



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
COLEGIADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**



JESSY GUIMARAES MENDES SANTANA

**ALIMENTOS DE BASE VEGETAL: INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA, IMPACTOS NA SUSTENTABILIDADE E
PERSPECTIVAS**

**OURO PRETO
2025**

JESSY GUIMARAES MENDES SANTANA

**ALIMENTOS DE BASE VEGETAL: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, IMPACTOS NA
SUSTENTABILIDADE E PERSPECTIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Erick Ornellas Neves (DEALI)

**OURO PRETO
2025**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S232a Santana, Jessy Guimaraes Mendes.

Alimentos de base vegetal [manuscrito]: inovação tecnológica
impactos na sustentabilidade e perspectivas. / Jessy Guimaraes Mendes
Santana. - 2025.

40 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Erick Ornellas Neves.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Proteína vegetal. 2. Sustentabilidade. 3. Inovação tecnológica. 4.
Regulamentação. I. Neves, Erick Ornellas. II. Universidade Federal de
Ouro Preto. III. Título.

CDU 664

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE NUTRICAÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Jessy Guimarães Mendes Santana

Alimentos de Base Vegetal: Inovação tecnológica, Impactos na Sustentabilidade e Perspectivas

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 12 de agosto de 2025

Membros da banca

Prof. Dr. Erick Ornellas Neves - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha - Examinador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira - Examinadora - Universidade Federal de Ouro Preto

Erick Ornellas Neves, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP na data de assinatura deste documento.



Documento assinado eletronicamente por **Erick Ornellas Neves, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/09/2025, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0973346** e o código CRC **A6F78E8F**.

Dedico esse trabalho ao padrinho Geraldo
Felix (in memoriam) e à vó Margarida
Mendes (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Expresso minha notável gratidão a Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, a Escola de Nutrição e principalmente ao corpo docente do curso Ciência e Tecnologia de Alimentos. Aos meus amigos: de curso, de vida, que tiveram diligência neste percurso. A minha família, pela prudência. As pessoas que conheci, na universidade, no estágio, nas repúblicas, nesta cidade e outras que tive oportunidade de falar sobre este conhecimento.

Aos pesquisadores: Daniel Peixoto - Terapeuta Naturopata e Daniel Forjaz - Biólogo.

RESUMO

Os alimentos de base vegetal (ABV) emergem como um dos principais vetores de transformação no sistema alimentar contemporâneo, sendo desenvolvidos para reproduzir propriedades sensoriais e nutricionais de produtos de origem animal, ao mesmo tempo em que respondem a demandas crescentes por sustentabilidade, saúde e ética no consumo. Este trabalho configura-se como uma revisão integrativa da literatura científica recente, abrangendo os avanços tecnológicos aplicados aos ABV, os principais ingredientes utilizados, seus impactos nutricionais e ambientais, bem como os desafios regulatórios e mercadológicos que circundam esse setor em expansão. As proteínas vegetais, sobretudo provenientes de soja e ervilha, representam o núcleo tecnológico dessas formulações, atuando como agentes estruturantes e funcionais, embora apresentem limitações relacionadas à biodisponibilidade de aminoácidos essenciais e à presença de compostos responsáveis por amargor e adstringência. Tecnologias emergentes, como extrusão de alta umidade, fermentação, fracionamento proteico, impressão 3D e encapsulação de bioativos, têm se mostrado promissoras na mitigação desses entraves e na ampliação da aceitação sensorial. Do ponto de vista regulatório, ainda prevalecem lacunas conceituais e normativas, especialmente em relação à rotulagem, identidade e composição mínima dos produtos, tanto no Brasil quanto em âmbito internacional. Paralelamente, os ABV apresentam vantagens ambientais expressivas em comparação a alimentos de origem animal, destacando-se pela menor emissão de gases de efeito estufa, menor uso de recursos hídricos e menor impacto sobre a biodiversidade. Entretanto, barreiras como custo elevado, acesso limitado, resistência cultural e percepção de artificialidade ainda restringem a consolidação do setor. Em síntese, os ABV constituem um campo dinâmico de inovação, situado na interface entre ciência de alimentos, saúde pública, sustentabilidade ambiental e regulação, assumindo papel estratégico na reconfiguração dos sistemas alimentares rumo a modelos mais resilientes e alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Palavras-chave: Alimentos de base vegetal; proteínas vegetais; sustentabilidade; inovação tecnológica; regulamentação.

ABSTRACT

Plant-based foods (PBFs) are emerging as one of the main drivers of change in the contemporary food system. They are being developed to replicate the sensory and nutritional properties of animal products, while responding to growing demands for sustainability, health, and ethical consumption. This work is an integrative review of recent scientific literature, covering technological advances applied to PBFs, the main ingredients used, their nutritional and environmental impacts, as well as the regulatory and market challenges surrounding this expanding sector. Plant proteins, mainly from soybeans and peas, represent the technological core of these formulations, acting as structuring and functional agents, although they have limitations related to the bioavailability of essential amino acids and the presence of compounds responsible for bitterness and astringency. Emerging technologies, such as high-moisture extrusion, fermentation, protein fractionation, 3D printing, and bioactive encapsulation, have shown promise in mitigating these obstacles and increasing sensory acceptance. From a regulatory standpoint, conceptual and normative gaps still prevail, especially in relation to labeling, identity, and minimum composition of products, both in Brazil and internationally. At the same time, PBFs offer significant environmental advantages over animal-based foods, notably lower greenhouse gas emissions, reduced use of water resources, and less impact on biodiversity. However, barriers such as high cost, limited access, cultural resistance, and perceptions of artificiality still restrict the consolidation of the sector. In summary, PBFs constitute a dynamic field of innovation, situated at the interface between food science, public health, environmental sustainability, and regulation, assuming a strategic role in the reconfiguration of food systems towards more resilient models aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Plant-based foods; plant proteins; sustainability; technological innovation; regulation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA	15
2.1	PRINCIPAIS TERMOS ASSOCIADOS	15
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1	PRINCIPAIS TECNOLOGIAS PARA PRODUTOS DE BASE VEGETAL	17
3.2	PRINCIPAIS INGREDIENTES UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO DE PRODUTOS DE BASE VEGETAL	18
3.3	IMPACTOS DO PADRÃO DE CONSUMO NA SAÚDE E NA SUSTENTABILIDADE ALIMENTAR.....	21
3.4	DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO MERCADO DE ALIMENTOS DE BASE VEGETAL.....	24
3.5	COMPARAÇÃO COM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL.....	27
3.5.1	<i>Complexidade Tecnológica de Produção</i>	<i>27</i>
3.5.2	<i>Vida útil e logística</i>	<i>28</i>
3.5.3	<i>Risco Tecnológico e Biológico</i>	<i>29</i>
3.5.4	<i>Custo Cognitivo e Conhecimento Técnico do Consumidor</i>	<i>30</i>
4	CONCLUSÃO	32
5	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Os *plant-based foods* ou ABV - alimentos de base vegetal - têm conquistado uma crescente relevância especialmente devido à sua atratividade na transição para uma alimentação que é ao mesmo tempo sustentável e ética. Eles são projetados para proporcionar uma alternativa sustentável à carne e a outros produtos de origem animal, visando replicar com precisão sua textura, sabor e estética (Zhang et al. 2023).

O conceito dos ABV está intrinsecamente vinculado à inovação tecnológica, proporcionando uma aproximação progressivamente mais autêntica em relação aos alimentos tradicionais (Khan et al. 2023). Entretanto, persiste um intenso debate acerca da nomenclatura comercial dos produtos, que se torna o fulcro das controvérsias no contexto da regulamentação dos ABV (Zhang et al. 2023).

De acordo com Zhang et al. (2023), a expressão “à base de plantas” tem sido amplamente empregada por pesquisadores em suas publicações e relatórios referente aos produtos ABV, os quais são predominantemente constituídos por proteínas de origem vegetal. Entretanto, até o presente momento, não foi formulada uma definição legal inequívoca para o termo “à base de plantas” em nível global.

Os consumidores, por sua parte, estabelecem uma conexão com esses alimentos com base nas experiências e nos benefícios que lhe são atribuídos, englobando aspectos como as características sensoriais, o valor nutricional e os aspectos relacionados à saúde, bem como a sustentabilidade (Ketelings et al 2023).

Nos trâmites regulatórios, Beacom, et al. (2021) abrange os ABV como uma categoria de “alimentos ... nos quais o ingrediente principal (ou ingredientes) consiste em um substituto para carne e para os produtos lácteos”. Os ABV distinguem-se dos alimentos vegetais integrais caracterizados como alimentos que passam por um processamento mínimo. A categoria vegetal abrange frutas, hortaliças, leguminosas, nozes e sementes. Em contraste com os alimentos vegetais integrais, os ABV têm como objetivo reproduzir a experiência sensorial associada a produtos de origem animal, priorizando as demandas essenciais dos consumidores por sabor, familiaridade e conveniência (Bryant, 2022).

Zhang et al. 2023, evidencia que diversas associações responsáveis pela definição de padrões de qualidade para esses produtos reconhecem a inclusão de

aromas, gomas e microrganismos nas fórmulas (excluindo água e sal) como passíveis de certificação como ABV pela *PBFA - Plant-Based Food Association*. Além disso, pequenas quantidades de aditivos alimentares de origem animal também são permitidas.

A depender dos ingredientes empregados, esses alimentos podem desempenhar um papel importante na promoção de uma dieta mais equilibrada e na formulação de produtos que apresentam propriedades funcionais. O uso da fibra alimentar está associado às características reológicas das emulsões cárneas, a qual pode ainda atuar como um componente de grande valor na promoção da saúde pública. Essa relação se manifesta ao influenciar tanto as propriedades reológicas quanto as térmicas do produto. O enriquecimento das refeições por meio da adição de fibras alimentares é uma estratégia importante para aprimorar os aspectos nutricionais e fisiológicos dos indivíduos (Plakantonaki et al 2023).

Os ingredientes empregados nos ABV são predominantemente associados às alterações reológicas abrangendo aspectos como viscosidade e textura, bem como a sua contribuição nutricional, sabor, coloração, funcionalidade e estética (Bryant, 2022).

Entre os ABV mais investigados sobressaem-se os análogos cárneos, análogos lácteos e os alimentos voltados para refeições prontas, sobremesas e lanches (Beacom et al. 2021, Knorr e Sevenich, 2023). Estes produtos têm como foco consumidores que buscam reduzir ou eliminar produtos de origem animal, sendo estes motivados por diversas razões (Aschemann-Witzel et al., 2020).

Os ABV emulam as propriedades sensoriais de itens tradicionais de origem animal, buscando estabelecer uma identificação comercial que os vincule a esses produtos. Contudo, essa busca pode acarretar desafios, tanto no âmbito comercial quanto na aceitação por parte dos consumidores. A tentativa de replicar as experiências sensoriais associadas a produtos animais convencionais pode provocar confusão entre os consumidores, gerando ambivalência em suas escolhas. Contudo, a presença de um número excessivo de ingredientes pode vincular tais alimentos ao termo ultraprocessado, configurando-se desse modo, como um fator impeditivo para determinados consumidores (Maganinho et al 2024).

A consumo de ABV busca se apoiar na promoção da saúde, no aprimoramento das práticas higiênicas na produção e na impulsão do desenvolvimento de tecnologias inovadores. Os ABV possuem reduzidos níveis de gorduras saturadas e açúcares, além de serem ricos em fibras e compostos bioativos. A incorporação de propriedades funcionais nesses produtos desempenha um papel importante na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, reforçando assim as iniciativas de intervenção em saúde pública (Plakantonaki et al 2023). A ampliação desse segmento de mercado é um reflexo do consumo consciente e sustentável, cuja viabilidade econômica se manifesta por meio do incremento no faturamento e a solidificação de novas propostas de consumo (Beacom et al 2021).

Dessa forma, uma definição para este conjunto de alimentos deve abranger uma variedade de aspectos, permitindo a sincronização entre as exigências dos consumidores, as capacidades técnicas disponíveis, e a normativa legal em vigor. No Brasil, os ABV estão sujeitos a diversas legislações, cada uma correspondendo a uma nomenclatura ampla e variada. Com o intuito de proporcionar diretrizes claras tanto para produtores quanto para consumidores o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – (ANVISA) têm se empenado na análise e aprimoramento da regulamentação a ser utilizada para este grupo de alimentos. A Portaria 327, datada de junho de 2021 e emitida pelo MAPA, instituiu um processo de consulta pública visando estimular o debate em torno da regulação dos ABV autodenominados *plant-based foods*. Em setembro de 2022, a ANVISA promoveu uma reunião com o objetivo de elucidar os principais desafios e questões pertinentes à regulação, dando início a uma Análise de Impactos Regulatórios (AIR). (FIGURA. 1). Em 2023, a Portaria 831 delineou exigências mínimas referentes à identidade, qualidade e rotulagem, considerando-os como alimentos de base vegetal (BRASIL, 2021 a; BRASIL, 2023 b, BRASIL, 2023 c).

Embora não exista uma legislação consolidada a respeito, as deliberações têm progredido. Atualmente no Brasil os produtos se enquadram nas seguintes categorias: mistura para alimentos preparados, e alimentos prontos para consumo e produtos vegetais. (BRASIL, 2022 1; BRASIL, 2022 2).

Figura 1 - Regulação *Plant-Based*: Atualizações da Anvisa.



Fonte: ANVISA (2022)

A imposição de rotular alimentos como: Análogo Vegetal de [produto animal], juntamente com a exigência de incluir a advertência: Este produto não substitui o seu análogo de origem animal - em termos nutricionais ou funcionais, é alvo de críticas por restringir o marketing e inovação em comparação com ofertas internacionais. A regulamentação carece de critérios específicas relacionadas à composição mínima, à presença de resíduos químicos e a realização de testes microbiológicos. Designações como “hambúrguer vegetal” seriam autorizadas apenas secundariamente. Preparações culinárias prontas permanecerão isentas da regulamentação (BRASIL, 2023). Em contexto internacional diversas deliberações contestam a utilização de denominações associadas a produtos de origem animal como: “leite” e “hambúrguer”, para identificação dos ABV. Em diversas nações, é uma exigência legal assinalar nos rótulos a natureza completamente vegetal do produto (PARLAMENTO EUROPEU, 2021; PROCESSED FOOD INDUSTRY, 2022; Zhang et al., 2023)

Apesar de uma definição não muito clara sobre este grupo de alimentos, um número crescente de consumidores demonstra confiança em sua decisão por alimentos ABV (Faber et al., 2024). Estudos indicam um crescimento significativo no interesse, motivado por considerações relacionadas à saúde, sustentabilidade e ética no tratamento dos animais. No entanto, a compreensão sobre estes alimentos permanece restrita, sendo necessárias mais informações em relação ao seu valor nutricional e ao nível de processamento a que foram submetidos (Plakantonaki et al.,

2023). A transformação nos padrões de consumo está ligada intrinsecamente à percepção sensorial, à disponibilidade de recursos, ao saber culinário e à disseminação de informações (Clark, Bogdan, 2019; Gonera et al., 2024 Granato, Wassmann, 2024).

Esses produtos oferecem vantagens significativas no que diz respeito à redução do impacto ambiental, à salvaguarda dos direitos dos animais e à consonância com os valores fundamentais de um grupo de consumidores. No entanto obstáculos como a desconfiança em relação ao sabor, os hábitos alimentares arraigados e a percepção de artificialidade continuam a restringir a adoção. É de suma importância entender a função dos ABV em construções alimentares sustentáveis, especialmente ao lidarmos com os desafios de século XXI (Beacom et al., 2021).

Este estudo tem como objetivo consolidar conhecimentos provenientes de estudos acerca de alimentos de base vegetal, fundamentando-se e assentando em publicações que promovam não apenas a conscientização, mas também o aprofundamento da percepção cognitiva dos observadores na busca desses alimentos em suas escolhas alimentares

2 METODOLOGIA

Esta revisão científica configura-se como uma análise integrativa da literatura, um método que propicia a síntese de conhecimentos e a incorporação de evidências científicas.

A fundamentação da revisão foi baseada na busca por artigos redigidos no idioma inglês que explorassem o tema de alimentos à base vegetal. Conduzida através da base de dados eletrônica *Scopus*, a seleção dos trabalhos que não demonstravam relação direta com a temática proposta foi eliminada.

Os principais termos de busca empregados foram: *plant-based food, definition, sustainability, health, main products, ingredientes*, interligados por meio de operadores booleanos *AND* e *OR*. No primeiro momento, os artigos foram identificados por meio da análise dos títulos e resumos. Em seguida, procedeu-se a leitura na íntegra dos estudos selecionados, a fim de avaliar sua elegibilidade. Os dados extraídos foram estruturados no Zotero, um gerenciador de referências e citações, que permite o armazenamento, a cita e a geração automática de bibliografias. A análise foi realizada de forma descritiva em editores de texto, classificando as informações conforme as diferentes abordagens.

2.1 PRINCIPAIS TERMOS ASSOCIADOS

Em pesquisa científica, os termos associados designam palavras ou expressões que guardam relação com o tema central da investigação, desempenhando uma função crucial na otimização da busca por informações em bases de dados. Na plataforma *Scopus*, durante o período compreendido entre 2019 e 2024, foram identificados um total de 3.707 artigos de revisão e 12.676 artigos originais relacionados ao termo *plant-based*, (ELSEVIER, 2025). (QUADRO 1).

Neste compilado são evidenciadas as 30 palavras de maior recorrência nos artigos de revisão e nos artigos trabalhos originais, analisadas nos elementos *Title, Abstracts, Autor Keywords e Index Keywords*”, utilizando o *software R* versão 4.5.1 R CORE TEAM de 2025. Palavras como *plant-based, food/foods, plant/plants, e based*, são antevistas devido à sua associação direta com o termo pesquisado na plataforma *Scopus*.

Quadro 1 – Frequência e ordem decrescente de citação em campos *Title*, *Abstracts*, *Autor Keywords* e *Index Keywords* de artigos de revisão e de trabalhos originais publicados entre 2020 e 2024 vinculados ao termo *plant-based* na plataforma *Scopus*.

Ordem	Palavra (Revisão)	Frequência	Ordem	Palavra (Originais)	Frequência
1	plantbased	7019	1	plantbased	21101
2	food	6590	2	protein	18091
3	plant	5771	3	plant	16713
4	protein	4721	4	food	15188
5	diet	4481	5	diet	13836
6	health	3502	6	analysis	9613
7	plants	3102	7	plants	9585
8	products	3101	8	meat	8767
9	dietary	2886	9	acid	8669
10	human	2828	10	dietary	8171
11	potential	2728	11	activity	7009
12	disease	2648	12	based	6725
13	proteins	2531	13	properties	6596
14	meat	2526	14	potential	6286
15	properties	2433	15	water	6265
16	drug	2408	16	products	6237
17	activity	2275	17	health	6186
18	foods	2186	18	power	6014
19	compounds	2138	19	human	5738
20	effects	2123	20	animal	5518
21	acid	2111	21	energy	5406
22	natural	2045	22	proteins	5240
23	research	2027	23	different	4941
24	cancer	1987	24	production	4883
25	development	1837	25	intake	4872
26	production	1795	26	cell	4856
27	animal	1692	27	milk	4847
28	nutritional	1683	28	showed	4815
29	diets	1660	29	control	4695
30	treatment	1621	30	extract	4666

Fonte: O autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS PARA PRODUTOS DE BASE VEGETAL

Os alimentos que servem como principais padrões de referência para os ABV são, predominantemente, os alimentos cárneos e os lácteos (Klapp et al. 2022). Esses alimentos de base vegetal buscam mimetizar propriedades funcionais, sensoriais e a composição química dos produtos de origem animal. Tal abordagem visa oferecer ao consumidor uma expectativa clara sobre o perfil desses alimentos. Essas referências desempenham um papel fundamental na avaliação do valor nutricional adequado, considerando que os produtos de origem animal são ricos em proteínas, vitaminas e minerais (Maganinho et al. 2024).

Boukid et al. (2023) indicam que as bebidas de base vegetal, similares ao leite, são elaboradas a partir de extratos solúveis em água, obtidos de leguminosas, sementes, oleaginosas, nozes, cereais e pseudocereais, o que confere a essa bebida uma aparência e uma textura similares ao leite. A produção de ABV lácteos, como pastas, molhos emulsionados e cremes vegetais, que se caracterizam como produtos viscoelásticos, contém substâncias como carboidratos e proteínas que, ao interagirem com a água, modificam o perfil reológico desses alimentos (Dobson, Marangoni 2023; Lapcikova et al. 2024).

No âmbito da tecnologia de alimentos, certos microrganismos demonstram a capacidade de gerar proteases seletivas, cuja aplicação se estende à elaboração de ABV lácteos (Madsen et al., 2021). Além disso, os processos de fermentação possibilitam o desenvolvimento de uma variedade considerável de alternativas alimentares que replicam com eficácia as propriedades sensoriais associadas aos produtos de origem animal (Abbaspour, 2024). Łopusiewicz (2024) revela que as bebidas fermentadas elaboradas a partir de soja, aveia ou amêndoas apresentam uma elevada probabilidade de preservação das bactérias ácido-láticas além de proporcionar condições físico-químicas favoráveis.

Os avanços nas áreas de ciência e tecnologia de alimentos contribuem para o desenvolvimento de ABV, motivado por considerações estratégicas previamente identificadas. Um dos mais importantes desafios que os produtores de ABV enfrentam é a mimetização dos produtos de origem animal, valendo-se da análise sensorial como

ferramenta, a qual promove o avanço na concepção de novas formulações (Grasso et al. 2020).

Fontes de proteínas vegetais combinadas com os avanços tecnológicos, como a texturização de proteínas e a otimização dos métodos de cocção, possibilitam a elaboração de produtos que replicam a complexidade intrínseca desses alimentos. A modificação das proteínas vegetais globulares em estruturas fibrilares constitui um progresso significativo na mimetização da conformação muscular dos tecidos animais. Além disso, a extrusão de alta umidade facilita o alinhamento e a organização dessas proteínas vegetais, resultando em uma densidade e aparência que se assemelham às da carne animal (Zha et al. 2021; Singh et al. 2024; Amjanyakun et al. 2024)

O aprimoramento dessas metodologias é fundamental para elevar a competitividade dos produtos vegetais. Outras tecnologias emergentes, como a impressão tridimensional de alimentos, a *eletrosspinagem* e os processos de fermentação, expandem significativamente essas oportunidades. A impressão 3D possibilita um controle meticuloso sobre a configuração estrutural dos alimentos, enquanto a eletrosspinagem catalisa a criação de fibras ultrafinas. Complementarmente, o processo de fermentação aprimora o sabor, mas também incrementa a biodisponibilidade dos nutrientes contidos neles. A encapsulação de compostos bioativos emerge como uma estratégia complementar para assegurar a adequada oferta nutricional (Jia et al. 2024).

No entanto, a replicação integral das propriedades sensoriais da carne, incluindo sua suculência e a complexidade de sabores, continua a representar um desafio tecnológico que exige esforços de pesquisas incessantes. De maneira geral, o processo tecnológico emerge como um fator primordial na consolidação do mercado de ABV, conforme evidenciado por Nasrollahzadeh et al. (2024), Ettinger et al. (2024), Jia et al. (2024).

3.2 PRINCIPAIS INGREDIENTES UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO DE PRODUTOS DE BASE VEGETAL

Os ingredientes empregados na formulação de ABV exercem uma variedade de funções, destacando-se as associadas às características sensoriais, propriedades

funcionais e perfil nutricional. Dentre os ingredientes disponíveis há grande destaque para aqueles ricos em proteínas (Ketelings et al., 2023).

Entre os ingredientes utilizados na formulação de ABV destacam-se a soja, ervilha, leguminosas, cereais, trigo, lentilhas, tofu, fungos, microalgas, espirulina, cogumelos, corantes naturais e fitonutrientes, grama de cavalo, favas, canola, arroz, girassol, feijão, coco, caju, amêndoa, cânhamo, sementes oleaginosas, aveia e avelã (Grasso et al. 2020, Beacom et al. 2021, Bryant. 2022, Boukid et al. 2023, Romao et al. 2023, Zhang. et al. 2023, Chervenkov et al. 2024, Devi et al. 2024, Eitzbach et al., 2024, Łopusiewicz. 2024, Zhang. et al. 2024). As principais fontes de proteínas naturais empregadas em ABV abarcam leguminosas como soja e ervilha, cereais como a aveia, sementes como o arroz e oleaginosas incluindo amêndoas e castanha de caju. Romão et al (2022) enfatizam que a soja e a ervilha desempenham um papel fundamental na formulação de alternativas à carne e ao leite em virtude de seu elevado teor proteico. Os avanços na tecnologia de processamento e nos ingredientes têm o potencial de impulsionar significativas melhorias nos ABV (Bryant, 2022).

As proteínas figuram como o epicentro das deliberações científicas e técnicas no âmbito da indústria alimentícia. Essas fontes proteicas necessitam, simultaneamente, atender a rigorosa demanda nutricionais e requisitos técnicos, destacando-se como agentes emulsionantes na formação de produtos alimentares. Essas moléculas anfifílicas, que possuem a capacidade de interagir com óleo e água, atuam na redução da tensão interfacial, estabelecendo assim emulsões estáveis. No entanto, a eficácia dessas proteínas de origem vegetal pode variar em função de sua solubilidade, estado de agregação ou conformação estrutural. Isso resulta em um desafio na elaboração de padrões e na sua implementação (Schweigger-Weisz et al. 2021, McClements et al. 2023).

A ausência de métodos analíticos padronizados, entretanto, compromete a avaliação comparativa entre novas fontes de proteína e dificulta a seleção da mais adequada para cada categoria de produto (McClements et al. 2022). Além disso, as proteínas de origem vegetal exibem uma biodisponibilidade inferior em comparação às suas similares animais, frequentemente manifestando uma carência em aminoácidos essenciais como a metionina e/ou a lisina (Bonke et al. 2020, Xie et al. 2023, Zhang et al. 2024).

Cosson et al. (2020) relatam que os isolados de ervilha apresentam sabores indesejáveis, incluindo amargor, adstringência e notas de feijão cru, características atribuídas à presença de compostos voláteis, como o hexanal e composto fenólicos, como o ácido cafeico. A abordagem de formulação fracionada, ao empregar distintas frações do isolado proteico, revelou-se altamente eficaz na redução das percepções sensoriais negativas.

Em uma análise aprofundada das características e funcionalidades preponderantes das proteínas em formulações de alimentos *plant-based*, (QUADRO 2), a discussão concentra-se em sua influência na estabilidade e no comportamento durante as etapas de o processamento, com o objetivo de aprimorar visando melhorar a qualidade sensorial e funcional dos produtos.

Quadro 2 - Aspectos Fundamentais da Proteína em Produtos Plant-Based

Aspecto	Detalhes
Fontes Comuns	Soja, ervilha (Romão et al., 2022)
Teor de Proteína	Até 90% em isolados (ervilha e soja); menor em bebidas vegetais comerciais (Romão et al., 2022)
Funções Tecnológicas	Emulsificação, formação de gel, espuma, retenção de água e óleo (McClements et al., 2022)
Desafios Sensoriais	Amargor, adstringência e sabor terroso (Cosson et al., 2021)
Soluções Tecnológicas	Fermentação, fracionamento, aromatização, remoção de compostos voláteis (Łopusiewicz, 2024; Cosson et al., 2021)
Impacto Nutricional	Rica em aminoácidos essenciais, mas pode carecer de metionina e lisina em algumas fontes isoladas (Chen & Luo, 2024)
Comparação com Animais	Proteínas vegetais são menos biodisponíveis, mas têm menor impacto ambiental e risco à saúde (Springmann, 2024)
Consumo e Acesso	Impactado por conhecimento, renda e localidade. Pessoas de alta renda tendem a consumir mais proteínas vegetais in natura (Brandner et al., 2022)

Fonte: O autor

3.3 IMPACTOS DO PADRÃO DE CONSUMO NA SAÚDE E NA SUSTENTABILIDADE ALIMENTAR

Os aspectos associados à orientação de consumo são complexos, pois há grande número de subdivisões que incluem, por exemplo: veganos, vegetarianos, lacto-ovo-vegetarianos, pescetarianos e flexitarianos. Essas classificações das orientações alimentares de base vegetal, frequentemente consideradas como "restritivas" ou "inferiores" revelam-se inadequadas sob a perspectiva técnico-nutricional e conceitual (Zhang, 2023). Conforme observado por Pieters, Swanepoel (2021), essas flexibilidades indicam que tais práticas não impõem limitações arbitrárias, mas sim refletem escolhas alimentares deliberadas, voltadas para a promoção da saúde.

Pieters, Swanepoel (2021), evidencia que, quando adequadamente elaboradas, as dietas baseadas em ABV possuem a capacidade de suprir as demandas nutricionais, além de propiciar benefícios substanciais para a saúde cardiovascular e metabólica. A Sociedade Europeia de Cardiologia (ESC, 2021) indica uma abordagem nutricional que privilegia uma dieta predominantemente baseada em vegetais, ao mesmo tempo em que sugere a diminuição da ingestão de carnes vermelhas e processadas.

De acordo com pesquisadores, os ABV podem orientar uma composição nutricional análoga à da carne tradicional. Entretanto, tal equivalência demanda um alto nível de processamento, o que torna desafiadora a tarefa de determinar qual das alternativas é mais benéfica à saúde. (Neuenschwander et al., 2023, Da Cruz Nascimento et al. 2024, Springmann, 2024). Para otimizar o potencial nutricional das proteínas e a biodisponibilidade dos nutrientes de fonte vegetais, recomenda-se a adoção de estratégias como a fortificação com aminoácidos essenciais, probióticos, o melhoramento genético das plantas para aprimorar seus perfis proteicos, bem como a associação sinérgica do consumo de diversas fontes vegetais complementares (McClements, 2023, Cichonska, Ziarno 2022).

No que concerne aos efeitos na saúde, os ABV são tem a capacidade de reduzir a incidência de doenças crônicas, incluindo enfermidades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2 e determinados tipos de câncer. Tais benefícios são predominantemente atribuídos à ausência de gorduras saturadas e colesterol, substâncias que são

comumente presentes em produtos de origem animal (Ruby et al., 2024). Além disso, o consumo elevado de produtos de origem animal tem sido associado a um aumento significativo no risco de doenças cardiovasculares e obesidade, em grande parte em virtude do elevado conteúdo presentes nesses produtos de gorduras saturadas e colesterol (Donato et al. 2024).

Um exemplo que corrobora com este ponto é a chia. Essa semente é rica em fibras e ácidos graxos ômega-3, bem como compostos antioxidantes que desempenham um papel significativo na promoção da saúde cardiovascular e na redução do risco de doenças crônicas (Chen, Luo. 2024).

Alimentos de origem animal, como a carne, o leite e os ovos, são tradicionalmente reconhecidos por serem fontes completas de proteínas, contendo todos os aminoácidos essenciais necessários ao organismo. Em contraposição, diversos ABV podem apresentar deficiência em determinados aminoácidos como a lisina, e geralmente são classificados como proteínas incompletas. No entanto, essa limitação pode ser mitigada por meio da combinação estratégico de diferentes fontes vegetais, como leguminosas e cereais, que, quando associadas, oferecem uma proteína completa e adequada para a alimentação humana (Chen, Luo, 2024).

As proteínas de origem animal tendem a apresentar uma maior biodisponibilidade, o que implica que são absorvidas e assimiladas com mais facilidade pelo organismo humano, em comparação às proteínas de origem vegetal. Essas superioridades na absorção resultam das particularidades na composição dos aminoácidos e na estrutura molecular das proteínas animais, que, por sua vez são mais acessíveis à digestão (Ruby et al. 2024).

A análise comparativa entre ABV e alimentos de origem animal foi realizada por Osemwegie et al. (2023) em relação aos efeitos na saúde e ao meio ambiente. As evidências indicam que a produção de carne e produtos lácteos é responsável por emissão significativa de gases de efeito estufa, consumo excessivo de água e degradação de recursos naturais. Em contrapartida, os ABV, como grãos e leguminosas, demandam uma quantidade inferior de recursos e acarretam menor em impactos ambientais (Donato et al. 2024, Ruby et al. 2024).

Os ABV são elaborados com o intuito de substituir carnes, peixes, ovos e laticínios, em contraste com frutas e vegetais, o que indica que os consumidores os

consideram alternativas diretas aos alimentos de origem animal (Bryant. 2022, Ketelings et al. 2023).

Pesquisa sobre Avaliação de Ciclo de Vida (ACV - 2012), revelam que os ABV apresentam uma pegada de carbono significativamente inferior em comparação aos produtos de origem animal. Enquanto alternativas vegetais produzem entre 1 e 2 kg de CO₂, os produtos de origem animal como ovos, aves, suínos e bovinos podem gerar até 120 kg de CO₂. Isso evidencia que os ABV podem ser até 120 vezes mais eficientes em termos de emissão de carbono (Bryant. 2022, Polyak 2023). Além disso, a cadeia produtiva dos ABV requer uma diminuição de fertilizantes, pesticidas e combustíveis fósseis, resultando em uma liberação menor de substâncias carcinogênicas no ambiente quando contrastada com os produtos de origem cárneos (Boix-Fayos et al 2023).

A redução do consumo de carne, aliada à inovação, poderá atenuar a pressão sobre a expansão agrícola e favorecer a conservação da biodiversidade, ao mesmo tempo em que incentiva a adoção de práticas de agricultura e processamento de precisão. Embora haja um consenso acerca da maior sustentabilidade dos ABV, persiste um debate sobre o impacto ambiental decorrente do seu nível de processamento. Isso se deve à demanda por energia adicional, o que torna importante avaliações mais aprofundadas futuramente (Krrzywonos, Piwowar-Sulej, 2022, Menta et al 2022).

Blanco-Gutiérrez et al (2020) enfatiza a relevância de promover uma adaptação sustentável dos sistemas alimentares por meio de modelos alternativos de consumo que minimizem os impactos ambientais associados às decisões alimentares. Os pesquisadores salientam que a promoção da sustentabilidade nos sistemas alimentares globais é crucial para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, assim como para a manutenção dos parâmetros estabelecidos pelo Acordo de Paris da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). Isso se torna ainda mais urgente considerando que será necessário um incremento de pelo menos 50% na capacidade produtiva de alimentos até o ano de 2050.

Springmann (2024) indica alternativas, entre as quais se destaca a cultura celular, que possibilita a produção de carne em ambiente laboratorial, eliminando a

necessidade de abate de animal. Além disso, menciona a biotecnologia com enfoque com maior valor nutricional e resistência, otimizando o uso de recursos. Também aborda métodos avançados de processamento de alimentos como a extrusão (Zhang et al., 2023), a fermentação e o uso de partículas de Pickering a partir de proteínas vegetais (Tian et al., 2024).

A prática de criação intensiva de animais levanta preocupações éticas no que tange ao bem-estar dos seres sencientes, além de instigar questionamento ambientais que se entrelaçam com a devastação de ecossistemas florestais e a contaminação de recursos hídricos e do solo (Chen, Luo 2024). Segundo Prag, Henriksen (2020), a brutalidade imposta aos animais, em certos processos de produção alimentar, é desnecessária.

3.4 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO MERCADO DE ALIMENTOS DE BASE VEGETAL

Os consumidores exibem uma ampla gama de atitudes e comportamentos em relação à alimentação, o que exige a implementação de estratégias de comunicação e marketing cuidadosamente adaptadas (Sucapane et al. 2021, Jaeger et al. 2023). Para uma transição alimentar bem-sucedida, é fundamental levar em conta diversos fatores, entre os quais se destacam: a acessibilidade dos alimentos e a competitividade de seus preços; a disponibilização de orientações sobre o preparo culinário dos mesmos; a inovação contínua nos produtos e a promoção de educação alimentar focada em opções (Denver et al. 2023, Donato et al. 2024, Farrar et al. 2024).

Em pesquisa conduzido por Beacom et al (2021) foi identificado que uma parcela de consumidores apresentava incerteza acerca da integração dos análogos de laticínios em seus preparos. Estes consumidores manifestavam receio em relação à aceitação desses produtos por outros membros da família, o que, por sua vez, os impedia de adquiri-los ou de incorporá-los em seus hábitos alimentares. Esse aspecto realça a relevância do contexto social a familiar nas decisões alimentares, evidenciando como a aceitação coletiva molda as escolhas individuais de aquisição e consumo.

O segmento de ABV tem experimentado um crescimento expressivo nos últimos anos, catalisado por uma transformação nas preferências dos consumidores, que estão cada vez mais inclinados a optar por alternativas saudáveis e sustentáveis. Entretanto, mesmo diante desse crescimento, o setor se depara com uma série de obstáculos que precisam ser superados a fim de assegurar sua consolidação e futura expansão (Schram, Townsend, 2021).

Donato et al. (2024) indicam que a resistência à adoção de ABV permanece robusta em grupos que habitualmente se identificam com o consumo de carne, o que complica a aceitação desses produtos. Para transcender esse desafio, torna-se imprescindível elaborar estratégias de marketing e comunicação que realcem as particularidades entre os consumidores de carne e aqueles que preferem ABV. Tal abordagem visa mitigar a resistência e promover uma maior aceitação.

O conceito de ABV ainda é considerado confuso por algumas pessoas. Isso faz com que alguns possíveis consumidores encontrem resistência em famílias que tem uma dieta predominantemente carnívora, o que pode complicar integração destes produtos nas refeições destas pessoas. Os consumidores carecem de familiaridade e conhecimento acerca da utilização de ABV, em particular no que se refere a produtos lácteos. Questionamentos acerca da adequação culinária relacionada à substituição ou combinação desses ingredientes nas receitas podem suscitar inseguranças e inibir a experimentação, reduzindo consequentemente, as chances de uma transição alimentar bem estruturada (Jezewska-Zychowicz et al. 2024).

Os ABV apresentam um custo superior em relação aos produtos de origem animal, o que restringe seu consumo, particularmente entre as populações de menor poder aquisitivo (Abbaspuor, 2024). Um dos desafios contemporâneos reside na limitada oferta de produtos ABV no mercado, fator que tende a desencorajar aqueles consumidores que almejam uma maior variedade em suas opções alimentarem. Entretanto, o setor de proteínas de ABV revela-se repleto de oportunidades promissoras, especialmente à medida que um número crescente de consumidores se volta para as refeições de base vegetal, motivados por questões relativas ao bem-estar animal, à sustentabilidade ambiental, à saúde pessoal. (Blanco-Gutiérrez et al. 2020, Donato et al. 2024).

A implementação de políticas públicas que promovam a produção e consumo de alimentos ABV, incluindo subsídios e iniciativas de conscientização, tem o potencial

de acelerar significativamente essa transição, estabelecendo um ambiente propício ao desenvolvimento sustentável do (Silva et al. 2023, Klapp et al., 2022).

A inovação é o motor propulsor da transformação e do progresso, representando a capacidade de introduzir ideias, produtos, ou processos que não apenas desafiam o *status quo*, mas também proporcionam soluções eficazes para problemas contemporâneos. Ela incita um pensamento ousado e criativo, catalisando avanços significativos em diversas esferas, desde a tecnologia até as ciências sociais, e pavimenta o caminho para um futuro dinâmico e sustentável. A continuidade, em sinergia com estratégia de marketing eficazes e suporte governamental será importante para promover o pleno potencial desse mercado e fomentar a adoção em massa de escala de alternativas de base vegetal (Abbaspour 2024, Donato et al. 2024).

As diretrizes de políticas públicas e as inovações no setor alimentar devem ser fundamentadas baseadas em evidências científicas, escoltadas de incentivos econômicos e subsídios destinados a fortalecer a produção agrícola. Tais medidas são essenciais para a diversificar as fontes de renda dos agricultores, mitigar os efeitos de produtos oriundos de base vegetal. A educação e a disseminação de informações configuram-se como abordagens cruciais para promover a aceitação de ABV e exercer um impacto expressivo sobre os mercados (Clay et al. 2020, Temme et al. 2020, Martin et al. 2021).

Apesar de apresentar um menor impacto ambiental e proporcionar vários benefícios à saúde, há uma persistente percepção entre os consumidores de que os produtos ABV são, de alguma forma, inferiores em sabor e textura quando confrontados com carnes e laticínios (Ruby et al. 2024). Para confrontar esse desafio, os desenvolvedores têm empenhado consideráveis esforços na criação de alternativas que não apenas replicam os produtos de origem animal, mas também proporcionam uma experiência sensorial equivalente, potencialmente elevando a aceitação desses alimentos pelo público em geral (Chen, Luo. 2024)

As perspectivas em relação aos ABV, especialmente no que tange à sinergia entre diferentes fontes vegetais e os progressos tecnológicos na produção alimentar, delineiam caminhos promissores e mais saudáveis para o futuro da alimentação. Todas as partes interessadas convergem na opinião de que a principal oportunidade

para esses produtos inovadores reside no vasto e emergente mercado que se apresenta (Blanco-Gutiérrez et al. 2020, Donato et al. 2024, Ruby et al. 2024).

3.5 COMPARAÇÃO COM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL

3.5.1 Complexidade Tecnológica de Produção

A complexidade tecnológica subjacente à produção de ABV se destaca como um dos elementos distintivos em comparação aos produtos origem animal. Enquanto estes últimos são elaborados a partir de uma matriz biológica já estruturada, os ABV demandam uma meticulosa engenharia de textura, sabor, coloração e perfil nutricional. Essa realização implica o uso de ingredientes proveniente de diversas fontes e a adoção de tecnologias emergentes que englobam uma variedade de processos. Um exemplo é a extrusão de alta umidade (*High Moisture Extrusion Cooking*), uma técnica que possibilita a criação de estruturas fibrilares análogas às fibras musculares (Zhang et al. 2023).

Este procedimento exige uma supervisão meticulosa de diversas variáveis, incluindo temperatura, umidade, taxa de cisalhamento e tempo de residência, a fim de assegurar a obtenção de níveis apropriados de anisotropia. Este conceito se refere à propriedade pela qual um material manifesta características físicas, estruturais ou funcionais distintas, variando conforme a direção da análise (Zink et al., 2024). Desconsiderar a anisotropia pode levar a imprecisões na previsão de propriedades físico-químicas, características sensoriais ou na estimativa da vida útil, bem como na elasticidade da matriz proteica (Patel, 2025).

Outros autores como Schweigger et al. (2021) e Bohrer (2021) destacam o papel de ingredientes funcionais como proteínas isoladas, hidrocoloides (goma xantana, carragena), emulsionantes (lecitinas), corantes naturais (betalaínas, extratos de beterraba) e flavorizantes encapsulados na reconstituição sensorial de ABV. Estes componentes não apenas emulam as características sensoriais da carne, mas também asseguram a estabilidade físico-química e a reatividade ao longo dos processos térmicos e mecânicos. Além disso, estudos como o de Etzbach et al. (2024) e Cosson et al. (2021), indicam que há uma interdependência tecnológica entre as fases de formulação, mistura, texturização, conformação e resfriamento, o que aumenta a complexidade e o custo do processo.

Outra tendência emergente é o uso de tecnologias conhecidas como *clean label*, cuja principal finalidade é minimizar a utilização de aditivos artificiais. No entanto, essa abordagem apresenta um paradoxo, pois, ao buscar alternativas naturais que ofereçam funcionalidades tecnológicas equivalentes, acaba por aumentar a complexidade dos processos envolvidos (Zha et al. 2021). Isso impõe desafios significativos aos limites do desenvolvimento de novos ingredientes, exigindo, além disso, a realização de testes sensoriais e análises físico-químicas que são não apenas mais complexos, mas também requerem um tempo considerável para sua execução (Etzbach et al. 2024).

3.5.2 Vida útil e logística

A vida útil dos produtos *plant-based* é uma das variáveis críticas que impactam sua viabilidade comercial e a logística de sua distribuição. Em contraste com os produtos de origem animal, os ABV exibem uma diversidade de formulações, o que torna a padronização da vida útil mais desafiadora. (Zha et al, 2021)

Conforme apontado por Kyriakopoulou et al. (2021-a, 2021-b) e Bohrer (2021), os ABV frequentemente incorporam proteínas vegetais que possuem uma baixa atividade antimicrobiana natural, o que os torna suscetíveis a contaminações, especialmente por microrganismos psicrotróficos e fungos filamentosos. Para contornar isso, a combinação de fatores intrínsecos e extrínsecos, juntamente com a aplicação de embalagens em atmosfera modificada (MAP), o emprego de antioxidantes naturais como tocoferóis e extratos de alecrim, bem como a utilização de barreiras físicas como filmes comestíveis e laminações multiestruturadas, contribui a minimizar essas atividades indesejadas.

Um aspecto significativo considerável é a ausência de compostos como a mioglobina, que atua como antioxidante natural e reduzindo a susceptibilidade à oxidação lipídica em ABV. Isso é particularmente relevante em formulações que incorporam óleos vegetais ricos em ácidos graxos poli-insaturados, os quais demandam estratégias de formulação específicas, incluindo o emprego de encapsulamento lipídico, a fim de garantir a estabilidade do produto (Sha, Xiong (2020).

No que tange à logística, os ABV podem oferecer vantagens significativas em comparação aos produtos animais. Muitos desses alimentos são estáveis à

temperatura ambiente, enquanto outros necessitam de apenas refrigeração. Em contraste com carnes e laticínios, essa característica resulta em uma diminuição substancial nos custos associados ao transporte e armazenamento. Ademais, os produtos de origem vegetal, quando apresentados em formas desidratadas, em pó ou liofilizadas, podem dispor de uma vida útil prolongada, chegando a períodos que variam de 12 a 18 meses sem a necessidade de refrigeração. Isso os torna especialmente adequados para sistemas de distribuição de longa distância e programas de alimentação institucional (Tso et al. 2022).

Existem numerosos desafios ligados à padronização regulatória da validade, em grande parte devido à heterogeneidade de ingredientes, aditivos e tecnologias implicadas. Contudo, as análises aceleradas de estabilidade, somadas ao avanço no desenvolvimento de modelos preditivos fundamentados em dados físico-químicos e microbiológicos, têm se mostrado promissoras na previsão da vida útil de novos produtos vegetais que ingressam no mercado. (Kyriakopoulou et al. 2021).

3.5.3 Risco Tecnológico e Biológico

Os ABV se deparam com uma série de desafios relacionados a riscos tanto tecnológicos quanto biológicos, principalmente à medida que sua produção se industrializa e atinge mercados mais amplos. Essa evolução demanda uma vigilância sanitária e regulatória contínua, em virtude de falta de padronização e da celeridade da inovação tecnológica. A equivalência funcional e nutricional entre os ABV varia significativamente, o que pode resultar em uma entrega desigual de nutrientes essenciais como ferro heme, vitamina B₁₂ e aminoácidos essenciais. Tal disparidade pode levar à desinformação do consumidor, especialmente na ausência de clareza e transparência nas informações apresentadas nos rótulos (Zhang et al. 2023).

No que tange aos riscos biológicos, Bohrer (2021) e Tso et al. (2022) apontam questões pertinentes. Os ABV apresentem menor risco de contaminações por microorganismos patogênicos, como a *Salmonella* e a *Listeria monocytogenes*, entretanto apresentam vulnerabilidade específicas. Essas vulnerabilidades incluem a alta umidade de determinados produtos e a presença de substratos vegetais que são ricos em açúcares e proteínas, os quais favorecem o desenvolvimento de fermentações indesejadas. Tal situação pode ocorrer se não houver um controle rigoroso de pH, da atividade de água e das barreiras térmicas.

A incorporação de ingredientes provenientes da fermentação industrial ou da biotecnologia proteica acarreta riscos tecnológicos que merecem atenção. Estes incluem a variabilidade entre lotes, a possibilidade de reações cruzadas com alérgenos, como soja e glúten, e a estabilidade dos ingredientes bioativos sob diversas condições de armazenamento. Em particular, produtos enriquecidos com compostos funcionais, como fitosteróis, polifenóis ou probióticos, requerem uma validação minuciosa quanto à sua estabilidade e à eficácia almejada. Isso configura um risco que transcende o âmbito biológico, englobando também dimensões jurídicas e reputacionais para as empresas atuantes no setor (Kyriakopoulou et al. 2021, Zhang et al. 2023).

Finalmente, a carência de harmonização nos padrões microbiológicos, aliada à insuficiência de métodos padronizados para a avaliação da estabilidade oxidativa e à inexistência de protocolos de equivalência funcional, expõe os ABV a um risco elevado de inconsistências tecnológicas e contaminações subjacentes (Kyriakopoulou et al. 2021).

3.5.4 Custo Cognitivo e Conhecimento Técnico do Consumidor

O conceito de custo cognitivo encapsula o esforço mental necessário para a assimilação de informações, a comparação de alternativas e a formulação de decisões informadas. Esse esforço se torna ainda mais acentuado em face da crescente complexidade do ambiente alimentar moderno (Silva et al., 2023).

A complexidade das formulações de ABV é acentuada pela heterogeneidade dos ingredientes tecnológicos envolvidos, incluindo proteínas isoladas, emulsificantes e aromatizantes naturais. Ademais, a pluralidade de rotulagens e alegações funcionais contribui para uma nebulosidade terminológica, frequentemente confundindo categorias como vegano, vegetariano, plant-based e ultraprocessado (Faber et al. 2024).

De acordo com as observações de Clark e Bogdan (2019), a incorporação integral desses alimentos na alimentação cotidiana demanda não apenas destrezas práticas na sua preparação, mas também um embasamento profundo em ciência de alimentos e um domínio sobre as funcionalidades tecnológicas associadas, aspectos que frequentemente se encontram além do alcance do consumidor convencional. Essa barreira se torna ainda mais preponderante em cenários marcados pela

desigualdade informacional, onde a insuficiência na alfabetização alimentar e a restrição no acesso à educação complicam a adoção de decisões saudáveis e sustentáveis (Granato, Wassmann; 2024).

4 CONCLUSÃO

A análise integrativa realizada neste estudo evidencia que os alimentos de base vegetal (ABV) não devem ser compreendidos apenas como substitutos aos produtos de origem animal, mas como uma categoria autônoma, sustentada por avanços científicos e tecnológicos, pela evolução normativa e por mudanças sociais e culturais nos padrões de consumo. O desenvolvimento de tecnologias inovadoras — como a extrusão de alta umidade, a fermentação controlada e a engenharia de ingredientes funcionais — tem permitido avanços significativos na qualidade sensorial e nutricional desses produtos, ainda que desafios persistam em termos de complexidade tecnológica, custos de produção e padronização regulatória.

Os aspectos nutricionais dos ABV, embora limitados pela menor biodisponibilidade de aminoácidos essenciais e pela ausência de compostos como ferro heme e vitamina B₁₂, podem ser otimizados por meio de estratégias como a fortificação, o *blending* de diferentes fontes vegetais e a aplicação de biotecnologias emergentes. Do ponto de vista ambiental, os ABV representam uma alternativa concreta à redução da pressão sobre recursos naturais, com menor pegada de carbono e hídrica, corroborando seu papel como ferramenta essencial no enfrentamento da crise climática e no cumprimento das metas globais de sustentabilidade.

Por outro lado, a aceitação dos consumidores permanece condicionada a fatores sensoriais, culturais, econômicos e cognitivos, revelando a necessidade de maior investimento em educação alimentar, marketing direcionado e políticas públicas que incentivem tanto a produção quanto o acesso democrático a esses alimentos.

Conclui-se, portanto, que os ABV configuram um vetor central na transição alimentar contemporânea, articulando ciência, saúde, meio ambiente e mercado. O fortalecimento desse segmento dependerá da integração entre inovação tecnológica, regulação clara e inclusiva, estratégias de comunicação efetivas e compromissos políticos e econômicos que garantam sua inserção ampla e equitativa nos sistemas alimentares globais.

5 REFERÊNCIAS

ANIKAWA, Lilian Mitsuko; FERREIRA, Sila Mary Rodrigues; RETONDARIO, Anabelle. PROTOCOLO DE REVISÃO DE ESCOPO E REVISÃO SISTEMÁTICA NA ÁREA DE ALIMENTOS. *Visão Acadêmica*, [S. l.], v. 22, n. 2, 2021.

ABBASPOUR, N. Fermentation's pivotal role in shaping the future of plant-based foods: An integrative review of fermentation processes and their impact on sensory and health benefits. *Applied Food Research*, v. 4, n. 2, 2024.

AMJANYAKUN, T. et al. Structural and physicochemical properties of plant-based meat analogues from transglutaminase-modified soybean protein. *Food Research*, v. 8, n. 5, p. 443–449, 2024.

ASCHEMANN-WITZEL, J. 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*, p. 1–10, 2020.

BEACOM, E.; BOGUE, J.; REPAR, L. Market-oriented Development of Plant-based Food and Beverage Products: A Usage Segmentation Approach. *Journal of Food Products Marketing*, v. 27, n. 4, p. 204–222, 2021.

BOIX-FAYOS, C.; DE VENTE, J. Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture within the European Green Deal. *Agricultural Systems*, v. 207, 2023.

BLANCO-GUTIÉRREZ, I.; VARELA-ORTEGA, C.; MANNERS, R. Evaluating animal-based foods and plant-based alternatives using multi-criteria and SWOT analyses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 21, p. 1–26, 2020.

BRANDNER, M. M. E. et al. Self-Reported Purchasing Behaviour, Sociodemographic Predictors of Plant-Based Protein Purchasing and Knowledge about Protein in Scotland and England. *Nutrients*, v. 14, n. 21, 2022.

BRASIL. Página 23 do Diário Oficial - seção 1, número 108, de 11/06/2021 - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=11/06/2021&jornal=515&pagina=23>>. Acesso em: 27 fev. 2025.

BRASIL. Página 12 do Diário Oficial seção 1, número 124, de 03/07/2023 - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/07/2023&jornal=515&pagina=12>>. Acesso em: 27 fev. 2025.

BRASIL. Consulta Pública - Portaria de proposta para estabelecer os requisitos mínimos de identidade e qualidade para produtos análogos de base vegetal, a identidade visual e as regras de rotulagem para esses produtos, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2023/copy8_of_consulta-publica-portaria-conjunta-mapa-ibama-e-anvisa-procedimentos-para-distribuicao-dos-processos-pendentes-de-registro-de-produtos-tecnicos-equivalentes-pre-misturas-e-produtos-formulados-de-agrototoxicos-e-afins>. Acesso em: 23 jun. 2025.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 719, de 01/07/2022. Disponível em: <https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=RDC&numeroAto=00000719&seqAto=002&valorAno=2022&orgao=RDC/DC/ANVISA/MS&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=9434&cod_modulo=310&pesquisa=true>. Acesso em: 27 fev. 2025.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 726, de 01/07/2022. Disponível em: <https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=RDC&numeroAto=00000726&seqAto=002&valorAno=2022&orgao=RDC/DC/ANVISA/MS&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=9434&cod_modulo=310&pesquisa=true>. Acesso em: 27 fev. 2025.

BONKE, A. et al. Nutritional and sensory evaluation of a plant-based beverage from oat and pea protein. *Foods*, Basel, v. 9, n. 4, p. 429, 2020.

BOHRER, B. M. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*, v. 8, n. 4, p. 320–329, 2019.

BOUKID, F. et al. Fermentation for Designing Innovative Plant-Based Meat and Dairy Alternatives. *Foods*, v. 12, n. 5, 2023.

BRYANT, C. J. Plant-based animal product alternatives are healthier and more environmentally sustainable than animal products. *Future Foods*, v. 6, 2022.

CICHOŃSKA, P.; ZIARNO, M. Legumes and legume-based beverages fermented with lactic acid bacteria as a potential carrier of probiotics and prebiotics. *Microorganisms*, v. 10, n. 1, 2022.

CHEN, S.; LUO, X. Chia seed protein as a promising source for plant-based foods: Functional properties, processing methods and potential food applications. *Applied Food Research*, v. 4, n. 2, 2024.

CHERVENKOV, M. et al. Cultural Perspectives on the Sustainable Use and Added Value of Plant-Based Food Dyes—A Case Study from Bulgaria. *Sustainability* (Switzerland), v. 16, n. 20, 2024.

CLARK, L. F.; BOGDAN, A.-M. Plant-based foods in Canada: information, trust and closing the commercialization gap. *British Food Journal*, v. 121, n. 10, p. 2535–2550, 2019.

CLAY, N. et al. Palatable disruption: the politics of plant milk. *Agriculture and Human Values*, v. 37, n. 4, p. 945–962, 2020.

COSSON, A. et al. Block Protocol for Conventional Profiling to Sensory Characterize Plant Protein Isolates. *Food Quality and Preference*, v. 83, 2020.

COSSON, A et al. Using a Mixture Design and Fraction-Based Formulation to Better Understand Perceptions of Plant-Protein-Based Solutions. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, v. 141, p. 110151, 2021.

DA CRUZ NASCIMENTO, S. S.; PASSOS, T. S.; DE SOUSA JÚNIOR, F. C. Probiotics in plant-based food matrices: A review of their health benefits. *PharmaNutrition*, v. 28, 2024.

DENVER, S.; NORDSTRÖM, J.; CHRISTENSEN, T. Plant-based food – Purchasing intentions, barriers and drivers among different organic consumer groups in Denmark. *Journal of Cleaner Production*, v. 419, 2023.

DEVI, T. A. et al. Formulation of plant-based meat alternatives and its optimization by experimental design using response surface methodology. *Sustainable Food Technology*, v. 2, n. 4, p. 1139–1151, 2024.

DOBSON, S.; MARANGONI, A. G. Methodology and development of a high-protein plant-based cheese alternative. *Current Research in Food Science*, v. 7, 2023.

DONATO, C.; MONSURRÒ, L.; DI CIOCCIO, M. A matter of identity: Promoting plant-based food among meat-eaters through a common identity priming. *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 79, 2024.

ELSEVIER. Plataforma Scopus. Disponível em: <<https://www.scopus.com/>>. Acesso em: 28 jun. 2025.

ETTINGER, L. et al. Sensory properties of thickened and protein-enriched plant-based frozen desserts. *Journal of Texture Studies*, v. 55, n. 2, 2024.

ETZBACH, L. et al. Opportunities and challenges of plant proteins as functional ingredients for food production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 121, n. 50, 2024.

FABER, I. et al. The mediating role of barriers and trust on the intentions to consume plant-based foods in Europe. *Food Quality and Preference*, v. 114, 2024.

FARRAR, S. T.; DAVIS, T.; PAPIES, E. K. Increasing the appeal of plant-based foods through describing the consumption experience: A data-driven procedure. *Food Quality and Preference*, v. 119, 2024.

GONERA, A. et al. Design-led innovation for more plant-based food: An interdisciplinary approach to more consumer-centric product development. *International Journal of Food Design*, v. 9, n. 1, p. 101–128, 2024.

GRANATO, G.; WASSMANN, B. To imitate or not to imitate? How consumers perceive animal origin products and plant-based alternatives imitating minimally processed vs ultra-processed food. *Journal of Cleaner Production*, v. 472, 2024.

GRASSO, N.; ALONSO-MIRAVALLS, L.; O'MAHONY, J. A. Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts. *Foods*, v. 9, n. 3, 2020.

JAEGER, S. R.; CHHEANG, S. L.; ARES, G. Beyond plant-based alternatives to milk and meat: Product and individual variables influence purchase intention for plant-based yoghurt and eggs. *Food Quality and Preference*, v. 112, 2023.

JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ, M. et al. Predictors of Eating Less Meat and More Plant-Based Food in the Polish Sample. *Nutrients*, v. 16, n. 11, 2024.

JIA, H. et al. Enhancing bioactive compounds in plant-based foods: Influencing factors and technological advances. *Food Chemistry*, v. 460, 2024.

KNORR, D.; SEVENICH, R. Processed foods: From their emergence to resilient technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 22, n. 5, p. 3765–3789, 2023.

KHAN, Z. S. et al. Sustainable Isolation of Bioactive Compounds and Proteins from Plant-Based Food (and Byproducts). *Plants*, v. 12, n. 16, 2023.

KETELINGS, L. et al. How Different Dimensions Shape the Definition of Meat Alternative Products: A Scoping Review of Evidence between 2000 and 2021. *Current Developments in Nutrition*, v. 7, n. 7, 2023.

KLAPP, A.-L.; FEIL, N.; RISIUS, A. A Global Analysis of National Dietary Guidelines on Plant-Based Diets and Substitutions for Animal-Based Foods. *Current Developments in Nutrition*, v. 6, n. 11, 2022.

KRZYWONOS, M.; PIWOWAR-SULEJ, K. Plant-Based Innovations for the Transition to Sustainability: A Bibliometric and in-Depth Content Analysis. *Foods*, v. 11, n. 19, 2022.

KYRIAKOPOULOU, K. et al. Structured plant-based meat analogues: From processing to sensory quality. *Current Opinion in Food Science*, v. 38, p. 130–136, 2021. -a

KYRIAKOPOULOU, K.; KEPPLER, J. K.; VAN DER GOOT, A. J. Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*, v. 10, n. 3, 2021.- b

LAPČÍKOVÁ, B. et al. Plant-Based Emulsions as Dairy Cream Alternatives: Comparison of Viscoelastic Properties and Colloidal Stability of Various Model Products. *Foods*, v. 13, n. 8, 2024.

ŁOPUSIEWICZ, Ł. Comparison of Homemade and Commercial Plant-Based Drinks (Almond, Oat, Soy) Fermented with Yogurt Starter Culture for Fresh Consumption. *Fermentation*, v. 10, n. 1, 2024.

MADSEN, S. K. et al. Development of a yoghurt alternative, based on plant-adapted lactic acid bacteria, soy drink and the liquid fraction of brewers' spent grain. *FEMS Microbiology Letters*, v. 368, n. 15, 2021.

MAGANINHO, M.; ALMEIDA, C.; PADRÃO, P. Industrially Produced Plant-Based Food Products: Nutritional Value and Degree of Processing. *Foods*, v. 13, n. 11, 2024.

MARTIN, C.; LANGE, C.; MARETTE, S. Importance of additional information, as a complement to information coming from packaging, to promote meat substitutes: A case study on a sausage based on vegetable proteins. *Food Quality and Preference*, v. 87, 2021.

MCCLEMENTS, I. F.; MCCLEMENTS, D. J. Designing healthier plant-based foods: Fortification, digestion, and bioavailability. *Food Research International*, v. 169, 2023.

MCCLEMENTS, D.J. 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*, v. 22, n. 5, p. 3531–3559, 2023.

MCCLEMENTS, D.J.; LU, J.; GROSSMANN, L. Proposed Methods for Testing and Comparing the Emulsifying Properties of Proteins from Animal, Plant, and Alternative Sources. *Colloids and Interfaces*, v. 6, n. 2, 2022.

MENTA, R.; ROSSO, G.; CANZONERI, F. Plant-Based: A Perspective on Nutritional and Technological Issues. Are We Ready for "Precision Processing"? *Frontiers in Nutrition*, v. 9, 2022.

NASROLLAHZADEH, F. et al. Texture profiling of muscle meat benchmarks and plant-based analogues: An instrumental and sensory design approach with focus on correlations. *Food Hydrocolloids*, v. 151, 2024.

NEUENSCHWANDER, M. et al. Substitution of animal-based with plant-based foods on cardiometabolic health and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *BMC Medicine*, v. 21, n. 1, 2023.

OSEMWEGIE, O. O. et al. PRELIMINARY BIBLIOMETRICS OF PLANT-DERIVED HEALTH FOODS OVER THE LAST DECADE IN THE SCOPUS DATABASE. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, v. 23, n. 8, p. 24363–24382, 2023.

PLAKANTONAKI, S. et al. Dietary Fiber from Plant-Based Food Wastes: A Comprehensive Approach to Cereal, Fruit, and Vegetable Waste Valorization. *Processes*, v. 11, n. 5, 2023.

PATEL, H. et al. Characterization of the anisotropy in proteinaceous semi-solid food matrices through polarized fluorescence spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 140, 2025.

POLYAK, E. et al. Food and Sustainability: Is It a Matter of Choice? *Sustainability (Switzerland)*, v. 15, n. 9, 2023.

PARLAMENTO EUROPEU. Are veggie burgers, tofu steaks or the use of yogurt pots going to be banned? Disponível em: <<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20201019BKG89682/eu-farm-policy-reform-as-agreed-by-the-parliament-and-council/7/are-veggie-burgers-tofu-steaks-or-the-use-of-yogurt-pots-going-to-be-banned>>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PIETERS, M.; SWANEPOEL, A. C. The effect of plant-based diets on thrombotic risk factors. *Polish Archives of Internal Medicine*, v. 131, n. 10, 2021.

PRAG, A. A.; HENRIKSEN, C. B. Transition from animal-based to plant-based food production to reduce greenhouse gas emissions from agriculture-the case of Denmark. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 19, 2020.

PROCESSED FOOD INDUSTRY. Labelling Regulations For Plant-Based Meats. *Processed Food Industry*, 24 jul. 2022. Disponível em: <<https://pfionline.com/labelling-of-plant-based-meats/>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ROMÃO, B. et al. Vegan milk and egg alternatives commercialized in Brazil: A study of the nutritional composition and main ingredients. *Frontiers in Public Health*, v. 10, 2022.

ROMÃO, B. et al. Nutritional Profile of Commercialized Plant-Based Meat: An Integrative Review with a Systematic Approach. *Foods*, v. 12, n. 3, 2023.

RUBY, M. B.; GRAÇA, J.; OLLI, E. Vegetarian, vegan, or plant-based? Comparing how different labels influence consumer evaluations of plant-based foods. *Appetite*, v. 197, 2024.

SINGH, A. et al. High Moisture Extrusion Texturization of Air-Classified Barley Protein for the Production of Novel Plant-Based Meat Analogues. *Food and Bioprocess Technology*, 2024.

SCHRAM, A.; TOWNSEND, B. International Trade and Investment and Food Systems: What We Know, What We Don't Know, and What We Don't Know We Don't Know. *International journal of health policy and management*, v. 10, n. 12, p. 886–895, 2021.

SCHWEIGGER-WEISZ, U. et al. The application of plant proteins in food: Approaches to improve their techno-functionality. *Food Hydrocolloids*, v. 118, 106753, 2021.

SHA, L.; XIONG, Y. L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science and Technology*, v. 102, p. 51–61, 2020.

SILVA, P. et al. Nutrition and Food Literacy: Framing the Challenges to Health Communication. *Nutrients*, v. 15, n. 22, 2023.

SPRINGMANN, M. A multicriteria analysis of meat and milk alternatives from nutritional, health, environmental, and cost perspectives. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 121, n. 50, 2024.

SUCAPANE, D.; ROUX, C.; SOBOL, K. Exploring how product descriptors and packaging colors impact consumers' perceptions of plant-based meat alternative products. *Appetite*, v. 167, 2021.

TEMME, E. H. M. et al. Demand-Side Food Policies for Public and Planetary Health. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 15, 2020.

TIAN, Y. et al. Research progress on plant-based protein Pickering particles: Stabilization mechanisms, preparation methods, and application prospects in the food industry. *Food Chemistry: X*, v. 21, 2024.

TSO, R.; FIECHTER, G.; KAPLAN, D. L. Production of clean meat: Cellular agriculture and the future of food. *Trends in Food Science & Technology*, v. 113, p. 73–83, 2022.

XIE, Y. et al. A comprehensive review on nutritional compositions, health benefits and processing techniques of plant-based milk substitutes. *Foods, Basel*, v. 12, n. 15, p. 1–29, 2023.

ZHA, F.; RAO, J.; CHEN, B. Modification of pulse proteins for improved functionality and flavor profile: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 20, n. 3, p. 3036–3060, 2021.

ZINK, J. I. et al. Structural and mechanical anisotropy in plant-based meat analogues. *Food Research International*, v. 179, 2024.

ZHANG, K. 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.

ZHANG, X. et al. Legumes as an alternative protein source in plant-based foods: Applications, challenges, and strategies. *Current Research in Food Science*, v. 9, 2024

ZHANG, Z. et al. Legumes: a sustainable protein source with diverse health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, [S. l.], v. 144, p. 315–329, 2024.