

Desenvolvimento de hambúrgueres vegetais



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Ministério da Agricultura e Pecuária***

DOCUMENTOS 147

Desenvolvimento de hambúrgueres vegetais

*Janice Ribeiro Lima
Ilana Felberg*

Embrapa Agroindústria de Alimentos
Avenida das Américas, 29.501 - Guaratiba
23020-470, Rio de Janeiro, RJ
Fone: +55 (21) 3622-9600
www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Karina Maria Olbrich dos Santos

Secretária-executiva
Virgínia Martins da Matta

Membros
Andréa Madalena Maciel Guedes, Celma Rivanda Machado de Araujo, Edmar das Mercês Penha, Elizabete Alves de Almeida Soares, Janice Ribeiro Lima, Melicia Cintia Galdeano e Otniel Freitas Silva

Supervisão editorial
Edmar das Mercês Penha

Revisão de texto
Janine Passos Lima

Normalização bibliográfica
Celma Rivanda Machado de Araujo

Editoração eletrônica
André Luis do Nascimento Gomes

Foto da capa
Kadjah Suleiman

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria de Alimentos

Lima, Janice Ribeiro.

Desenvolvimento de hambúrgueres vegetais / Janice Ribeiro Lima, Ilana Felberg. – Rio de Janeiro : Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2023.

PDF (18 p.) ; il. color. – (Documentos / Embrapa Agroindústria de Alimentos, ISSN 2965-551X ; 147)

1. Hambúrguer vegetal. 2. Tecnologia de alimento. 3. Processamento. 4. Proteína vegetal. 5. Produto de origem vegetal. 6. Ingrediente alimentício. 7. Plant-based. 8. Nutrição humana. I. Felberg, Ilana. II. Embrapa Agroindústria de Alimentos. III. Título. IV. Série.

CDD (23. ed.) 664.8

© Embrapa, 2023

Celma Rivanda Machado de Araujo (CRB-07/5517)

Autores

Janice Ribeiro Lima

Engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ

Ilana Felberg

Farmacêutica-bioquímica, doutora em Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ

Apresentação

O mercado de produtos *plant-based* cresceu e vem se diversificando, uma vez que antes não havia a demanda pela similaridade aos produtos de origem animal. O consumidor flexitariano é o grande responsável pela rápida evolução dessa categoria de produtos nos últimos anos. São consumidores que demandam produtos que apresentem sabor, aroma e textura semelhantes à versão original com proteína animal.

O hambúrguer vegetal é um exemplo de produto que tem sido trabalhado pelo mercado. Indústrias de grande porte já vêm investindo na substituição de ingredientes de origem animal por vegetal nas suas linhas de produtos ou criando linhas específicas para atender a esse novo mercado.

Atenta à alta demanda por produtos à base de proteínas vegetais, a Embrapa vem desenvolvendo pesquisas no tema de proteínas e alimentos análogos vegetais e conta com uma equipe com experiência no desenvolvimento de produtos de origem vegetal. Com base nessa experiência e em dados da literatura, nesta publicação são descritos os principais ingredientes utilizados na elaboração de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal, categorizados por sua função na formulação, bem como as principais etapas para processamento destes hambúrgueres.

Este documento é destinado a pesquisadores, professores, estudantes, técnicos do segmento agroindustrial e demais interessados no tema.

Edna Maria Morais Oliveira

Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria de Alimentos

Sumário

Introdução.....	9
Principais categorias de ingredientes usados na formulação de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal	10
Proteínas	11
Óleos	12
Carboidratos e outros compostos com efeito ligante e/ou espessante	12
Corantes e/ou flavorizantes	13
Vitaminas e minerais	14
Antioxidantes e antimicrobianos	14
Processamento de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal	14
Considerações finais	16
Referências	17

Introdução

Existe um público crescente e demandante de opções de ingredientes, produtos e fontes proteicas vegetais tanto no Brasil como no mundo. Segundo dados do *The Good Food Institute* em 2022, 67% dos brasileiros afirmaram ter diminuído o consumo de carne nos últimos 12 meses. Além disso, 28% dos brasileiros se percebem como flexitarianos, aqueles consumidores que optam por uma alimentação flexível, focando em reduzir e não excluir o consumo de alimentos de origem animal. Segundo essa mesma pesquisa, os veganos e vegetarianos, juntos, representam 4% dos consumidores (*The Good Food Institute*, 2022).

Essa tendência de redução de consumo de produtos de origem animal está baseada em diferentes razões como a consciência do impacto da produção de proteína animal no meio ambiente, os efeitos negativos na saúde em função do consumo elevado de carnes, o bem-estar animal e até mesmo o receio em relação a doenças veiculadas por animais (Sha e Xiong, 2020). Produtos alternativos como hambúrgueres a base de leguminosas e outros vegetais, considerados como um nicho de mercado por décadas, estão agora apresentando rápida expansão de mercado (Sha e Xiong, 2020).

O conceito de hambúrgueres vegetais não é novo, esses produtos são encontrados no mercado há décadas, em geral elaborados a partir de soja. No entanto, hambúrgueres vegetais que simulam as características sensoriais dos hambúrgueres cárneos, também conhecidos como análogos vegetais ou alternativas *plant-based*, são produtos mais recentes (Zhang et al., 2021; Kyriakopoulou et al., 2021). Os primeiros exemplos desses hambúrgueres surgiram na última década, com o *Impossible Burger*, que utiliza como corante uma molécula conhecida por heme (leghemoglobina), produzida por fermentação utilizando microrganismos modificados geneticamente e que faz com que a aparência do interior do hambúrguer simule com muita veracidade a presença de sangue, característica dos produtos derivados cárneos. Outro exemplo é o *Beyond Burger*, que utiliza pigmentos vegetais como extrato de beterraba e urucum para dar a coloração vermelha ao seu hambúrguer (Bohrer, 2019; Ismail et al., 2020; Gastaldello et al., 2022). No momento, quase todas as grandes redes de lanches tipo *fast food*, inclusive no Brasil, lançaram versões vegetais de seus hambúrgueres tradicionais (Bohrer, 2019; Sha e Xiong, 2020).

Neste documento são descritos os principais ingredientes utilizados na elaboração de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal, categorizados por sua função na formulação. Além disso, são descritas as principais etapas para processamento desses hambúrgueres, baseadas em dados disponíveis na literatura e na experiência da equipe da Embrapa no desenvolvimento de produtos de origem vegetal.

Principais categorias de ingredientes usados na formulação de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal

Ao consumir um hambúrguer vegetal análogo ao de origem animal, o consumidor espera encontrar a mesma textura, aparência, aroma e sabor do produto original. Para criar essa similaridade sensorial existem vários ingredientes e aditivos que podem ser usados na formulação do produto alternativo. De forma geral, proteínas texturizadas, concentrados e isolados proteicos são utilizados para dar textura e são os principais elementos estruturais dos hambúrgueres. Carboidratos são utilizados para proporcionar efeito ligante e/ou espessante. Óleos vegetais ajudam na textura, sensação na boca e moldagem do alimento. Temperos diversos proporcionam sabor, enquanto pigmentos e extratos vegetais são importantes para conferir cor. Além disso, vitaminas, minerais, antioxidantes e antimicrobianos podem ser incorporados para melhoria nutricional e aumento da vida de prateleira do produto (Sha e Xiong, 2020).

Além das questões sensoriais, quando os consumidores avaliam os benefícios à saúde de produtos *plant-based*, em geral, observam principalmente os teores de vitaminas e minerais, seguidos de fibra alimentar e proteínas (IFIC, 2020; Cole et al., 2022).

Na Tabela 1 são apresentadas as principais categorias de ingredientes e aditivos encontrados nos hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal categorizados por função. É comum que um ingrediente tenha mais de uma função na formulação, no entanto a função indicada é a preponderante para este tipo de alimento.

Tabela 1. Ingredientes listados nas formulações dos hambúrgueres vegetais mais conhecidos, por funcionalidade¹.

Categoria	Ingrediente
Proteínas	Proteína texturizada (soja, ervilha), proteína isolada (soja, ervilha), proteína concentrada (ervilha, arroz, lentilha, batata), farinha (grão-de-bico, feijão-mungo), glúten, espirulina
Óleos	Óleo vegetal (soja, milho, canola, girassol, algodão, gergelim), gordura de coco, manteiga de cacau, gordura vegetal
Carboidratos e outros compostos com efeito ligante e/ou espessante	Metilcelulose, maltodextrina, amido modificado, amido (batata, trigo, mandioca, milho), fécula (mandioca, batata), fibra (bambu, aveia, maçã, caju), farinha (trigo, milho, mandioca), batata em flocos, chia desengordurada em pó, lecitina (soja, girassol), goma (acácia, xantana), alginato de cálcio, transglutaminase microbiana
Corantes e/ou flavorizantes	Extrato (romã, beterraba, levedura, malte, alecrim, maçã), vegetais em pó (beterraba, pimentão, cenoura, espinafre), concentrado de suco de limão, sal, cebola, alho, açúcar, vinagre, pimenta-preta, cacau em pó, molho shoyu, aromas naturais, condimento pronto sabor carne, corante caramelo
Vitaminas e minerais	Retinol (vitamina A), tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), piridoxina (B6), biotina (B7), ácido fólico (B9), cianocobalamina (B12), mix de tocoferóis, ferro, zinco
Outros com efeito antioxidante e/ou antimicrobiano	Propionato de cálcio, ácido cítrico, ascorbato de sódio, ácido ascórbico

¹ Informações obtidas de rótulos de produtos nos mercados e de relatos por Bohrer (2019).

Proteínas

As proteínas texturizadas vegetais (PTV) obtidas por extrusão termoplástica de baixa umidade são produtos agregados e parcialmente expandidos que após reidratação apresentam textura similar à carne moída. Esses produtos são muito utilizados na elaboração de hambúrgueres vegetais (Ismail et al., 2020). A maioria dos fabricantes usa uma combinação de proteína texturizada e não texturizada ao formular análogos à carne. Proteínas não texturizadas podem ser adicionadas na forma de farinhas (~50% de proteína), concentrados (~70% de proteína) e isolados (~90% proteína) (Gastaldello et al., 2022). Praticamente todas as proteínas vegetais podem ser utilizadas para a preparação de análogos de hambúrgueres. No entanto, considerando a ampla disponibilidade, custo e funcionalidade no processamento, as proteínas de soja e de ervilha (leguminosas) e o glúten de trigo (cereal) são mais utilizados como base para produtos alternativos. Essas proteínas possuem capacidade de absorção de água e de óleo, de gelificação e de emulsificação, que são importantes ao desenvolver um hambúrguer análogo ao de carne. Outras fontes de proteína que estão sendo pesquisadas são tremoço, grão-de-bico, lentilha, feijão, milho, aveia e tortas de oleaginosas, como linhaça, amendoim,

colza/canola, gergelim e girassol (Sha e Xiong, 2020, Yuliarti et al., 2021). A literatura mais atual encoraja a presença de fontes adicionais de proteína, além dos ingredientes apenas de soja, ao formular análogos à carne tanto para fins nutricionais quanto funcionais (Bohrer, 2019).

Óleos

Para o desenvolvimento de textura e sensação na boca que lembrem as gorduras animais, gorduras sólidas extraídas de frutos como, por exemplo, coco e manteiga de cacau são misturadas a óleos vegetais como soja, girassol e canola. Para dar a aparência marmorizada de hambúrguer de carne, as gorduras podem ser aglomeradas em pequenos glóbulos de aspecto branco (Sha e Xiong, 2020). As gorduras também ajudam na liberação de sabor do produto devido à presença de compostos lipossolúveis (Bohrer, 2019). Preferencialmente, as gorduras do hambúrguer são sólidas à temperatura ambiente e tornam-se líquidas quando o produto é aquecido. Isso confere ao produto uma sensação agradável na boca, semelhante aos produtos de carne correspondentes (Kyriakopoulou et al., 2021).

Carboidratos e outros compostos com efeito ligante e/ou espessante

Em produtos *plant-based* essa categoria de compostos é utilizada principalmente por seu efeito ligante e/ou espessante que ajuda na consistência, na absorção de água e de óleo, na adesão de particulados, como as proteínas texturizadas, e, como consequência, na melhoria da textura.

A funcionalidade de hidrocolóides, como metilcelulose, hidroxipropilmetilcelulose e alginatos para ligar proteínas vegetais texturizadas, melhorar o encapsulamento do óleo e reduzir a absorção de óleo, está bem documentada (Kyriakopoulou et al., 2021). Esses compostos também apresentam um efeito de redução de perdas de água durante a fritura (Bohrer, 2019). Em especial a metilcelulose, por sua gelificação térmica reversível única, capacidade de controlar a formação de cristais de gelo e perda de água durante o cozimento reduzida, é um ingrediente-chave para produtos tipo hambúrgueres (Kyriakopoulou et al., 2021). Carragena, goma locusta, alginato de cálcio e caseinato de cálcio são usados para ligar os constituintes. A transglutaminase é uma enzima microbiana que faz ligação cruzada entre resíduos de glutamina e lisina de diferentes polipeptídeos, oferecendo uma forte ligação de proteínas e pode contribuir para melhorar o corte dos produtos (Forghani et al, 2017).

Corantes e/ou flavorizantes

A aceitação sensorial de análogos de hambúrgueres é amplamente determinada por sua aparência visual e sabor. Depois de fornecer a textura e o formato corretos, o foco está na cor ou mudanças de cor durante o preparo que ajudam o produto a se assemelhar ao cárneo. Os ingredientes mais comumente usados para os análogos, como proteína de soja, têm coloração bege ou marrom-amarelada. Assim, a cor da estrutura básica do análogo à carne é muito diferente da bem aceita cor vermelha da carne não processada ou a cor marrom da carne cozida. Portanto, corantes são adicionados à formulação para conferir a coloração desejada pelos consumidores de análogos aos produtos cárneos (Kyriakopoulou et al., 2021).

A coloração vermelha dos hambúrgueres vegetais é normalmente obtida pela adição de extratos ou pigmentos extraídos de beterraba, repolho roxo, frutos vermelhos, páprica e cenouras. No entanto, esses compostos podem apresentar descoloração durante a fritura ou mudarem para uma coloração que não lembre carne processada termicamente. Extratos vegetais como de maçã e de caju, que possuem ácido ascórbico e polifenóis, tendem a ficar com uma coloração marrom característica de carne cozida ou frita após aquecimento, devido à oxidação desses compostos. Corante caramelo e extrato de malte, que produzem coloração marrom, também podem ser utilizados (Sha e Xiong, 2020).

O pigmento leghemoglobina de soja ou heme, produzido por biotecnologia, é usado em hambúrgueres para reproduzir o aspecto de sangue das proteínas heme da carne animal (hemoglobina e mioglobina) (Gastaldello et al., 2022).

O complexo aroma de carnes processadas é mimetizado em produtos vegetais com a utilização de extrato de levedura e de aditivos como tiamina, aminoácidos e açúcares redutores, que produzem compostos de aroma e sabor via reação de Maillard (Zhang et al., 2021; Gastaldello et al., 2022). Ervas e temperos diversos como, por exemplo, pimentas, orégano, alecrim e salsa também são utilizados não só para dar sabor, mas para mascarar sabores indesejados, como o *beany flavour* característico das leguminosas (Sha e Xiong, 2020). Aromas naturais e artificiais de carne também estão disponíveis no mercado e são largamente utilizados nos análogos.

O sal desempenha um papel importante tanto no realce do sabor quanto para a extensão da vida útil do produto. Em alguns casos, também melhora a textura. No entanto, o alto nível de sódio na dieta ocidental e o aumento dos riscos à saúde que ele traz levantam preocupações. A redução de sódio pode ser alcançada com o uso de substitutos de sal e/ou intensificadores de sabor, no entanto, o impacto sensorial desses componentes é dependente da matriz (Kyriakopoulou et al., 2021).

Vitaminas e minerais

Comumente minerais e vitaminas são adicionados para compensar as deficiências nutricionais, aproximando o perfil nutricional dos hambúrgueres vegetais ao de carne. Uma vitamina que merece destaque é a B12, pois vegetarianos e veganos são mais suscetíveis à deficiência desta vitamina que não é sintetizada pelo corpo humano, sendo encontrada principalmente em alimentos de origem animal. Desta forma, adeptos destas dietas, devem obter a vitamina B12 consumindo alimentos enriquecidos ou suplemento regular de vitamina B12 (Craig et al., 2021). Tem sido sugerida a fortificação de alimentos utilizando a microencapsulação como forma de evitar degradação de vitaminas pelo ácido presente no estômago e aumentar a estabilidade dos produtos quando expostos à luz e ao calor (Lima et al., 2023).

Antioxidantes e antimicrobianos

Antioxidantes são incorporados para inibir reações oxidativas e o conseqüente sabor de ranço. A inclusão de ácidos orgânicos, extratos de especiarias e compostos de fosfato também contribui para a estabilidade microbiana e o aumento da vida útil, além de modificar o sabor, dos hambúrgueres vegetais (Sha e Xiong, 2020). Os antioxidantes não enzimáticos consistem em vitaminas e compostos bioativos como a vitamina C, a vitamina E e compostos fenólicos (Meadows et al., 2022).

Processamento de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal

Dentre os produtos análogos à carne, os hambúrgueres são tecnologicamente mais fáceis de obter, pois não existe a necessidade de reproduzir a estrutura fibrosa característica de cortes inteiros de carnes. Em geral, os ingredientes proteicos (texturizados, isolados ou concentrados) são hidratados e os óleos e carboidratos são emulsionados. Posteriormente realiza-se a mistura com os demais ingredientes para se obter uma massa homogênea que é moldada no formato dos hambúrgueres, embalada e congelada (Figura 1). Dependendo dos ingredientes utilizados será necessária uma etapa de cozimento após a formulação, como, por exemplo, quando se utilizam amidos que necessitam de aquecimento para gelatinização.

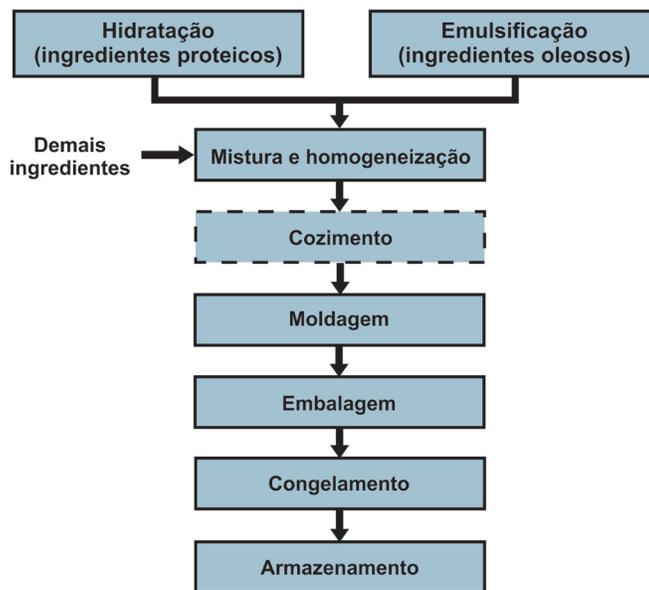


Figura 1. Diagrama de processo para obtenção de hambúrgueres vegetais.

A formulação de hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal pode ser muito diversa, mas, normalmente, utiliza-se água (50% a 80%), proteína texturizada vegetal (10% a 25%), proteínas não texturizadas (4% a 20%), aromatizantes (3% a 10%), gordura (0% a 15%), agentes de ligação (1% a 5%) e corantes (0% a 0,5%) (Gastaldello, 2022). Misturar diferentes materiais vegetais para obter características tecnológicas superiores é, por enquanto, a prática comum (Kyriakopoulou et al., 2021).

A mistura de diferentes ingredientes e proteínas vegetais ajuda a melhorar os atributos sensoriais e as propriedades funcionais dos hambúrgueres análogos (Cole et al., 2022). A inclusão de uma variedade de aditivos aos hambúrgueres vegetais para produzir propriedades sensoriais semelhantes aos hambúrgueres de carne como cor, textura, suculência, sensação na boca e sabor levanta preocupações sobre questões nutricionais, rótulo limpo, custo e confiança do consumidor (Sha e Xiong, 2020). Mesmo assim, no cenário da América do Norte, uma das poucas exceções em que o consumidor está disposto a pagar mais por alimentos processados é no caso dos análogos aos produtos cárneos (Bohrer, 2019).

No entanto, nem todos os hambúrgueres vegetais análogos aos animais possuem uma lista extensa de ingredientes. Fibras naturais de frutos como a jaca (Priya et al., 2021; Ghangale et al., 2022) e o caju (Lima et al., 2013a; 2013b) têm sido utilizadas com êxito na mimetização de textura de carne. Corantes naturais obtidos de vegetais também são alternativas para coloração desses produtos (Gomes et al., 2018; Zocolo et al., 2021).

Considerações finais

Atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos vegetais análogos aos de origem animal mostraram que é possível produzir textura semelhante à dos hambúrgueres cárneos com o uso de proteínas vegetais. No entanto, para imitar a carne em outras características sensoriais, como cor, aroma e sensação na boca, são utilizados ingredientes adicionais. Os hambúrgueres vegetais análogos aos de origem animal, mesmo sendo produtos processados, podem ser uma alternativa de alimentos saudáveis e de nutrientes frequentemente sub-representados em dietas de onívoros, como grãos, legumes, proteínas vegetais e fibras, embora se deva prestar atenção aos teores de sal e de gordura saturada presentes na formulação. Para as pessoas que desejam fazer uma transição para uma dieta vegetariana, ou mesmo para os flexitarianos, esses produtos podem ser um suporte para a substituição, mesmo que em parte, do consumo de carne.

Referências

- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.11.006>.
- COLE, E.; GOELER-SLOUGH, N.; COX, A.; NOLDEN, A. Examination of the nutritional composition of alternative beef burgers available in the United States. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 73, n. 4, p. 425-432, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637486.2021.2010035>.
- CRAIG, W. J.; MANGELS, A. R.; FRESÁN, U.; MARSH, K.; MILES, F. L.; SAUNDERS, A. V.; HADDAD, E. H.; HESKEY, C. E.; JOHNSTON, P.; LARSON-MEYER, E.; ORLICH, M. The safe and effective use of plant-based diets with guidelines for health professionals. **Nutrients**, v.13, 4144, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13114144>
- FORGHANI, Z.; ESKANDARI, M. H.; AMINLARI, M.; SHEKARFOROUSH, S. S. Effects of microbial transglutaminase on physicochemical properties, electrophoretic patterns and sensory attributes of veggie burger. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 8, p.2203-2213, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2614-8>
- GASTALDELLO, A.; GIAMPIERI, F.; GIUSEPPE, R.; GROSSO, G.; BARONI, L.; BATTINO, M. The rise of processed meat alternatives: A narrative review of the manufacturing, composition, nutritional profile and health effects of newer sources of protein, and their place in healthier diets. **Trends in Food Science & Technology**, v. 127, p. 263-271, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.005>
- GHANGALE, D.; VEERAPANDIAN, C.; RAWSON, A.; RANGARAJAN, J. Development of plant-based meat analogue using jackfruit a healthy substitute for meat. **The Pharma Innovation Journal**; v. 11, n. 8, p. 85-89, 2022. Disponível em: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue8S/PartB/S-11-7-641-792.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023
- GOMES F. S.; CABRAL L. M. C.; TONON, R. V.; OLIVEIRA, C. S.; SILVA, L. F. M.; PONTES, S. M.; OLIVEIRA, A. H. O. **Obtenção de licopeno a partir do suco de melancia por tecnologia de membranas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2018. 7 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Comunicado Técnico, 236). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1105245>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL FOUNDATION. **A consumer survey on plant alternatives to animal meat**. IFIC; Food Insight, 2020. Não paginado. Disponível em: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2020/01/IFIC-Plant-Alternative-to-Animal-Meat-Survey.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- ISMAIL, I.; HWANG, Y. H.; JOO, S. T. Meat analog as future food: a review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 111-120, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.2.111>
- 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, 600, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10030600>

LIMA, N. G.; LIMA, G. N.; ABREU, V. G. C.; COSTA, J. M. G. The threshold between pharmacy and food: Microencapsulation of vitamin B12 for enrichment of plant-based foods. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, e1912340354, 2023. DOI: DOI: 10.33448/rsd-v12i3.40354.

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. S.; FIRMINO, D. S.; ARAUJO, I. M. S.; MORAES, I. V. M. **Elaboração de hambúrguer vegetal de fibra de caju e feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013a. 6.p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 203). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95632/1/COT13002.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

LIMA, J. R.; MODESTO, A. L. G.; FIRMINO, D. S.; PINTO, G. A. S.; LIMA, L. V.; OLIVEIRA, L. M. V.; WURLITZER, N. J.; PAULA PESSOA, P. F. A. **Hambúrguer vegetal de fibra de caju e proteína texturizada de soja: obtenção e avaliação de viabilidade econômica da produção**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013b. 11 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 208). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98648/1/COT13008.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MEADOWS, L.; WALKER, P.; TOMAS, R. **Antioxidant content in plant-based diets versus meat-based diets**. In: JSU STUDENT SYMPOSIUM, Houston, 2022. Proceedings... JSU Digital Commons, 2022. Poster. Disponível em: https://digitalcommons.jsu.edu/ce_jsustudentsymp_2022/51. Acesso em: 20 mar. 2023.

PRIYA, R. K.; RAWSON, A.; VIDHYALAKSHMI, R.; JAGAN MOHAN, R. J. Development of vegan sausage using banana floret (*Musa paradisiaca*) and jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as a meat substitute: Evaluation of textural, physico-chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.46, e16118, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16118>

SHA, L.; XIONG, Y. L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v.102, p.51-61, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022>

THE GOOD FOOD INSTITUTE. **Pesquisa o consumidor brasileiro e o mercado plant-based**. 2022. São Paulo: The Good Food Institute, 2022. 91 p. E-book PDF. Disponível em: <http://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Pesquisa-de-Consumidor-GFI-Brasil.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023

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, 110138, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110138>.

ZHANG, T.; DOU, W.; ZHANG, X.; ZHAO, Y.; ZHANG, 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.060>

ZOCOLO, G. J.; DIONISIO, A. P.; ABREU, F. A. P.; SOUZA, A. C. R. **Corante natural vermelho-violeta obtido a partir da pitaya**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 6p. 2021. (Comunicado Técnico, 274). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225967/1/CT-274.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.



Agroindústria de Alimentos

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA



CGPE 018136