA A CARNE - MAC

Tendo lido o "Termo de Consentimento livre e esclarecido", declaro:

Concordo em participar da pesquisa

Não concordo em participar da pesquisa

Próximo

Em qual faixa etária abaixo você se encaixa?

18 - 20 anos

21 - 30 anos

31 - 40 anos

41 - 50 anos

51 anos ou mais

Como você consome hambúrguer?

Frito na Air Fryer

Frito na frigideira/panela

Assado

Grelhado

Outros

Qual a frequência que você consome hambúrguer?

De vez em quando

1 vez por mês

A cada 15 dias

1 vez por semana

Mais de uma vez por semana

Qual a frequência que você consome produtos à base de proteínas vegetais que lembram carne?

Raramente

De vez em quando

1 vez por mês

A cada 15 dias

1 vez por semana

Mais de uma vez por semana

Por favor, indique o quanto você gostou ou não da **APARÊNCIA** desta

amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Por favor, indique o quanto você gostou ou não do **AROMA** desta

amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Próximo

Por favor, indique o quanto você gostou ou não do **SABOR** desta amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

ATENÇÃO:

Por favor, confira se o número da amostra que você recebeu
é **BC111**.

Caso haja divergência, por favor comunique-nos.

Proxima

Separe um pedacinho para provar de novo no final do teste a fim de responder
qual é a amostra preferida, **por favor**.

Prove o primeiro pedacinho para dizer o quanto gostou de uma forma global,
mas deixe um pedaço para provar de novo e responder as próximas questões.

DE UMA FORMA GLOBAL, responda o quanto você gostou desta amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Não gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Indique sua opinião sobre a intensidade **SAL** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS SALGADO do que eu gosto
- UM POUCO MAIS SALGADO do que eu gosto
- SALGADO do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS SALGADO do que eu gosto
- MUITO MENOS SALGADO do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a intensidade do **TEMPERO/CONDIMENTO** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS TEMPERADO/CONDIMENTOS do que eu gosto
- UM POUCO MAIS TEMPERADO/CONDIMENTOS do que eu gosto
- TEMPERADO/CONDIMENTOS do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS TEMPERADO/CONDIMENTOS do que eu gosto
- MUITO MENOS TEMPERADO/CONDIMENTOS do que eu gosto

Por favor, indique o quanto você gostou ou não da **TEXTURA** desta amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Indique sua opinião sobre a **FIRMEZA** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS FIRME do que eu gosto
- UM POUCO MAIS FIRME do que eu gosto
- FIRME do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS FIRME do que eu gosto
- MUITO MENOS FIRME do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a **SUCULENÇA** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS SUCULENTE do que eu gosto
- UM POUCO MAIS SUCULENTE do que eu gosto
- SUCULENTE do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS SUCULENTE do que eu gosto
- MUITO MENOS SUCULENTE do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a **OLEOSIDADE** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS OLEOSA do que eu gosto
- UM POUCO MAIS OLEOSA do que eu gosto
- OLEOSA do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS OLEOSA do que eu gosto
- MUITO MENOS OLEOSA do que eu gosto

Comente sobre esta amostra **BC111**:

Próximo

Por favor, prove novamente as duas amostras e escolha a preferida:

BC111	BC222
-------	-------

Qual o motivo da sua preferência?

Após ter provado, gostaríamos de entender como este produto pode ser apresentado aos consumidores. Por favor, dê a sua opinião:

Este produto análogo a carne, preparado com proteína de girassol, pode ser feito no(s) formato(s) de:

- Almondiga
- Kibe
- Croquete
- Hambúrguer
- Outro

Qual(is) o(s) acompanhamento(s) que você colocaria no seu prato para consumir com este produto a fim de deixar tudo mais saboroso. (escolha de 1 a 3 opções)

- Salada
- Lanches
- Arroz e feijão
- Macarrão
- Apenas com molhos
- Outro

O conceito do produto será apresentado a seguir,
leia com atenção para dar a sua opinião, por favor.

ok



SunBurger é uma mistura em pó para preparo instantâneo



HAMBÚGUER ANÁLOGO A CARNE

COM

FARINHA
PROTEICA DE
GIRASSOL

produto *Plant Based*



Blend com três
matrizes de óleos



◻ Dentro do pacote você encontrará uma mistura em pó com farinha de girassol e o sachê com o blend de 3 matrizes de óleos.

Misturar



Modo de preparo: misturar os ingredientes, moldar no formato que você preferir, assar por 7 minutos a temperatura de 175°C e servir.

O quanto você gostou do conceito deste produto *plant based*?
"Mistura em pó, com farinha proteica de girassol, para preparo instantâneo de um produto análogo a carne."

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei moderadamente
- Gostei pouco
- Não gostei, nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei moderadamente
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Com que frequência você consumiria este produto *plant based*?

- Raramente
- De vez em quando
- 1 vez por mês
- A cada 15 dias
- 1 vez por semana
- Mais de uma vez por semana

Caso deseje, deixe aqui o seu comentário final:

BISCOITO DE GIRASSOL COM BANANA - BGB

Tendo lido o "Termo de Consentimento livre e esclarecido", declaro:

Concordo em participar da pesquisa

Não concordo em participar da pesquisa

Próximo

Em qual faixa etária abaixo você se encaixa?

18 - 20 anos

21 - 30 anos

31 - 40 anos

41 - 50 anos

51 anos ou mais

Qual a frequência que você consome biscoitos doces?

De vez em quando

1 vez por mês

A cada 15 dias

1 vez por semana

Mais de uma vez por semana

Quais os doces proteicos você consome ?

Barrinha proteica

Barrinha de cereais com alto teor proteico

Paçoca com proteína

Iogurte com alto teor proteico

Sobremesas lácteas com alto teor proteico

Chocolate com proteína

Cookie proteico

Outro

Qual a frequência que você consome doces proteicos?

De vez em quando

1 vez por mês

A cada 15 dias

1 vez por semana

Mais de uma vez por semana

ATENÇÃO:

Por favor, confira se o número da amostra que você recebeu
é **BC111**.

Caso haja divergência, por favor comunique-nos.

Próximo

Separe um pedacinho para provar de novo no final do teste a fim de responder qual é a amostra preferida, por favor.

Prove o primeiro pedacinho para dizer o quanto gostou de uma forma global, mas deixe um pedaço para provar de novo e responder as próximas questões.

DE UMA FORMA GLOBAL, responda o quanto você gostou desta amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Por favor, indique o quanto você gostou ou não da **APARÊNCIA** desta amostra **BC 111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Por favor, indique o quanto você gostou ou não do **AROMA** desta amostra **BC 111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Por favor, indique o quanto você gostou ou não do **SABOR** desta amostra **BC111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Indique sua opinião sobre a intensidade **DOCE** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS DOCE do que eu gosto
- UM POUCO MAIS DOCE do que eu gosto
- DOCE do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS DOCE do que eu gosto
- MUITO MENOS DOCE do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a intensidade do **SABOR DE BANANA** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS INTENSO do que eu gosto
- UM POUCO MAIS INTENSO do que eu gosto
- INTENSIDADE DO SABOR DE BANANA do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS INTENSO do que eu gosto
- MUITO MENOS INTENSO do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a intensidade do **SABOR DE CACAU** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS INTENSO do que eu gosto
- UM POUCO MAIS INTENSO do que eu gosto
- INTENSIDADE DO SABOR DE CACAU do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS INTENSO do que eu gosto
- MUITO MENOS INTENSO do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a intensidade do **SABOR DE CANELA** desta amostra **BC111**:

- MUITO MAIS INTENSO do que eu gosto
- UM POUCO MAIS INTENSO do que eu gosto
- INTENSIDADE DO SABOR DE CANELA do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS INTENSO do que eu gosto
- MUITO MENOS INTENSO do que eu gosto

Por favor, indique o quanto você gostou ou não da **TEXTURA** desta amostra **BC 111**:

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei
- Gostei pouco
- Nem gostei nem desgostei
- Desgostei pouco
- Desgostei
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Indique sua opinião sobre a DUREZA desta amostra BC111:

- MUITO MAIS DURA do que eu gosto
- UM POUCO MAIS DURA do que eu gosto
- DURA do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS DURA do que eu gosto
- MUITO MENOS DURA do que eu gosto

Indique sua opinião sobre a CROCÂNCIA desta amostra BC111:

- MUITO MAIS CROCANTE do que eu gosto
- UM POUCO MAIS CROCANTE do que eu gosto
- CROCANTE do jeito que eu gosto
- UM POUCO MENOS CROCANTE do que eu gosto
- MUITO MENOS CROCANTE do que eu gosto

Marque todos os atributos que descrevem a textura desta amostra BC111:

Amostra: BC111

<input type="checkbox"/> Crocante	<input type="checkbox"/> Duro	<input type="checkbox"/> Macio
<input type="checkbox"/> Quebradiço	<input type="checkbox"/> Arenoso/Farinheiro	<input type="checkbox"/> Aerado
<input type="checkbox"/> Amanteigado	<input type="checkbox"/> Murcho	<input type="checkbox"/> Oleoso
<input type="checkbox"/> Gruda nos dentes	<input type="checkbox"/> Borrachento	<input type="checkbox"/> Liso
<input type="checkbox"/> Leve	<input type="checkbox"/> Pesado	<input type="checkbox"/> Outro <input type="text"/>

Comente sobre esta amostra BC111:

Por favor, prove novamente as duas amostras e escolha a preferida:

<input type="radio"/> BC111	<input type="radio"/> BC222
-----------------------------	-----------------------------

Qual o motivo da sua preferência?

Próximo

Após ter provado, gostaríamos de entender como este produto pode ser apresentado aos consumidores. Por favor, dê a sua opinião:

Como você chamaria este produto se estivesse disponível para compra:

<input type="checkbox"/> Cookie
<input type="checkbox"/> Lasca de biscoito
<input type="checkbox"/> Cracker
<input type="checkbox"/> Biscoito
<input type="checkbox"/> Bolacha
<input type="checkbox"/> Outro <input type="text"/>

Em quais momentos este produto preparado com farinha proteica de girassol, banana, cacau e canela pode ser consumido:

<input type="checkbox"/> Parte do café da manhã
<input type="checkbox"/> Snack no meio da manhã ou no meio da tarde
<input type="checkbox"/> Sobremesa após as refeições
<input type="checkbox"/> Antes de dormir
<input type="checkbox"/> Próximo a atividade física
<input type="checkbox"/> Outro <input type="text"/>

Qual(is) o(s) acompanhamento(s) que você colocaria no seu prato para consumir com este produto a fim de deixar tudo mais saboroso: (escolha de 1 a 5 opções)

<input type="checkbox"/> Sorvete	<input type="checkbox"/> Requeijão	<input type="checkbox"/> Doce de leite
<input type="checkbox"/> Chocolate	<input type="checkbox"/> Café	<input type="checkbox"/> Frutas
<input type="checkbox"/> Queijos	<input type="checkbox"/> Manteiga	<input type="checkbox"/> Geleia
<input type="checkbox"/> Chá	<input type="checkbox"/> Leite	<input type="checkbox"/> Milk Shake
<input type="checkbox"/> Outro <input type="text"/>		

Este biscoito doce é feito **somente com 4 ingredientes**: farinha proteica de girassol, banana, cacau e canela e preparado por **desidratação**, que é uma técnica usada para concentrar o sabor dos alimentos e deixá-los crocantes. Além disso, por ser um método que exige menor processamento, mantém seus nutrientes de forma mais íntegra.

O quanto você gostou do conceito deste produto?

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei moderadamente
- Gostei pouco
- Não gostei, nem desgostei
- Degostei pouco
- Degostei moderadamente
- Degostei muito
- Degostei muitíssimo

Com que frequência você consumiria este produto?

- Raramente
- De vez em quando
- 1 vez por mês
- A cada 15 dias
- 1 vez por semana
- Mais de uma vez por semana

Caso deseje, deixe aqui o seu comentário final: