

Plant-Based: proteínas alternativas como substitutos da carne

Thais Aparecida de Oliveira Evangelista¹, Marina Maximiano de Oliveira Santos²,
Paloma Cristina dos Santos², Ariel Albuquerque Pio², Reginaldo de Souza Monteiro²,
Patrícia Aparecida Pimenta Pereira^{1,2*}

¹Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil. ²Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.

*patricia.pereira@ufop.edu.br

Recebido em: 13/05/2025

Aceito em: 18/01/2025

Publicado em: 10/05/2025

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.7.1-29>

RESUMO

As proteínas são de extrema importância, pois exercem diversas funções no organismo, sendo que as de origem animal possuem todos os aminoácidos essenciais. O consumo de carnes é elevado. A busca por proteínas alternativas é alta, devido a diversos fatores e para isso, as indústrias estão em busca de desenvolver análogos de carne. Plant-based são análogos e se assemelha muito à proteína da carne em relação ao sabor, cor e textura. Existem vegetais e cereais com elevados teores de proteínas que podem ser utilizados para elaboração de produtos plant-based como a soja, trigo, lentilha e grão de bico. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi revisar, de forma integrativa, bibliografias a respeito da contextualização dos plant-based como alternativas para substituição às carnes, as formas de obtenção e processamento das proteínas e os desafios da implementação destas proteínas como substitutas da carne. A partir do presente estudo, foi possível concluir que os análogos de carne estão ganhando cada vez mais espaço e se assemelham muito à carne. Sugere-se que sejam realizados outros estudos sobre as formas de obtenção dos análogos de carne, principalmente no aspecto sensorial obtido dos produtos à base de vegetais.

Palavras-chave: Alternativas cárneas. Sustentabilidade. Problemas de saúde.

Plant-Based: alternative proteins as meat substitutes

ABSTRACT

Proteins are extremely important, as they perform various functions in the body, and those of animal origin contain all the essential amino acids. Meat consumption is high. The search for alternative proteins is high, due to several factors and to this end, industries are looking to develop meat analogues. Plant-based are analogous and very similar to meat protein in terms of flavor, color and texture. There are vegetables and cereals with high protein content that can be used to make plant-based products such as soy, wheat, lentils and chickpeas. Therefore, the objective of this work was to review, in an integrative way, bibliographies regarding the contextualization of plant-based foods as alternatives to replace meat, the ways of obtaining and processing proteins and the challenges of implementing these proteins as meat substitutes. From the present study, it was possible to conclude that meat analogues are gaining more and more space and are very similar to meat. It is suggested that other studies be carried out on ways to obtain meat analogues, mainly in the sensorial aspect obtained from vegetable-based products.

Keywords: Meat alternatives. Sustainability. Health problems.

INTRODUÇÃO

As proteínas são macromoléculas que desempenham uma ampla gama de funções biológicas e apresentam uma grande variedade em termos de estrutura molecular (ZHANG et al., 2022). São polímeros de alto peso molecular (acima de 10.000), cujas unidades básicas são os aminoácidos, ligados entre si por ligações peptídicas (ALMEIDA et al., 2013).

Os aminoácidos são moléculas orgânicas as quais possuem ligadas ao mesmo átomo de carbono (denominado de carbono α) um átomo de hidrogênio, um grupo amino, um grupo carboxílico e uma cadeia lateral R (característica para cada aminoácido), sendo que esta cadeia R é a que difere os aminoácidos em estrutura, tamanho e propriedade físico-química (KROLING et al., 2018).

As proteínas provenientes de alimentos de origem animal são consideradas de alto valor biológico, pois, em geral, fornecem todos os aminoácidos que o organismo humano necessita, além de outros nutrientes como vitaminas B12 e D e ferro (MAŁECKI et al., 2021). De acordo com Haraguchi et al. (2006), entre os alimentos ricos em proteínas de origem animal, estão as carnes vermelhas (bovina e suína) e brancas (frango e peixe), ovos, leites e derivados.

Segundo Marçal et al. (2016), em termos de proteína animal, a carne suína é a mais consumida no mundo, devido ao teor proteico, uma vez que possui uma combinação de todos os aminoácidos essenciais, além de considerável teor de vitaminas e minerais. Além disso, segundo os mesmos autores, a carne suína possui baixo teor de gordura saturada e colesterol. Já no Brasil, de acordo com Travassos e Coelho (2017), a carne mais consumida é o frango, seguida pela carne bovina e suína, respectivamente.

A carne é um alimento importante e indispensável por muitos consumidores, mas o consumo exagerado deste alimento pode acarretar em problemas de saúde em todo o mundo, uma vez que o seu consumo elevado está associado com a grande produção de ureia e de outros compostos que possam representar uma sobrecarga hepática e/ou renal, além do excesso de proteína ser armazenado na forma de gordura e, conseqüentemente, o aumento de colesterol pode contribuir para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (CARVALHO et al., 2012). Além disso, o consumo de carne pode implicar intolerâncias e alergias e aumentar o risco de doenças crônicas não transmissíveis (PRIM, 2010; JANSSEN et al., 2016).

Existem indivíduos que não consomem carne, como os vegetarianos e veganos e buscam por alternativas de proteínas, pois são componentes necessários para o crescimento, construção e reparação dos tecidos do corpo (YULIARTI et al., 2021). Segundo Sucapane et al. (2021) vegetarianos não consomem carne, mas consomem outros produtos de origem animal e os veganos não consomem nenhum produto de origem animal, sendo este último uma escolha com foco na ética animal. Ainda, de acordo os mesmos autores, existem os flexitarianos que optam por reduzir o consumo de proteína animal, sem deixar de consumi-la.

Para suprir e substituir a proteína animal, existem alternativas de proteínas que oferecem diversos benefícios à saúde (OLIVEIRA et al., 2013). Assim sendo, a indústria de alimentos busca constantemente atender aos que desejam diminuir o consumo de carne, através de alternativas de proteínas, como plant-based, que se assemelha muito à proteína original em relação ao sabor, cor e textura (GFI BRASIL, 2020).

Atrelado às tendências alimentares, o termo plant-based, é definido como análogo de carne à base de plantas que estão sendo desenvolvidas para atender as demandas dos consumidores e a sustentabilidade (SHA; XIONG, 2020).

Segundo Graça et al. (2019), devido aos mais de 1.000 componentes solúveis em água e derivados de gordura da carne, imitar seu perfil sensorial e nutricional é um grande desafio enfrentado pela indústria e para que as alternativas à base de plantas obtenham resultados positivos, devem ter aspectos sensoriais semelhante ao da carne como sabor e gosto para maior aceitabilidade por parte dos consumidores.

De acordo com Giacomelli et al. (2020), o aumento do consumo de produtos processados vegetais é uma tendência mundial e o que leva os consumidores a consumir esse tipo de produto são questões relacionadas à saúde (mental e física), gosto pessoal e preocupações ambientais.

Assim, o objetivo desta revisão foi: a) realizar uma pesquisa sobre as proteínas alternativas utilizadas como substituto da carne; b) apresentar as formas de obtenção e processamento destas proteínas; c) os desafios da implementação destas proteínas como substitutas da carne; e d) apresentar suas aplicações na indústria de alimentos.

METODOLOGIA

Trata-se de revisão integrativa (natureza qualitativa) por meio de pesquisas bibliográficas a respeito da contextualização dos plant-based como alternativas para

substituição às carnes. Os artigos utilizados foram retirados das bases indexadas: PUBMED, SCIELO, SCOPUS, SCIENCE DIRECT, ELSEVIER. E os termos utilizados para pesquisa foram: “plant-based”, “proteínas alternativas”, “substitutos da carne”, “carne mais consumida no Brasil e no mundo”, “aminoácidos da carne”, “aminoácidos da soja”, “aminoácidos na lentilha”, “aminoácidos do grão de bico”, “aminoácidos do trigo”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plant-based

Os análogos de carne à base de plantas têm uma longa história na culinária cultural global e, nas últimas décadas, foram produzidos em massa e comercializados para consumidores vegetarianos e flexitarianos, e principalmente para os consumidores com restrição alimentar, ocupando um nicho atraente em restaurantes e lojas (BROAD, 2020).

Estes produtos análogos aos tradicionais (à base de carne) são produzidos com a combinação de matéria-prima vegetal (grãos, frutas, tubérculos, raízes tuberosas, entre outros) e aromas para imitar o sabor e a textura de produtos animais existentes através de uma abordagem biomimética em que estuda os princípios criativos e estratégias da natureza, visando a criação de soluções para os problemas atuais da humanidade unindo funcionalidade e sustentabilidade (KUMAR et al., 2017).

No mercado mundial, países como França, Alemanha, Reino Unido, Holanda, Itália, Suécia e Austrália estão entre os principais que deram início a inovação e pesquisa em análogos de carne e respondem por cerca de 40% das vendas globais desses produtos (MELVILLE et al., 2023; RAMSING et al., 2023).

Segundo Newton et al. (2024), o Brasil possui um mercado crescente de proteínas alternativas sendo que os maiores consumidores, são provenientes das classes A, B e C e maiores de 35 anos e os estados que têm se destacado no consumo são Rio de Janeiro e São Paulo, porém já se observa crescimento significativo no mercado nordestino.

Ainda, de acordo com a Meticulous Research (2022), o mercado de proteínas *plant-based* deve atingir US\$ 23,4 bilhões no ano de 2028, tendo como principais impulsionadores a crescente demanda por dietas ricas em proteínas, o apelo à saudabilidade e ao bem-estar, o aumento da busca por alternativas aos produtos convencionais de origem animal e a consequente necessidade da indústria de alimentos e bebidas em fornecer opções ao público consumidor.

Os produtos *plant-based* podem ser incorporados de várias proteínas vegetais, como proteína de soja, ervilha, lentilha, entre outros (KYRIAKOPOULOU et al., 2019; AHMAD et al., 2022), sendo que os processos de produção destes produtos análogos à carne normalmente envolvem isolamento de proteínas e funcionalização, formulação e diversas formas de extrusão e texturização (RUBIO et al., 2020).

Os principais motivos para atrair o consumidor por carne à base de plantas são o sabor e a textura (DERBYSHIRE; DELANGE, 2021). As inovações projetam produtos que realmente imitam a experiência completa da carne (da aparência “ao ponto” até ao aroma característico) (GIACOMELLI et al., 2020).

Fontes Alternativas de Proteínas

Proteína de soja

A proteína de soja tornou-se popular na substituição da proteína de origem animal por apresentar boa digestibilidade quando comparada a outras fontes proteicas de origem vegetal, além de sua excelente propriedade de gelificação, valor nutricional superior e baixos custos (PIRES et al., 2006; ZHANG et al., 2021).

Segundo Miao et al. (2023), os grãos de soja possuem, aproximadamente, 40% de proteínas, podendo ser classificadas em dois tipos de acordo com sua função biológica na planta: metabólicas, que possuem atividade celular, e de reserva, que são fonte de nitrogênio e carbono para o desenvolvimento da planta e ainda são divididas quanto a sua solubilidade: albuminas (solúveis em água) e globulinas (solúvel em soluções salinas). As proteínas glicinina e β -conglucina são as proteínas de reserva presentes em maior quantidade, mas no grão também estão presentes as lipoxigenases, inibidores de tripsina, inibidores de proteases de baixa massa molar e lecitinas (MORAES et al., 2006; SCHMIDT et al., 2011; JU et al., 2024). Ainda, as proteínas da soja são as únicas do reino vegetal com possibilidade de substituir as proteínas animais, do ponto de vista nutricional, pois contém praticamente todos os aminoácidos essenciais, e em proporção adequada, com exceção dos aminoácidos metionina e cistina, com níveis baixos de concentração, tanto nos grãos como nos derivados (CHEN et al., 2012; KIM et al., 2021; GUO et al., 2022), porém, a biodisponibilidade destas proteínas é muitas vezes inferior à dos produtos de origem animal (ZAHIR et al., 2020), isso ocorre pois a capacidade das proteínas da soja é afetada pela presença de inibidores de tripsina, todavia, surgiram estudos sobre o papel da integridade estrutural das paredes celulares (GILANI et al., 2005; ZAHIR et al.,

2020). Acredita-se que uma parede celular intacta atue como uma barreira que reduz a acessibilidade das proteases digestivas para as proteínas intracelulares (ZAHIR et al., 2018).

A soja também possui isoflavonas que são compostos fenólicos bioativos que podem reduzir os riscos de alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, osteoporose e diabetes (SAKAI; KOGISO, 2008). Além disso, possui fitatos que são responsáveis por sequestrar minerais importantes como o cálcio, o fósforo e o zinco, pelo aumento da atividade da enzima fitase e possuem ação antioxidante específica, complexando-se com alguns radicais livres para os quais os antioxidantes tradicionais não apresentam efeito, além de possuir ação anticarcinogênica, auxiliando na redução dos riscos de alguns tipos de câncer (MANDARINO, 2021). Alguns estudos apresentam papel positivo dos fitatos com relação a redução do risco de câncer de cólon (MESSINA; BARNES, 1991), prevenção de cálculos renais (ZHOU; ERDMAN, 1995) e ação antioxidante (EMPSON et al., 1991).

Segundo Carrão-Panizzi (2015) para o emprego na indústria de alimentos, a soja deve ser submetida a procedimentos que visam inativar fatores antinutricionais presentes, reduzindo agentes causadores de flatulência, melhorando, assim, o sabor e aroma.

De acordo com Ortiz et al. (2007) os derivados da soja podem se dividir em produtos não desengordurados, produtos do farelo desengordurados, produtos do óleo bruto e produtos de tradição oriental, para cada um existem procedimentos adequados para sua obtenção.

Lentilha

A lentilha (*Lens culinaris*) é uma das mais antigas leguminosas graníferas cultivadas pelo homem (MANGUEIRA et al., 2021), sendo importante fonte de carboidratos, proteínas, fibras alimentares e de algumas vitaminas e minerais (BHERING et al., 2006; DHULL et al., 2023), porém sua composição e o valor nutricional variam amplamente entre as variedades (DHULL et al., 2023). Destaca-se em relação ao seu teor de proteínas, contendo cerca de 26% de proteína bruta em uma base seca (KHAZAEI et al., 2019; HANG et al., 2022). De acordo com Kumar et al. (2016) e Khazaei et al. (2019) estes teores podem variar de 10,5% a 36,4%.

Na Tabela 1 estão apresentadas a composição de aminoácidos da lentilha.

Tabela 1 - Composição de aminoácidos da lentilha.

Aminoácidos	Concentração (% b.s.)
Serina	1,414
Arginina	2,136
Glicina	1,135
Lisina	1,891
Treonina	1,082
Prolina	1,207
Cisteína	0,261
Tirosina	0,851
Valina	1,395
Triptofano	0,226
Metionina	0,261

Fonte: Hang et al. (2022)

Conforme Tabela 1, observa-se que as sementes da lentilha mostram um desequilíbrio entre aminoácidos, apresentando um elevado teor de lisina e limitado teor de cisteína e metionina – aminoácidos que contêm enxofre (S), por isso, é sugerido o consumo de lentilha em combinação com cereais que apresentam teores elevados de cisteína e metionina, visando equilibrar os níveis de aminoácidos essenciais à dieta (PAUCEAN et al., 2018). A carne e a lentilha apresentam elevado teor de lisina, sendo um aminoácido indispensável, que ajuda no crescimento ósseo, auxiliando na formação de colágeno, além de ser um dos componentes de ossos, cartilagens e outros tecidos conectivos (RODRÍGUEZ et al., 2007). Ainda, o consumo de lentilha está associado à diminuição do risco de doenças cardiovasculares e câncer, ao controle do diabetes, ao aumento do metabolismo e até mesmo à melhoria da digestão (FARIS et al., 2013; PADHI; RAMDATH, 2017; PAPANDREOU et al., 2019).

De acordo com estudos de Kluska et al. (2019), a lentilha apresenta compostos bioativos que, quando isolados, apresentam resultados satisfatórios no tratamento do câncer, como uma forma eficiente de proteção das células não cancerígenas frente a ação dos quimioterápicos, como o fosfato de etoposido, ao passo que podem potencializar o efeito deste quimioterápico sobre regiões de proliferação tumoral. Também relacionam o consumo de lentilha à redução dos índices de obesidade e sobrepeso (FARIS; ATTLEE,

2017). Além desses fatores, é ainda um alimento muito importante no combate à desnutrição, devido ao seu elevado valor nutritivo (ZHANG et al., 2014).

Em estudo de Lucatti e Rodrigues (2018), o qual realizou análises físico-química de grãos de lentilha em comparação com a composição centesimal de carne de coxa frango, pôde-se observar que a coxa de frango apresentou maior teor médio de lipídios em relação à lentilha, assim, a leguminosa por conter uma menor quantidade deste componente, é um alimento indicado para as pessoas que desejam consumir menores teores de gordura, bem como, para os indivíduos que apresentam problemas de saúde devido à má alimentação, causada, principalmente, pelo consumo excessivo de diversos alimentos ricos em lipídios. Ainda, neste estudo, verificou-se que a lentilha apresentou maior teor de carboidratos e proteínas, o que a classifica como um alimento energético e proteico em relação às coxas de frango. O estudo concluiu que a leguminosa é boa alternativa para substituição da carne de frango, com baixo índice de gordura e grande quantidade de micronutrientes.

Grão de Bico

O grão de bico (*Cicer arietinum*) é considerado, entre as leguminosas alimentícias, como o terceiro mais importante cultivo no mundo e é altamente nutritivo (GRASSO et al., 2022), sendo rico em proteínas, fibras e gorduras, além de possuir menor teor de carboidratos do que o trigo (KAUR; PRASAD, 2021). É considerado uma boa fonte de proteína dietética devido ao seu alto teor de proteínas biodisponíveis e perfil de aminoácidos bem balanceados, embora seja deficiente nos aminoácidos metionina e cistina, contudo, apresenta limitados teores de aminoácidos sulfurados, seguido pelo triptofano (JUKANTI et al., 2012). Molina (2010) revelou a deficiência primeiramente de aminoácidos sulfurados seguido dos aminoácidos valina, treonina e triptofano. Os aminoácidos albumina, globulina, prolamina, glutelina e proteínas residuais constituem os vários tipos de proteínas presentes no grão-de-bico, sendo que as globulinas, em torno de 56%, representam a principal proteína e as albuminas, em torno de 12%, desempenham um papel determinante, uma vez que inclui a maioria das enzimas proteicas (AISA et al., 2019).

Na Tabela 2 estão apresentadas a composição de aminoácidos do grão-de-bico.

Tabela 2 - Composição de aminoácidos do grão-de-bico.

Aminoácidos	Concentração (g/100g)
Isoleucina	0,36
Leucina	0,48
Lisina	0,91
Metionina	0,12
Fenilalanina	0,42
Treonina	0,06
Valina	0,38
Arginina	0,48
Histidina	0,24
Alanina	0,26
Ácido aspártico	0,58
Ácido glutâmico	1,67
Glicina	0,26
Prolina	0,24
Serina	0,12
Tirosina	0,19

Fonte: Meurer (2019)

Observa-se que a leucina, lisina, arginina, valina, ácido aspártico e ácido glutâmico estão em maiores quantidades no grão de bico. Os cereais são pobres em lisina, enquanto as leguminosas são pobres em metionina, sendo que, a leucina, isoleucina e valina contribuem para a recuperação de traumas múltiplos e queimaduras, além de contribuir para o restabelecimento de processos metabólicos normais quando o fígado está debilitado (MOLINA, 2010).

Segundo Carvalho (2020) a arginina tem função imune, além de ser antioxidante, e os ácidos glutâmico e aspártico, respectivamente, constituem importantes reservas de aminoácidos do organismo, são classificados como aminoácidos não essenciais, portanto, servem como fonte de nitrogênio para o organismo humano, que pode convertê-los em outros aminoácidos não essenciais e podem ser utilizados para a obtenção de energia.

Ainda, o grão-de-bico contém quantidades expressivas de compostos bioativos, como carotenoides e compostos fenólicos, principalmente antocianinas e flavonóides (RACHWA-ROSIK et al., 2015; BEGUM et al., 2023).

Além destas funcionalidades, a água do cozimento do grão-de-bico, que tem como denominação aquafaba, de concordância com a origem latina das palavras água (aqua) e do feijão (faba), é muito utilizada, não só devido ao seu elevado conteúdo de compostos bioativos promotores de saúde, mas também pelo alto teor de proteínas (MEURER, 2019).

Em relação às aplicações alimentares, as proteínas presentes no grão-de-bico apresentam diversas aplicabilidades, como por exemplo, ligação de gorduras, capacidade de retenção de água, como propriedades de gelificação, espuma e emulsificação, o que o torna uma relevante fonte de substituição às proteínas de origem animal, podendo ser elaborados diversos alimentos como hambúrgueres, pastas, caldos, sopas, patês, dentre outros (NASCIMENTO et al., 1998).

Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o produto de origem vegetal de maior diversidade industrial para o consumo humano e uma das culturas mais produtivas do mundo, sendo muito utilizado para melhorar o perfil nutricional da “carne análoga”, devido a capacidade do glúten de trigo para formação de massas, agregação de estrutura e construção da textura (SAINI et al., 2021).

As proteínas do trigo localizam-se principalmente no endosperma, mas também estão presentes no gérmen e nas fibras (ZHOU et al., 2021). São divididas em proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e proteínas de reserva (gliadina e glutenina), assim são classificadas em cinco frações: albuminas (6% a 10%), globulinas (6% a 10%), gliadinas (35%), gluteninas (35%) e resíduo proteico (10%) (MANDARINO, 1994; KHATKAR et al., 2013; ZHOU et al., 2021). Ainda, suas proteínas dividem-se em formadoras não formadoras de glúten, sendo que as formadoras de glúten são as gliadinas e as gluteninas e constituem cerca de 80% do total de proteínas (WIESER et al., 2022). Já em relação as proteínas de reserva, estas são naturalmente ricas em prolina e glutamina, dois dos 20 aminoácidos essenciais ao homem (ZHOU et al., 2021; WIESER et al., 2022).

As gliadinas são solúveis em soluções alcoólicas (etanol 70%) e apresentam alta extensibilidade e baixa elasticidade, enquanto as gluteninas são solúveis em soluções

ácidas ou alcalinas diluídas e apresentam baixa extensibilidade, elevada elasticidade e podem formar complexos com os lipídios (CUNHA, 2009).

O principal produto resultante do beneficiamento do trigo é a farinha, produto obtido pela moagem do grão *Triticum aestivum* e oriundo do endosperma do trigo limpo e sadio (COSTA et al., 2008). O teor percentual de proteínas na farinha varia de 8% a 14%, de acordo com a cultivar do trigo, o grau de desenvolvimento do grão, o solo onde foi cultivado, as condições climáticas durante o desenvolvimento e o tipo de processamento utilizado para a extração da farinha (SCHEUER et al., 2011; SIDDIQI et al., 2020).

As proteínas do glúten são particularmente ricas nos aminoácidos prolina, cisteína, ácido aspártico e ácido glutâmico, que contribuem para a formação e manutenção da forma em alfa hélice (forma espiralada) tornando possível a formação da massa, fato que não ocorre com os outros cereais, pois suas proteínas não possuem essa configuração (DONG et al., 2009).

Um alimento produzido a partir de glúten de trigo, o Seitan, está se destacando como substituto da carne (REYNAUD et al., 2021; MANINGAT et al., 2022; YUSUF, 2023), uma vez que, quando cozido ganha uma textura muito semelhante ao da carne, além de possui baixo teor de carboidratos e gorduras e alto teor de proteínas (GORDILLO et al., 2013). Depois de cozido, tem uma consistência firme e pode assumir o sabor do líquido em sofreu cocção e esta propriedade permite que seja apreciado como substituto da carne, sendo muito parecido com a carne bovina e de frango em termos de aparência e textura (PIMENTEL et al., 2018).

Na Tabela 3 encontra-se a composição química e o conteúdo energético da carne magra crua e da gordura de alguns animais de abate e do Seitan. Observa-se que o teor de proteína no Seitan está próximo ao valor das carnes apresentadas, e o valor de minerais é muito superior.

Tabela 3 - Composição química (g/100g) e conteúdo energético (Kcal/100g) médio da carne magra crua e da gordura de alguns animais de abate e do seitan.

Fonte de proteína	Água	Proteína	Gordura	Minerais	Conteúdo energético
Suína	75,1	22,8	1,2	1	112
Bovina	75	22,3	1,8	1,2	116
Vitelo	76,4	21,3	0,8	1,2	98
Cervo	75,7	21,4	1,3	1,2	103
Frango – peito	75	22,8	0,9	1,2	105
Frango – coxa	74,7	20,6	3,1	-	116
Peru – peito	73,7	24,1	1	-	112
Peru – coxa	74,7	20,5	3,6	-	120
Pato	73,8	18,3	6	-	132
Ganso	68,3	22,8	7,1	-	161
Gordura de suíno	7,7	2,9	88,7	0,7	812
Gordura de bovino	4	1,5	94	0,1	854
Seitan	*	19,6	0,0	51,2	0,09

Fonte: Cobos; Díaz (2015); Guimarães (2011).

* não informado pelo autor

Segundo Weindl et al. (2020), dietas à base de plantas, como o Seitan, devem incluir uma ampla variedade de produtos vegetais que, quando combinados em quantidades adequadas, de forma complementar em aminoácidos essenciais e, atendendo a uma ingestão calórica individual recomendada, também fornecem elevada qualidade proteica dietética, por isso, a combinação de alimentos que apresentam diferentes aminoácidos se completa, melhorando a qualidade das proteínas.

Possui diversas aplicações na indústria alimentícia, como substitutos da carne, como por exemplo, para elaboração de strogonoff de Seitan (GUIMARÃES, 2011).

Um estudo desenvolvido por Bragion et al. (2020), que realizou uma pesquisa de cunho quantitativa sobre o bife de glúten servido no refeitório, verificaram que somente 28,7% dos que provaram o bife de glúten não gostaram de seu sabor e apenas 17,4% de sua aparência. Observou-se que as pessoas que tinham maior idade possuíam um paladar mais acessível a novos produtos que as mais jovens (dentre os que possuíam mais de 21 anos). Quanto à aparência, a aceitabilidade foi maior para pessoas do sexo feminino, mas continuou a ser maior para aquelas que possuem mais de 21 anos de idade. O resultado

pode ser considerado muito bom, visto que foi um trabalho de incentivo e conscientização, sendo a maior parte do público que o provou tratava-se de adolescentes, os quais costumam ter dificuldades em aceitar alimentos diferenciados.

Formas de obtenção dos análogos de carne

A utilização de processos inovadores para transformar proteínas, particularmente de origem vegetal, permite o desenvolvimento de produtos análogos de carne, cuja finalidade é obter produtos com textura, sabor e aparência similar aos cárneos tradicionais, sendo que existem diversos processos tecnológicos que são utilizados para essa finalidade como a extrusão termoplástica, texturização por fiação e células de cisalhamento (ARAUJO et al., 2021).

Extrusão termoplástica

O processo de extrusão termoplástica é muito utilizado para obtenção de análogos de carne e trata-se de um processo contínuo, em que ocorrem várias operações unitárias em simultâneo e modificações físico-químicas, como mistura, cocção, batidura, corte, modelagem, gelatinização, fusão, torra, caramelização, secagem, esterilização e processos de texturização (TOLSTOGUZOV, 1993).

É um processo interessante, pois permite desenvolver produtos de diferentes texturas e sabores, aumentando o valor nutricional dos alimentos através da digestibilidade das proteínas, no qual os aminoácidos ficam disponíveis, bem como a biodisponibilidade dos nutrientes (NASCIMENTO et al., 2014).

A extrusão termoplástica é um processo tecnológico de pré-cocção ou cocção, em que a matéria prima é previamente preparada segundo a necessidade de tamanho da partícula, é adicionada a quantidade de água suficiente para provocar o grau de cozimento esperado, passam por um parafuso de configuração definida inserido em um canhão ou barril com suficiente temperatura nas suas zonas de aquecimento, de forma a modificar suas características provocadas pelo calor e cisalhamento produzido no interior do canhão de forma a ganhar novas características organolépticas, como textura, sabor, odor e propriedades nutricionais e funcionais (ASCHERI, 2008). Ainda, segundo Marques et al. (2015), é um processo de tratamento térmico que envolve alta temperatura e curto tempo, que por uma combinação de calor, umidade e trabalho mecânico, modifica

profundamente as matérias-primas, proporcionando novos formatos e estruturas com diferentes características funcionais e nutricionais.

A desnaturação das proteínas é induzida, reduzindo-as a uma massa contínua viscosa e promovendo uma reestruturação do material que acaba por expandir devido à diferença de pressão, assim, o produto resultante pode adquirir diferentes formas, dependente da geometria dos moldes utilizados à saída (TOLSTOGUZOV, 1993). Segundo os mesmos autores, no processo de extrusão podem ser adicionados aditivos, como sal, controladores de pH, corantes e aromatizantes antes ou após a extrusão das proteínas, porém se forem adicionados antes devem ser suficientemente resistentes às condições de extrusão e garantir uma homogeneização completa.

Dentre os produtos obtidos a partir de extrusão tem-se snacks, pallets de trigo, proteína texturizada de soja, salsichas e hambúrgueres (NASCIMENTO et al., 2014).

Texturização por fiação

A texturização por fiação de proteínas vegetais é um processo muito utilizado e forma estruturas fibrosas a partir de uma solução proteica, usando um molde contendo centenas de furos ou bicos modeladores (SHA; XIONG, 2020).

O processo consiste no bombeamento da solução alcalina de proteína pelo molde em um banho de coagulação contendo sal e ácido, resultando na precipitação e solidificação da proteína para formar finas fibras insolúveis (CHEN et al., 2023). Assim, uma das etapas mais importantes desse processo é a preparação da solução protéica em que as macromoléculas são desdobradas e desnaturadas e as fibras produzidas são neutralizadas, lavadas, centrifugadas e imersas em ligantes, sendo que sua espessura depende do tamanho dos orifícios do molde (LIU et al., 2013; GALDEANO, 2022).

Estudos mostraram a possibilidade de produção de fibras proteicas de grau alimentício por fiação úmida para uso como extensores cárneos a partir de soja, zeína (proteínas derivadas do endosperma dos grãos de milho), ervilha e fava (GALLANT et al., 1984; RAMPON et al., 1999).

Células de cisalhamento

O processo é baseado na dispersão de misturas de proteínas (20% a 40% em massa) em solução de NaCl (1% em massa) em que a proteína pré-hidratada é colocada na zona de cisalhamento e processada sob certas condições como temperatura entre 90 °C

e 140 °C, velocidade de rotação entre 5 rpm e 50 rpm e tempo de processo entre 5 min e 20 min, com cisalhamento constante até a formação das estruturas fibrosas (SCHREUDERS et al., 2019; SHA; XIONG, 2020).

O cisalhamento intensivo pode ser aplicado em geometria cone-em-cone, o cone superior é estacionário, enquanto o cone inferior gira, devido a uma combinação de cisalhamento e calor, as proteínas são alinhadas formando as estruturas fibrosas, assim, a estrutura final obtida com esta técnica depende dos ingredientes e das condições de processamento (GALDEANO, 2022). O sistema é pressurizado, permitindo processar materiais com alta umidade sob altas temperaturas (até 150 °C) sem evaporação da umidade (KRINTIRAS et al., 2015).

De acordo com Schreuders et al. (2019) a tecnologia de células de cisalhamento foi introduzida para criar estruturas anisotrópica, ou seja, possui diferentes propriedades em relação aos diversos planos ou direções perpendiculares entre si, em que é induzida pela célula de cisalhamento e ocorre apenas se os materiais atenderem a dois requisitos, sendo o primeiro, o material deve consistir em pelo menos duas fases, uma vez que a formação da estrutura é baseada na existência de fases separadas e durante o processamento, as duas fases são deformadas e alinhadas, levando à formação de zonas alinhadas e estratificadas até a obtenção do material fibroso. Segundo os mesmos autores, as fases devem ter uma viscosidade suficientemente alta para permitir a deformação e o alinhamento após o cisalhamento e a manutenção da estrutura durante o resfriamento, com isso a alta viscosidade favorece a formação de estruturas anisotrópicas, pois permite a transferência de tensão de cisalhamento em cada fase individual.

A tecnologia já foi testada em várias misturas de proteínas vegetais, como isolados e concentrados de soja, glúten de trigo e proteína de ervilha, combinadas com ingredientes secundários, mas as proteínas isoladas processadas sem mistura com outros ingredientes proteicos formam apenas estruturas em camadas, sem indicação de anisotropia, mas, quando combinadas com outras proteínas, podem produzir estruturas anisotrópicas, isto porque, como já mencionado, o mecanismo de formação está ligado à existência de fases distintas (KRINTIRAS et al., 2015). Por outro lado, concentrados proteicos são excelentes estruturantes, pois obedecem naturalmente a esse requisito em função de serem constituídos por proteínas e componentes secundários (como os carboidratos), que dificilmente se misturam em escala molecular (DEKKERS et al., 2016).

Estudo realizado por Grabowska et al. (2014) utilizou esse método e verificaram que as misturas concentradas de isolado de proteína de soja e glúten de trigo foram misturadas para criar texturas de alimentos semi-sólidos semelhantes à carne. A deformação de cisalhamento simples simultâneo e aquecimento a 95 °C das misturas de proteínas geraram estruturas originais consistindo em fibras ou camadas. Os autores inferiram que a distribuição espacial da fase rica em isolado de proteína de soja e da fase rica em glúten de trigo em uma mistura foi alterada pelo fluxo de cisalhamento.

Desafios na elaboração de produtos análogos de carne

O crescente desenvolvimento de produtos análogos de carne levou a um aumento na produção de alternativas de carne à base de plantas, porém, existem inúmeros desafios tecnológicos e de consumismo (GFI BRASIL, 2020).

Um grande desafio das alternativas de carne à base de plantas é recriar a aparência, textura, sabor e sensação na boca dos produtos cárneos, enquanto os consumidores vegetarianos e veganos são mais propensos a aceitar alternativas à base de plantas que não possuem propriedades sensoriais semelhantes à carne, os consumidores onívoros e flexitarianos preferem alternativas que se assemelhem o máximo possível à carne, sendo o sabor considerado mais importante, pois alguns consumidores se recusam a comprar alternativas de proteína porque “não vão gostar do sabor” (ALCORTA, 2021).

Segundo Dekkers et al. (2018) é muito difícil simular as características sensoriais, principalmente no que diz respeito à construção de tecido muscular, ainda que, os processos de obtenção de análogos de carne colaboram muito para a simulação de textura, mas devido às diferenças naturais entre os materiais musculares e vegetais, sendo eles: estrutura, tamanho das moléculas de proteína, composição de aminoácidos, sequência peptídica e composição química de materiais intracelulares e extracelulares, é difícil reproduzir o perfil sensorial complexo e delicado dos animais.

Para compensar as diferenças entre os materiais musculares e vegetais, gorduras, agentes espessantes, corantes, aromatizantes, minerais, vitaminas, antioxidantes e antimicrobianos são adicionados em produtos alternativos à base de plantas (SHA; XIONG, 2020).

Geralmente, os preços de produtos alternativos são mais altos em comparação com produtos cárneos, isso se deve ao processamento e a alta dependência de ingredientes

a aditivos funcionais, apresentando um desafio econômico às indústrias (SHA; XIONG, 2020).

Além do aspecto sensorial, existe o desafiador aspecto microbiológico, a microbiota presente em produtos vegetais é distinta daquela presente em produtos animais, especialmente o perfil de deterioração microbiana, e para isso, tratamentos pré-processados devem ser considerados, afim de contribuir para a inativação de enzimas e fatores antinutricionais presentes nos análogos da carne, como por exemplo, o tratamento com fitase pode reduzir o teor de ácido fítico em isolados de proteína de soja (HURREL et al., 1992). Assim, um dos meios possíveis para diminuir o teor de inibidores enzimáticos em ingredientes proteicos de leguminosas (isolados ou concentrados) para alternativas à carne é o pré-tratamento em temperatura ultra-alta, mas o processamento de alimentos proteicos em alta temperatura pode gerar substâncias tóxicas e cancerígenas (AHMAD et al., 2022). Ainda, de acordo com os mesmos autores, os antioxidantes são incorporados para inibir reações oxidativas e ranço, a inclusão de ácidos orgânicos, extratos de especiarias e compostos de fosfato também contribui para a estabilidade microbiana e vida de prateleira, além de modificar o sabor, de alternativas de carne preparadas a partir de materiais vegetais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo realizado, conclui-se que a busca por proteínas alternativas é crescente, e que o termo *plant-based* está ganhando cada vez mais espaço, pois os consumidores estão se interessando por produtos análogos de carne, devido à sustentabilidade, problemas de saúde, escolhas próprias, como vegetarianos, veganos e flexitarianos.

O termo *plant-based* é definido como análogo de carne à base de plantas que estão sendo desenvolvidas para atender as demandas, e se assemelha muito a carne em termos de textura, aparência e sabor, mas imitar o perfil sensorial da carne é um desafio enfrentado pela indústria, que diante da revisão foram apresentados.

É possível que sejam criados mais produtos análogos de carne, pois o desenvolvimento de novos produtos acontece diariamente, mas sugere-se que sejam realizados outros estudos sobre as formas de obtenção dos análogos de carne, principalmente no aspecto sensorial obtido dos produtos à base de vegetais.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; QURESHI, S.; AKBAR, M. H.; SIDDIQUI, S. A.; GANI, A.; MUSHTAQ, M.; HASSAN, I.; DHULL, S. B. Plant-based meat alternatives: Compositional analysis, current development and challenges. **Applied Food Research**, v. 2, n. 2, p. 100154, 2022.
- AISA, H. A.; GAO, H.; YILI, A.; MA, Q.; CHENG, Z. Beneficial role of chickpea (*Cicer arietinum* L.) functional factors in the intervention of metabolic syndrome and diabetes mellitus. **Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes**, p. 615-627, 2019.
- ALCORTA, A.; PORTA, A.; TÁRREGA, A.; ALVAREZ, M. D.; VAQUERO, M. P. Foods for plant-based diets: challenges and innovations. **Foods**, v. 10, p. 1-23, 2021.
- ALMEIDA, V. V.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M.; PALIOTO, G. F. Análise qualitativa de proteínas em alimentos por meio de reação de complexação do íon cúprico. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 34-40, 2013.
- ARAÚJO, N. C.; BRINQUES, G. B.; GURAK, P. D. Análogos de carne: uma revisão narrativa e pesquisa comercial online. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 28, p. 1-13, 2021.
- ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano. Rio de Janeiro: Embrapa, 2008, 82 p. **Apostila do curso de extrusão termoplástica de alimentos – EMBRAPA Agroindústria de Alimentos**.
- BEGUM, N.; KHAN, Q. U.; LIU, L. G.; LI, W.; LIU, D.; HAQ, I. U. Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. e-1218468, 2023.
- BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; VIDIGAL, D. S.; NAVEIRA, D. S. P. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 64-71, 2006.
- BRAGION, M. L. L.; SILVA, T. B.; BRAGION, N.; FURTADO, T. T. Aceitabilidade do “bife” de glúten no refeitório do Ifsuldeminas - Campus Machado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 75324-75331, 2020.
- BROAD, G. M. Making meat, better: the metaphors of plant-based and cell-based meat innovation. **Environmental Communication**, v. 14, p. 919-932, 2020.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Melhoramento de cultivares de soja especiais para processamento e utilização**. Londrina: Embrapa Trigo, 2015. p. 1-6.
- CARVALHO, A. M.; CÉSAR, C.; L. G.; FISBERG, R. M.; MARCHIONI, D. M. L. Excessive meat consumption in Brazil: diet quality and environmental impacts. **Public Health Nutrition**, v. 16, n. 10, p. 1893-1899, 2012.
- CARVALHO, G. B.; MARTINS, P. C.; REZENDE, P. M.; SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, E.; TRENTIN, T. C.; MARTINS, D. B.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B. Hematology and serum biochemistry of broilers at the initial and growth stages submitted to different levels of digestible sulfur amino acids. **Ciência Rural**, v. 50, n. 5, p. e20180881, 2020.
- CHEN, D.; JONES, O. G.; CAMPANELLA, O. H. Plant protein-based fibers: Fabrication, characterization, and potential food applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 20, p. 4554-4578, 2023.
- CHEN, K. I., ERH, M. H., SU, N. W., LIU, W. H., CHOU, C. C., CHENG, K. C. Soyfoods and soybean products: from traditional use to modern applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 96, p. 9-22, 2012.
- COBOS, Á.; DÍAZ, O. Chemical composition of meat and meat products. **Handbook of Food Chemistry**.

1175 p. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220-225, 2008.

CUNHA, G. R. **Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura brasileira**. Londrina: Embrapa Trigo, 2009.

DEKKERS, B. L.; NIKIFORIDIS, C. V.; GOOT, A. J. V. Shear-induced fibrous structure formation from a pectin/SPI blend. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 36, p. 193-200, 2016.

DEKKERS, B. L.; BOOM, R. M.; GOOT, A. J. V. Structuring processes for meatanalogues. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 25-36, 2018.

DERBYSHIRE, E. J.; DELANGE, J. Fungal protein – what is it and what is the health evidence? a systematic review focusing on mycoprotein. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 1-14, 2021.

DONG, K.; HAO, C. Y.; WANG, A. L.; CAI, M. H.; YAN, Y. M. Characterization of HMW glutenin subunits in bread and tetraploid wheats by reserved-phase high-performance liquid chromatography. **Cereal Research Communications**, v. 37, n. 1, p. 65-73, 2009.

DHULL, S. B.; KINABO, J.; UEBERSAX, M. A. Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris* Medik): A review. **Legume Science**, v. 5, n.1, p. e156, 2023.

EMPSON, K. L.; LABUZA, T. P.; GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 2, p. 560-563, 1991.

FARIS, M. A. E.; ATTLEE, A. Lentils (*Lens culinaris* L.): a novel functional food. **Exploring the Nutrition and Health Benefits of Functional Foods**. Edition: 1st Chapter. p. 41-72, 2017.

FARIS, M. A. E.; TAKRURI, H. R.; ISSA, A. Y. Role of lentils (*Lens culinaris* L.) in human health and nutrition: a review. **Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 6, p. 3-16, 2013.

GALDEANO, M. C. Tecnologia de texturização de proteína vegetal. Rio de Janeiro: **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, 2022. 26 p

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; CULIOLI, J. Ultra structural aspects of spun pea and fababean proteins. **Food Structure**, v. 3, n. 2, p. 175-183, 1984.

GFI BRASIL. O consumidor brasileiro e o mercado plant-based. **The Good Food Institute**, p. 1–52, 2020.

GIACOMELLI, F.; PINTON, M. B.; SILVA, S. B. S.; THIEL, S. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. (2020). Inovações em proteínas alternativas: uma revisão sobre alimentos plant-based. Anais, **Congresso Internacional da Agroindústria**, 2020.

GILANI, G. S.; COCKELL, K. A.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods, **Journal of AOAC International**, v. 88, p. 967–987, 2005.

GRABOWSKA, K. J.; TEKIDOU, S.; BOOM, R. M.; GOOT, A. J. V. Shear structuring as a new method to make anisotropic structures from soy-gluten blends. **Food Research International**, v. 64, p. 743-751, 2014.

GRAÇA, J.; GODINHO, C. A.; TRUNINGER, M. Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence and future directions to inform integrated transitions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 380-390, 2019.

- GORDILLO, M. B.; ROLLÁN, G.; NADER-MACÍAS, M. E. F. Seitán como ingrediente de alimentos novedosos y su caracterización. **Actualización en Nutrición**, v. 14, n.4, p. 264-274, 2013.
- GRASSO, N.; LYNCH, N. L.; ARENDT, E. K.; O'MAHONY, J. A. Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 21, n. 1, p. 435-452, 2022.
- GUIMARÃES, M. L. **Os riscos microbiológicos e nutricionais da cozinha vegetariana**. 2011. 87 p. dissertação. (Mestrado em Segurança e Qualidade Alimentar) - Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril, Estoril.
- GUO, B.; SUN, L.; JIANG, S.; REN, H.; SUN, R.; WEI, Z.; HONG, H.; LUAN, X.; WANG, J.; WANG, X.; XU, D.; LI, W.; GUO, C.; QIO, L-J. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 135, p. 4095-4121, 2022.
- HANG, J.; SHI, D.; NEUFELD, J.; BETT, K. E.; HOUSE, J. D. Prediction of protein and amino acid contents in whole and ground lentils using near-infrared reflectance spectroscopy. **Food Science and Technology**, v. 165, p. 113669, 2022.
- HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; PAULA, H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 479-488, 2006.
- HURREL, R. F.; JUILLERAT, M. A.; REDDY, M. B.; LYNCH, S. R.; DASSENKO, S. A.; COOK, J. D. Soy protein, phytate, and iron absorption in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 573-578, 1992.
- JANSSEN, M.; BUSCH, C.; RÖDIGER, M.; HAMM, U. Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. **Appetite**, v. 105, p. 643-651, 2016.
- JU, Q.; WU, C.; ZHOU, H.; QIN, D.; HU, X.; MCCLEMENTS, J.; LUAN, G. Roles of soybean β -conglycinin subunit fractions in fibril formation and the effects of glycinin on them. **Food Hydrocolloids**, v. 152, p. e-109906, 2024.
- JUKANTI, A. K.; GAUR, P. M.; GOWDA, C. L. L.; CHIBBAR, R. N. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. Suppl. 1, p. S11- S26, 2012.
- KAUR, R.; PRASAD, K. Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 109, p. 448-463, 2021.
- KHATKAR, B. S.; BARAK, S.; MUDGIL, D. Effects of gliadin addition on the rheological, microscopic and thermal characteristics of wheat gluten. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 53, p. 38-41, 2013.
- KHAZAEI, H.; SUBEDI, M.; NICKERSON, M.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; FRIAS, J.; VANDENBERG, A. Seed protein of lentils: Current status, progress, and food applications. **Foods**, v. 8, p. 1-23, 2019.
- KIM, I. S.; KIM, C. H.; YANG, W. S. Physiologically active molecules and functional properties of soybeans in human health-A current perspective. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, p. 1-26, 2021.
- KLUSKA, M.; JUSZCZAK, M.; WYSOKIŃSKI, D.; ŻUCHOWSKI, J.; STOCHMAL, A.; WOŹNIAK, K. Kaempferol derivatives isolated from *Lens Culinaris* Medik. reduce DNA damage induced by etoposide in peripheral blood mononuclear cells. **Toxicology Research**, v. 8, n. 6, p. 896-907, 2019.

- KRINTIRAS, G. A.; GÖBEL, J.; GOOT, A. J. V.; STEFANIDIS, G. D. Production of structured soy-based meat analogues using simple shear and heat in a Couette Cell. **Journal of Food Engineering**, v. 160, p. 34-41, 2015.
- KROLING, I.; CANUTO, S. H. R.; BRITO, K. S.; STIEVEN, A. C. Quantificação De Proteínas Provenientes Em Alimentos Típicos Do Estado De Mato Grosso. **Connection Line - Revista Eletrônica Do Univag**, n. 18, p. 148-157, 2018.
- KUMAR, J.; SINGH, J.; KANAUIA, R.; GUPTA, S. Protein content in wild and cultivated taxa of lentil (*Lens culinaris* ssp. *culinaris* Medikus). **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 76, n. 4, p. 631-634, 2016.
- KUMAR, P.; CHATLI, M. K.; MEHTA, N.; SINGH, P.; MALAV, O. P.; VERMA, A. K. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 5, p. 923-932, 2017.
- KYRIAKOPOULOU, K.; DEKKERS, B.; GOOT, A. J. V. Plant-based meat analogues. **Sustainable Meat Production and Processing**, p. 103-126, 2019.
- LIU, D.; ZHU, C.; PENG, K.; GUO, Y.; CHANG, P. R.; CAO, X. Facile preparation of soy protein/poly (vinyl alcohol) blend fibers with high mechanical performance by wet-spinning. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 52, n. 18, p. 6177-6181, 2013.
- LUCATTI, L. H. B. M.; RODRIGUES, E. C. Análise físico-química de grãos de lentilha (*Lens culinaris* Medik) e sua comparação com a composição centesimal de carne de frango. In: SALÃO DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 3. Barretos. **Anais [...]**. Barretos: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, 2018.
- MAŁECKI, J.; MUSZYŃSKI, S.; SOŁOWIEJ, B. G. Proteins in food systems bionanomaterials, conventional and unconventional sources, functional properties, and development opportunities. **Polymers**, v. 13, p. 1-21, 2021.
- MANDARINO, J. M. G. **Compostos fitoquímicos da soja e seus benefícios para a saúde humana**. Londrina: Embrapa Trigo, 2021. p. 1-4
- MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas**. Londrina: Embrapa Soja, 1994. 36 p.
- MANINGAT, C. C.; JERADECHACHAI, T.; BUTTSHAW, M. R. Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications. **Cereal Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 37-66, 2022.
- MANGUEIRA, E. R.; LEITE FILHA, M. S.; SILVA JUNIOR, J. J.; SILVA, C. F.; SOUSA, W. B.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; LIMA, A. G. B.; GRILO, M. B.; NASCIMENTO, J. J. S.; FARIAS NETO, S. R.; ROCHA, A. P.T. Análise da cinética de secagem em camada fina de grãos de lentilha - *Lens Culinaris*. **Research, Society and Development**, v. 10, n.10, p. e-581101019258, 2021.
- MARÇAL, D. A.; ABREU, R. C.; CHEUNG, T. L.; KIEFER, C. Consumo da carne suína no Brasil: aspectos simbólicos como determinantes dos comportamentos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 4, p. 989-1005, 2016.
- MARQUES, E. C.; MARQUES, R. C.; COSTA, S. R. R. Aspectos da tecnologia de extrusão termoplástica em alimentos sobre a saúde do consumidor. **Gestão & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 1935-1951, 2015.
- MELVILLE, H.; SHAHID, M.; GAINES, A.; MCKENZIE, B. L.; ALESSANDRINI, R.; TRIEU, K.; WU, J. H. Y.; ROSEWARNE, E.; COYLE, D. H. The nutritional profile of plant-based meat analogues available for sale in Australia. **Nutrition & Dietetics**, v. 80, p. 211-222, 2023.
- MESSINA, M.; BARNES, S. The role of soy products in reducing risk of cancer. **Journal of National Cancer Institute**, v. 83, n. 8, p. 541-546, 1991.

METICULOUS RESEARCH Plant-based food market by product type, source and distribution channel. **Global Forecast to 2027**, 2022. 314 p

MEURER, M. C. **Efeitos do ultrassom nas propriedades tecnológicas da água de cozimento do grão-de-bico (aquafaba)**. 2019. 114 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2019.

MIAO, L.; ZHU, J.; PENG, X.; FENG, J.; DONG, H.; TONG, X.; WANG, H.; JIANG, L. Effects of CaCl₂ concentration on fibrils formation and characteristics of soybean protein isolate and β-conglycinin/glycinin. **Food Hydrocolloids**, v. 142, p. e-108769, 2023.

MOLINA, J. P. **Fracionamento da Proteína e estudo termoanalítico das leguminosas: Grão-de-Bico (*Cicer arietinum*), variedade Cícero e tremoço branco (*Lupinus albus* L.)**. 2010. 63 f. dissertação. (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Araraquara. 2010.

MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 725-729, 2006.

NASCIMENTO, K. O.; AUGUSTA, I. M.; RODRIGUES, N. R.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Características tecnológicas das farinhas pré-cozidas a partir do processo de extrusão termoplástica. **Acta Tecnológica**, v. 9, n. 1, 37-47, 2014.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; GIORDANO, L. B. **Cultivo do grão de bico (*Cicer arietinum* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1998. 12 p.

NEWTON, P.; EICHHORST, W.; HEGWOOD, M.; MORAIS-DA-SILVA, R. L.; HEIDEMANN, M. S.; HOFFMANN, A.; REIS, G. G. Price above all else: an analysis of expert opinion on the priority actions to scale up production and consumption of plant-based meat in Brazil. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 8, p. 1-16, 2024.

ORTIZ, S. C. A.; HOKKA, C. O.; BADINO, A. C. Utilization of soybean derivatives on clavulanic acid production by *Streptomyces clavuligerus*. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 40, p. 1071–1077, 2007.

PADHI, E. M. T.; RAMDATH, D. D. A review of the relationship between pulse consumption and reduction of cardiovascular disease risk factors. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 635-643, 2017.

PAPANDREOU, C.; BECERRA-TOMÁS, N.; BULLÓ, M.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M. Á.; CORELLA, D.; ESTRUCH, R.; ROS, E.; ARÓS, F.; SCHRODER, H.; FITÓ, M.; SERRA-MAJEM, L.; LAPETRA, J.; FIOL, M.; RUIZ-CANELA, M.; SORLI, J. V.; SALAS-SALVADÓ, J. Legume consumption and risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality in the PREDIMED study. **Clinical Nutrition**, v. 38, p. 348-356, 2019.

PAUCEAN, A.; MOLDOVAN, O. P.; MUREȘAN, V.; SOCACI, S. A.; DULF, F. V.; ALEXA, E.; MAN, S. M.; MUREȘAN, A. E.; MUSTE, S. Folic acid, minerals, amino-acids, fatty acids and volatile compounds of green and red lentils. Folic acid content optimization in wheat-lentils composite flours. **Chemistry Central Journal**, v. 12, n. 88, p. 1-9, 2018.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade Nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

PRIM, A.; VOLTOLINI, C.; MORETTI, C. J.; CHIARELLI, G.; LIBERALI, R.; COUTINHO, V. F. Consumo de alimentos (proteína animal) de homens e mulheres no Vale do Itajaí, SC. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 14, n. 2, p. 33–42, 2010.

OLIVEIRA, D. F.; COELHO, A. R.; BURGARDT, V. C. F.; HASHIMOTO, E. H.; LUNKES, A. M.; MARCHI, J. F.; TONIAL, I. B. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 3, p. 163–174, 2013.

PIMENTEL, D.; TOMADA, I.; RÊGO, C. Vegetarian diets in the first years of life: considerations and orientations. **Acta Portuguesa de Nutrição**, v. 14, p. 10-17, 2018.

RACHWA-ROSIK, D.; NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Chickpeas - Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 8, p. 1137–1145, 2015.

RAMPON, V.; ROBERT, P.; NICOLAS, N.; DUFOUR, E. Protein structure and network orientation in edible films prepared by spinning process. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 2, p.313-316, 1999.

RAMSING, R.; SANTO, R.; KIM, B. F.; ALTEMA-JOHNSON, D.; WOODEN, A.; CHANG, K. B.; SEMBA, R. D.; LOVE, D. C. Dairy and plant-based milks: implications for nutrition and planetary health. **Current Environmental Health Reports**, v. 10, p. 291–302, 2023.

REYNAUD, Y.; BUFFIÈRE, C.; COHADE, B.; VAURIS, M.; LIEBERMANN, K.; HAFNAOUI, N.; LOPEZ, M.; SOUCHON, I.; DUPONT, D.; RÉMOND, D. True ileal amino acid digestibility and digestible indispensable amino acid scores (DIAASs) of plant-based protein foods. **Food Chemistry**, v. 338, p. 128020, 2021.

RODRÍGUEZ, C.; FRÍAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C.; HERNÁNDEZ, A. Total chemically available (free and intrachain) lysine and furosine in pea, bean, and lentil sprouts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 10275-10280, 2007.

RUBIO, N. R.; XIANG, N.; KAPLAN, D. L. Plant-based and cell-based approaches to meat production. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2020.

SAINI, P.; KUMAR, N.; KUMAR, S.; MWAURAH, P. W.; PANGHAL, A.; ATTKAN, A. K.; SINGH, V. K.; GARG, M. K.; SINGH, V. Bioactive compounds, nutritional benefits and food applications of coloredwheat: a comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 19, p. 3197-3210, 2021.

SAKAI, T.; KOGISO, M. Soy isoflavones and immunity. **The Journal of Medical Investigation**, v. 55, p. 167-173, 2008.

SCHUEER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211–222, 2011.

SCHREUDERS, F. K. G.; DEKKERS, B. L.; BODNÁR, I.; ERNI, P.; BOOM, R. M.; GOOT, A. J. V. Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. **Journal of Food Engineering**, v. 261, p. 32-39, 2019.

SCHMIDT, M. A., BARBAZUK, W. B., SANDFORD, M., MAY, G., SONG, Z., ZHOU, W., NIKOLAU, B. J.; HERMAN, E. M. Silencing of soybean seed storage proteins results in a rebalanced protein composition preserving seed protein content without major collateral changes in the metabolome and transcriptome. **Plant Physiology**, v. 156, n.1, p. 330–345, 2011.

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.

SIDDIQI, R. A.; SINGH, T. P.; RANI, M.; SOGI, D. S.; BHAT, M. A. Diversity in grain, flour, amino acid composition, protein profiling, and proportion of total flour proteins of different wheat cultivars of North India. **Frontiers in Nutrition**, v. 7, p. 1-16, 2020.

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, p. 105590, 2021.

TOLSTOGUZOV, V. B. Thermoplastic extrusion--the mechanism of the formation of extrudate structure and properties. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 70, p. 417-424, 1997.

TRAVASSOS, G. F.; COELHO, A. B. Padrão de substituição entre carnes no consumo domiciliar do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 2, p. 285-304, 2017.

WEINDL, I.; OST, M.; WIEDMER, P.; SCHREINER, M.; NEUGART, S.; KLOPSCH, R.; KÜHNHOLDF, H.; KLOAS, W.; HENKEL, I. M.; SCHLÜTER, O.; BUBLER, S.; BELLINGRATH-KIMURA, S. D.; MA, H.; GRUNE, T.; ROLINSKI, S.; KLAUS, S. Sustainable food protein supply reconciling human and eco system health: a Leibniz Position. **Global Food Security**, v. 25, p. 100367, 2020.

WIESER, H.; KOEHLER, P.; SCHERF, K. A. Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. **Cereal Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 23-35, 2022.

YULIARTI, O.; KOVIS, T. J. K.; YI, N. J. Structuring the meat analogue by using plant-based derived composites. **Journal of Food Engineering**, v. 288, p. 110138, 2021.

YUSUF, E. H. Comparison of life cycle assessments and nutritional contents of soy protein and wheat protein (seitan) based vegan bacon products for human and environmental health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, p. 3315-3321, 2023.

ZAHIR, M.; FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Effect of soybean processing on cell wall porosity and protein digestibility. **Food & Function**, v. 11, p. 285-296, 2020.

ZAHIR, M.; FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Food matrix and processing modulate *in vitro* protein digestibility in soy- beans. **Food & Function**, v. 9, p. 6327-6337, 2018.

ZHANG, B.; DENG, Z.; TANG, Y.; CHEN, P.; LIU, R.; RAMDATH, D. D.; LIU, Q.; HERNANDEZ, M.; TSAO, R. Fatty acid, carotenoid and tocopherol compositions of 20 Canadian lentil cultivars and synergistic contribution to antioxidant activities. **Food Chemistry**, v. 161, p. 296-304, 2014.

ZHANG, C.; SHINE, M.; PYLE, A. M.; ZHANG, Y. US-align: universal structure alignments of proteins, nucleic acids, and macromolecular complexes. **Nature Methods**, v. 19, p. 1109-1115, 2022.

ZHANG, T.; DOU, W.; ZHANG, X.; ZHAO, Y.; JIANG, L.; SUI, X. The development history and recent updates on soy protein-based meat alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 109, p. 702-710, 2021.

ZHOU, H.; DHITAL, S.; ZHAO, C.; YE, F.; CHEN, J.; ZHAO, G. Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms **Food Hydrocolloids**, v. 111, p. 106203, 2021.

ZHOU, J. R. ERDMAN, J. W. J. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 35, n. 6, p. 495-508, 1995.