



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Miguel Carlos de Almeida Lima

Produtos alternativos à carne: argumentos, implicações e as soluções da indústria alimentar

Orientadora: Doutora Goreti Botelho

Coimbra, 2021

Miguel Carlos de Almeida Lima

Produtos alternativos à carne: argumentos, implicações e as soluções da indústria alimentar

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do
grau de mestre em ENGENHARIA ALIMENTAR

Orientadora: Doutora Goreti Botelho

Coimbra, 2021

Agradecimentos

A presente dissertação advém do esforço e dedicação de um conjunto de pessoas, às quais devo deixar o meu sincero agradecimento pela significativa contribuição, aproveitando a oportunidade para referir o seu nome, num singelo gesto de gratidão.

A minha orientadora de estágio, Professora Doutora Goreti Botelho, pelo incentivo constante em fazer mais e melhor, pelas suas sugestões e inúmeras aprendizagens transmitidas durante este trajeto. Ao meu coorientador, Doutor Jorge Lameiras, por todos os contributos e partilha de experiências na elaboração dos artigos, foi uma ajuda essencial para o resultado final.

Agradecer, igualmente, ao Professor Doutor Rui Costa e Professor Ivo Rodrigues, pela colaboração científica. Por último, à minha família, por todo o apoio e confiança que depositam em mim, que me permite encarar os desafios com o maior entusiasmo.

A todos vocês, muito obrigado!

Financiamento

O trabalho desenvolvido foi realizado no âmbito do projecto EQVEGAN – European Qualifications & Competences for the Vegan Food Industry 621581-EPP-1-2020-1-PT-EPPKA2-SSA-EQVEGAN.

Resumo

Atualmente, têm-se questionado os princípios das dietas omnívoras, por razões de saúde pública, sustentabilidade ambiental e bem-estar dos animais. Este paradigma, criou os incentivos para que se considerem as dietas baseadas em plantas (DBP) e os produtos alternativos à carne (PAC) como soluções alternativas às dietas omnívoras, para responder às preocupações pela centralização nos produtos de origem animal e seus derivados. Num primeiro estudo de revisão de literatura que contemplou 68 artigos científicos, demonstrou-se que a alimentação de base vegetal está associada a benefícios para a saúde humana, prevenção de doenças crônicas e potencial contributo para o bem-estar, sustentabilidade ambiental e dos sistemas de produção alimentar. No segundo estudo de revisão, englobando 194 artigos científicos, conclui-se que os produtos análogos a carne são uma solução para a ocorrência da transição dos produtos de origem animal para vegetal. O sucesso desta transição, do consumo de produtos à base de carne e de seus derivados, para o crescente consumo de produtos à base de plantas dependerá de três grandes condições: i) capacidade de elaboração de produtos que mimetizem as características organolépticas e funcionais dos produtos de origem animal; ii) maior adesão dos consumidores à inclusão na sua dieta diária; iii) incremento da produção de produtos vegetais que supram as crescentes necessidades do mercado no futuro.

Palavras Chaves: Dietas Baseadas em Plantas, Produtos Alternativos à Carne, Sustentabilidade, Tecnologia Alimentar

Abstract

Currently, the principles of omnivorous diets have been questioned, for reasons of public health, environmental sustainability, and animal welfare. This paradigm created incentives to consider plant-based diets (PBD) and meat substitutes as alternative solutions to omnivorous diets, to respond to concerns about the centralization on products of animal origin and their derivatives. In a first literature review study that included 68 scientific articles, it was shown that plant-based food is associated with benefits for human health, prevention of chronic diseases and potential contribution to well-being, environmental sustainability, and food production systems. In the second review study, comprising 194 scientific articles, it was concluded that meat analogues products are a solution for the occurrence of the transition from animal to vegetable products. The success of this transition, from the consumption of meat-based products and their derivatives to the growing consumption of plant-based products will depend on three main conditions: i) ability to produce products that mimic the organoleptic and functional characteristics of the products of animal origin; ii) greater consumer adherence to inclusion in their daily diet; iii) increased production of plant products that meet the growing needs of the market in the future.

Keywords: Plant-Based Diet, Alternative to meat, Sustainability, Food technology

Índice

Agradecimentos	iii
Financiamento.....	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
CAPÍTULO I.....	1
Introdução geral.....	2
Estrutura da dissertação	3
Referências bibliográficas	3
CAPÍTULO II	6
Resumo	7
Abstract	7
Introdução	8
Metodologia	9
Definição e implicações de uma alimentação de base vegetal.....	9
Alimentação de base vegetal e os seus benefícios para a saúde humana	11
Alimentação baseada em plantas e sustentabilidade.....	13
Os produtos alternativos a alimentos de origem animal: as soluções da indústria e as exigências do consumidor.....	13
Análise crítica	15
Conclusões	16
Agradecimentos	17
Referências bibliográficas	17
CAPÍTULO III.....	27
Resumo	28
Introdução	28

Metodologia	29
Soluções alimentares análogas à carne	30
Proteínas de origem vegetal.....	36
Bebidas vegetais	37
Micoproteína.....	39
Algas comestíveis.....	40
Carne artificial	41
Alternativas ao queijo	41
Alternativas ao peixe.....	42
Insetos.....	43
Conclusão.....	44
Financiamento.....	45
Referências bibliográficas	45
CAPÍTULO IV.....	63
Conclusão geral	64

Índice de Tabela

Tabela 1- Principais categorias de alimentos mencionados de artigos entre 2014-2021	30
Tabela 2- Proteínas alternativas à carne para consumo humano	31
Tabela 3 - Processos tecnológicos para produção de análogos à carne	34
Tabela 4- Principais fontes de proteína vegetal	36
Tabela 5-Fases produtivas de bebidas vegetais	38
Tabela 6- Ingredientes usados na produção de alternativas aos queijos.....	42
Tabela 7- Os insetos como fonte alimentar para seres humanos a nível global.	44

Índice de figuras

Figura 1- A valorização dos produtos alternativos à carne e os seus derivados.....	65
--	----

Abreviaturas e acrónimos

DBP- Dietas baseadas em plantas

DCNT - Doenças Crónicas Não Transmissíveis

DGAV- Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

DGS- Direção-Geral da Saúde

DHA- Ácido docosaexaenoico

EIPAS – Estratégia Integrada para a Promoção da Alimentação Saudável

EPA- Ácido eicosapentaenoico

EQVEGAN- *European Qualifications & Competences for the Vegan food industry*

FAO- *Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)*

Nm- Nanómetro

PAC- Produtos alternativos à carne

PNPAS- Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável

PVT- Proteína vegetal texturizada

WHO- *World Health Organization (Organização Mundial de Saúde)*

µm- Micrómetro

CAPÍTULO I

Introdução geral

A presente dissertação foi elaborada no âmbito do Mestrado em Engenharia Alimentar, da Escola Superior Agrária de Coimbra, num período que decorreu entre janeiro e setembro de 2021.

Atualmente, mais do que nunca, existe uma necessidade crescente para a ocorrência de uma transição alimentar, baseada na substituição dos produtos de base animal para produtos de base vegetal, devido a múltiplas razões.

Primeiro, o aumento populacional, conjuntamente com o consumo excessivo de produtos de origem animal, que provoca uma utilização insustentável dos solos e recursos hídricos. São exigidas práticas produtivas mais eficientes, para combater a pressão ambiental exercida pelas práticas atuais, que ameaçam a biodiversidade, que aumenta a emissão de poluentes e, conseqüentemente compactua com o aquecimento global e as implicações indesejáveis associadas a este fenómeno (1–3).

Segundo, hábitos alimentares desequilibrados estão relacionados com o aumento de doenças crónicas não transmissíveis (DCNT), como a obesidade e o cancro. Em particular, o consumo elevado de carne vermelha desperta preocupações, devido às ligações com a elevada morbilidade e taxa de mortalidade (4,5).

Terceiro, a crescente preocupação pelo bem-estar dos animais, que se verifica como um fator que influencia as escolhas alimentares do consumidor (6).

Relativamente ao pescado, apesar do seu reconhecido valor nutricional, existem aspetos negativos associados a um consumo excessivo, como a presença de compostos indesejáveis, como o mercúrio (7–10). Outro aspeto crítico identificado através da literatura existente é o risco da perda da biodiversidade, devido à pesca não sustentável, levando a comissão europeia a desenvolver regulamentação que vise combater este ponto (*Common Fisheries Policy*) (8).

Os factos que anteriormente foram expostos, em conjunto com o aumento dos incentivos para a adoção de dietas com predominância de produtos de base vegetal, estimulam a produção de produtos alternativos aos de origem animal e seus derivados, como os análogos à carne (11). A aceitabilidade destes produtos é um desafio identificado e determinante a contornar, para uma maior penetração destes produtos no mercado. Para tal, estes produtos devem imitar as propriedades dos alimentos de origem animal, como as características organoléticas (12–14). Presentemente, é possível ter acesso a estes produtos com relativa facilidade, efeito da mudança que já se iniciou. No futuro, acredita-

se que o foco deverá estar depositado no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, no aperfeiçoamento das atuais e no aumento da especialização das técnicas de produção de análogos à carne.

O objetivo deste trabalho é refletir, educar e transmitir conhecimentos sobre a realidade da alimentação alternativa aos produtos de origem animal, com base em revisão da literatura científica recente. Este trabalho ajudará a compreender as razões da disseminação dos produtos de origem vegetal, conhecer as alternativas existentes aos produtos de origem animal e refletir sobre os desafios futuros que a indústria alimentar enfrenta.

Estrutura da dissertação

Esta dissertação é constituída por dois artigos complementares, sendo que, nesta fase, o primeiro encontra-se publicado na Acta Portuguesa de Nutrição. O segundo está em preparação para posterior submissão em revista científica.

O primeiro artigo intitulado “Alimentação à base de plantas: Uma revisão narrativa”, centra-se em três vertentes interligadas e contemporâneas: (1) rever os argumentos acerca do papel das dietas à base de plantas na prevenção de DCNT e no bem-estar humano; (2) enquadrar as dietas à base de plantas enquanto dietas com reconhecido envolvimento na sustentabilidade social, económica e ambiental; e (3) destacar os principais produtos alimentares alternativos aos alimentos de origem animal e os desafios que a indústria alimentar enfrenta.

O segundo artigo denomina-se “Perspetivas atuais sobre produtos alternativos ao consumo de carne: Revisão narrativa”. Neste trabalho, são caracterizados os produtos alternativos à carne, abordados os processos tecnológicos atualmente utilizados na sua produção, as mais valias da sua utilização, e ainda, identificados os aspetos tecnológicos e de formulação de produto que carecem de otimização futura.

Referências bibliográficas

1. McClements DJ. Future foods: A manifesto for research priorities in structural design of foods [Internet]. Vol. 11, Food and Function. The Royal Society of Chemistry; 2020 [citado 6 de Agosto de 2021]. p. 1933–45. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/fo/c9fo02076d>
2. Rockström J, Williams J, Daily G, Noble A, Matthews N, Gordon L, et al.

- Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio* 2016 461 [Internet]. 12 de Julho de 2016 [citado 6 de Agosto de 2021];46(1):4–17. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-016-0793-6>
3. Uddin ME, Kebreab E. Review: Impact of Food and Climate Change on Pastoral Industries. *Front Sustain Food Syst.* 23 de Outubro de 2020;0:200.
 4. Fehér A, Gazdecki M, Véha M, Szakály M, Szakály Z. A Comprehensive Review of the Benefits of and the Barriers to the Switch to a Plant-Based Diet. Sustainability [Internet]. 19 de Maio de 2020;12(10):4136. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/10/4136>
 5. Katzke VA, Kaaks R, Kühn T. Lifestyle and Cancer Risk. *Cancer J* [Internet]. Março de 2015;21(2):104–10. Disponível em: <https://journals.lww.com/00130404-201503000-00009>
 6. He J, Evans NM, Liu H, Shao S. A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2020;19(5):2639–56.
 7. Almeida C, Karadzic V, Vaz S. The seafood market in Portugal: Driving forces and consequences. *Mar Policy* [Internet]. Novembro de 2015;61:87–94. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308597X15002134>
 8. Dowgiałło A, Stachnik M, Grochowicz J, Jakubowski M. Modeling of compression pressure of heated raw fish during pressing liquid. *J Food Eng* [Internet]. Julho de 2020;276:109888. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026087741930531X>
 9. Mahaffey KR, Sunderland EM, Chan HM, Choi AL, Grandjean P, Mariën K, et al. Balancing the benefits of n-3 polyunsaturated fatty acids and the risks of methylmercury exposure from fish consumption. *Nutr Rev* [Internet]. Setembro de 2011;69(9):493–508. Disponível em: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2011.00415.x>
 10. Oken E, Choi AL, Karagas MR, Mariën K, Rheinberger CM, Schoeny R, et al. Which Fish Should I Eat? Perspectives Influencing Fish Consumption Choices. *Environ Health Perspect* [Internet]. Junho de 2012;120(6):790–8. Disponível em: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.1104500>
 11. Thavamani A, Sferra TJ, Sankararaman S. Meet the Meat Alternatives: The Value

- of Alternative Protein Sources. *Curr Nutr Rep* [Internet]. 5 de Dezembro de 2020;9(4):346–55. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s13668-020-00341-1>
12. Boukid F. Plant-based meat analogues: from niche to mainstream. *Eur Food Res Technol* 2020 2472 [Internet]. 14 de Outubro de 2020 [citado 6 de Agosto de 2021];247(2):297–308. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-020-03630-9>
 13. Sha L, Xiong YL. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges [Internet]. Vol. 102, *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier; 2020 [citado 6 de Agosto de 2021]. p. 51–61. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224420304830>
 14. van Vliet S, Kronberg SL, Provenza FD. Plant-Based Meats, Human Health, and Climate Change. *Front Sustain Food Syst* [Internet]. 6 de Outubro de 2020;4. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fsufs.2020.00128/full>

CAPÍTULO II

ALIMENTAÇÃO À BASE DE PLANTAS: UMA REVISÃO NARRATIVA

PLANT-BASED DIETS: A NARRATIVE REVIEW

Miguel Lima, Rui Costa, Jorge Lameiras e Goreti Botelho
Acta Portuguesa de Nutrição 2021, 26, 46-52

Resumo

A alimentação é uma necessidade básica para todos os indivíduos, com importância para a sua saúde e bem-estar. A adoção de dietas tendencialmente vegetarianas, encontra justificação não só em argumentos de saúde e bem-estar, nomeadamente tendo em consideração alguns efeitos prejudiciais de dietas omnívoras na saúde, mas também em argumentos relacionados com o ambiente, e de ideologia de vida. Os principais objetivos deste trabalho de revisão narrativa centram-se em três vertentes interligadas e de elevada atualidade: (1) rever os argumentos acerca do papel das dietas à base de plantas na prevenção de doenças crónicas e no bem-estar humano; (2) enquadrar as dietas à base de plantas enquanto dietas com reconhecido envolvimento na sustentabilidade social, económica e ambiental; e (3) destacar os principais produtos alimentares alternativos aos alimentos de origem animal e os desafios que a indústria alimentar enfrenta. Da literatura consultada, foram analisados 68 artigos científicos, permitindo concluir que a adoção de dietas com base vegetal tem evidenciado um papel relevante na prevenção de doenças crónicas, no bem-estar e no ambiente.

Palavras-chave: Bem-estar, Dieta baseada em plantas, Prevenção de doenças crónicas, Saúde, Sustentabilidade

Abstract

Feeding is a basic need for all individuals relevant for their health and well-being. The adoption of vegetarian diets is justified not only in health and well-being arguments, namely considering some harmful effects of omnivorous diets on health, but also in arguments related to the environment and life ideology. The main objectives of this narrative review work focus on three interconnected and very actual topics: (1) to focus on the potential of plant-based diets in the prevention of chronic diseases and human well-being; (2) to frame plant-based diets as diets with recognized involvement in social, economic and environmental sustainability; and (3) to highlight the main alternative food products to foods of animal origin and the challenges facing the food industry. From the

consulted literature, 68 scientific articles were analysed, allowing to conclude that adopting a plant-based diet has played an important role in the prevention of chronic disease, well-being, and environmental sustainability.

Keywords: Well-being, Plant-based diet, Chronic diseases prevention, Health, Sustainability

Introdução

Tem-se verificado um aumento do interesse do consumidor pelos padrões alimentares com base em alimentos de origem vegetal, invocando argumentos de saúde e bem-estar, ambientais e pela maior preocupação com os direitos e bem-estar dos animais (1). As estimativas reportam um número de vegetarianos em tendência crescente a cada ano (2–4). Estes padrões assumem múltiplas formas, correspondendo a níveis diversos de exclusão de alimentos que não sejam de origem vegetal. A redução do consumo de carne tem sido ainda mais intensificada pelo crescente número de flexitarianos (uma dieta essencialmente vegetariana mas com inclusão ocasional de carne ou peixe), estimados em 7,4% da população em 2019 (5).

O crescimento da população que adota alguma forma de alimentação com exclusão ou redução de produtos de origem animal, torna necessária a preparação ou especialização dos diferentes operadores que atuam neste âmbito, tanto ao nível da produção, como da comercialização e fornecimento de produtos de origem vegetal, bem como o reforço do conhecimento de nutricionistas e outros profissionais de saúde. É evidente a criação de incentivos à satisfação da procura destes modelos de alimentação, mediante a obrigatoriedade de uma “opção vegetariana” nos refeitórios escolares nacionais (art.º 3º da Lei n.º 11/2017, de 17 de abril) (6). Para além das medidas já apresentadas, a Direção-Geral da Saúde (DGS), no âmbito do Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável (PNPAS), elaborou três manuais sobre vegetarianismo. Importa ainda destacar que o ano de 2021 é o ano das frutas e legumes, a nível internacional, designado pela Assembleia Geral das Nações Unidas. É de realçar o investimento de cerca de 1 milhão de euros no projeto europeu EQVEGAN, que é uma aliança de competências setoriais composta por 15 instituições de 11 países, que pretende responder aos desafios colocados à indústria alimentar, face ao crescimento do interesse do consumidor em produtos vegetais, disponibilizando formação inovadora e especializada, possibilitando

assim um mercado mais qualificado e pronto a responder às exigências do consumidor (7).

Cada vez mais a saúde é assumida como parte integrante de um quadro holístico que engloba também a organização da sociedade e da economia e a salvaguarda do ambiente. A adoção de uma alimentação sustentável é fundamental para atingir os objetivos ambientais e para refletir sobre aspetos relacionados com a saúde pública e os custos ambientais da produção alimentar (8,9).

Pretende-se neste trabalho: (1) rever os argumentos acerca do papel das dietas à base de plantas na prevenção de doenças crónicas e no bem-estar humano; (2) enquadrar o uso das dietas à base de plantas num pensamento global de mudança para um paradigma de sustentabilidade ambiental; e (3) identificar produtos alimentares alternativos aos alimentos de origem animal, em particular à carne.

Metodologia

Do ponto de vista metodológico procedeu-se à pesquisa nas bases de dados *b-on*, *PubMed*® e *ScienceDirect* sem limitação de data ou país de realização dos estudos, mediante a utilização das seguintes palavras-chave: "*plant-based diet*", "*vegetarian diet*" e "*vegan diet*". Após a leitura dos títulos de todos os artigos obtidos na pesquisa, identificaram-se 139 artigos potencialmente relevantes e após leitura parcial (resumo) ou integral, 68 foram selecionados na presente revisão narrativa, considerando a sua atualidade e adequabilidade do conteúdo. Adicionalmente, foram considerados livros de editor internacional e pesquisa de websites de alguns organismos nacionais e internacionais para pesquisa auxiliar, como a Estratégia Integrada para a promoção da Alimentação Saudável (EIPAS) e a Organização Mundial de Saúde (OMS).

Definição e implicações de uma alimentação de base vegetal

O conceito de dieta baseada em plantas (DBP) (do inglês *Plant-Based Diet*) não tem uma definição consensual (10). Alguns estudos sugerem que o consumo de produtos de origem animal deve ser reduzido mas não excluído (11,12), o que é evidente nas opções de uso de alimentos como os ovos e os laticínios, ou até mesmo de pescado (alimentação pescetariana). Por outro lado, existe quem defenda que a DBP consiste na ingestão de frutas, produtos hortícolas, cereais integrais, frutos de casca rija, sementes, ervas e especiarias com total exclusão de produtos de origem animal, incluindo laticínios (10,12). Nas DBP as escolhas alimentares devem, sobretudo, recair sobre alimentos com

baixo processamento, e priorizando alimentos integrais, exigência que não é comum a todas as dietas, nomeadamente vegetarianas não veganas.

O conceito de DBP é amplo na variedade de formas que abrange, e centra-se na composição da dieta e não em aspetos morais ou identitários de grupo, frequentemente associados às dietas vegetarianas e veganas (13), o que pode ser importante para a discussão objetiva acerca do seu interesse nutricional.

A terminologia “dieta vegetariana” refere-se a uma dieta onde prevalecem alimentos de origem vegetal. Existe uma gama alargada de formas de vegetarianismo em que pode haver inclusão de produtos de origem animal, como ovos ou lacticínios. Os alimentos comuns às diversas dietas vegetarianas são os cereais, hortícolas, fruta, leguminosas, frutos de casca rija e sementes (14). A inclusão ou exclusão de determinado alimento de origem animal ou a sua exclusão na totalidade é o que confere o fator diferenciador das diversas dietas vegetarianas, tais como (1,14–16):

- Ovolactovegetariana – elimina o consumo de carne e pescado, mas permite ovos e lacticínios;
- Lactovegetariana – exclui carne, pescado e ovos, permitindo lacticínios;
- Ovovegetariana – exclui carne, pescado, lacticínios, permite ovos;
- Vegetariana estrita e vegana – exclui todos os alimentos de origem animal.

Embora não exista uma definição consensual de semivegetarianismo, existem formas complementares que admitem o consumo ocasional de outros produtos (16–18):

- Pescetariana – exclui o consumo de carne, ovos e lacticínios, mas permite o consumo de peixe;
- Flexitariana – Inclui ocasionalmente carne e peixe sendo que o consumo de carne e peixe é mais reduzido comparativamente às dietas com predominância de proteína animal.

A comparação de diversos modelos alimentares em termos de contribuição para uma alimentação saudável, revela maior contributo no caso de dietas omnívoras mas com menor presença de alimentos de origem animal (19,20). Tal padrão de resultados é também encontrado no caso da correspondência entre os mesmos modelos de consumo e a utilização de alimentos incluídos na dieta Mediterrânica (16,21). Este aspeto pode ser especialmente interessante para efeito de políticas orientadoras de uma alimentação saudável, ao mesmo tempo que reforça o valor da dieta mediterrânica, tentando a síntese

entre hábitos culturais e práticas alimentares, e a transição para sistemas de produção alimentar ambientalmente mais sustentáveis.

Alimentação de base vegetal e os seus benefícios para a saúde humana

Num trabalho publicado em 2020 (22) foram analisadas onze diretrizes de alimentação saudável para a população vegetariana em todo o mundo. Cinco grupos de alimentos estão sempre presentes: hortícolas, frutas, cereais e produtos derivados, leguminosas e produtos de soja e frutos de casca rija. Face ao consumo reduzido de produtos de origem animal, a suplementação de vitamina B12 consta em cinco diretrizes.

A condição de dieta baseada em produtos de origem vegetal não é, só por si, suficiente para se assumir um valor protetor da saúde, pois a presença de alimentos vegetais refinados ou ricos em hidratos de carbono de absorção rápida, e de gorduras hidrogenadas, pode ter um efeito oposto sobre a saúde (23–25). O consumo sem controlo do valor energético pode não produzir o efeito de controlo ponderal enunciado por vários trabalhos (26). Devem ser considerados aspetos de composição nutricional e respeitadas as necessidades energéticas e nutricionais de diferentes grupos da população.

Diversos estudos apontam para a existência de dados objetivos enunciados na tabela 1, como a associação a menor incidência de doença crónica, por comparação com outras dietas, como as dietas onde a presença alimentos de origem animal é significativa (27–29), mas também a perceção que cada indivíduo tem dos benefícios dessas escolhas alimentares, e que determina o comportamento de escolha e consumo alimentar (30). Na tabela 1 sistematizam-se diversos trabalhos que estudaram os potenciais benefícios (objetivos ou percecionados) que uma DBP pode oferecer. Outros benefícios objetivos verificados são a redução da massa gorda, menor probabilidade de desenvolver cancro, diminuição do estado depressivo, melhoria da saúde cardiovascular, melhoria do humor e melhoria da qualidade de vida. Os benefícios apenas percecionados, são o controlo de disfunções sociais e a diminuição da ansiedade.

Tabela 1 – Potenciais benefícios objetivos ou percebidos de uma DBP para a saúde, bem-estar e satisfação (Adaptado de Fehér *et al.*, 2020)(30).

Potenciais Benefícios	Benefício objetivo ou percebido	Conclusões	Referências
Benefícios para a saúde humana			
Presença significativa de nutrientes essenciais	Objetivo	A presença de magnésio, de potássio, de ácido fólico, de fibra, de antioxidantes e de fitoquímicos é superior em DBP comparativamente a dietas com predominância de proteína animal.	(30–32)
Menor ingestão de gorduras saturadas	Percebido	As DBP apresentam menor quantidade de gorduras saturadas que as dietas de base animal.	(33,34)
Redução da massa gorda	Objetivo	Por comparação, homens e mulheres vegetarianos apresentam menor massa gorda que os pares não vegetarianos.	(24,35,36)
Redução da incidência de doenças crônicas	Objetivo	As dietas vegetariana e vegana associam-se a menor incidência de diabetes do tipo 2, hipertensão, obesidade e doenças cardíacas.	(37,38)
	Objetivo	O consumo de cerca de 800 g/d de hortofrutícolas, 225 g/d de grãos integrais e 15-20 g/d de frutos de casca rija foram consideradas quantidades ótimas para a prevenção de doenças crônicas.	(39)
	Objetivo	Maior adesão aos padrões alimentares baseados em plantas foi associada a um menor risco de diabetes tipo 2.	(40)
Menor probabilidade de desenvolver cancro	Objetivo	As DBP podem reduzir o risco de cancro da mama e de cancro da próstata.	(41,42)
Melhoria da saúde cardiovascular	Objetivo	As DBP têm sido associadas com um menor risco de doenças cardíacas e com uma melhoria no perfil de risco.	(23,25,43,44)
Benefícios relacionados com o bem-estar e satisfação			
Pode ajudar no controlo de disfunções sociais	Percebido	Através de avaliação por questionário, os consumidores de DBP revelam maior controlo de disfunções sociais.	(45)
Melhora a qualidade de vida	Objetivo	A adoção de DBP associa-se a redução das despesas em saúde e ao mesmo tempo a qualidade de vida melhora.	(46–48)
Melhoria do estado do humor	Objetivo	A presença de carotenoides e polifenóis em alimentos de origem vegetal, parece estar relacionada com o aumento da serotonina e com a diminuição dos biomarcadores inflamatórios (IL-6 e TNF- α), assim como a presença de ácido ascórbico (vitamina C), muito comum em frutas frescas e vegetais, que interage com os sistemas serotoninérgico, dopaminérgico e noradrenérgico.	(49)
Diminuição do estado depressivo	Objetivo	A ingestão de produtos hortofrutícolas está inversamente relacionada com o estado depressivo.	(50,51)
Diminuição de ansiedade e melhoria do humor	Percebido	Os indivíduos veganos reportaram menos stress e ansiedade do que os omnívoros.	(52–55)

Alimentação baseada em plantas e sustentabilidade

A Estratégia do Prado ao Prato da União Europeia (2020), engloba uma abordagem abrangente da sustentabilidade alimentar, num quadro global de promoção de estilos de vida, saúde e ambiente. É uma perspetiva holística dirigida para a construção de uma cadeia alimentar que gere benefícios para os produtores, os consumidores, o clima e o ambiente. Esta estratégia traduz-se em várias linhas de ação, nomeadamente assegurar uma produção alimentar sustentável (promotora da redução de emissão de gases com efeito de estufa associada à agricultura e pecuária), promover o consumo e facilitar a transição para regimes alimentares saudáveis e sustentáveis e reduzir as perdas e o desperdício alimentar. As DBP parecem alinhar-se com este quadro global de iniciativas políticas e sociais (56).

Ao mesmo tempo que surgem evidências e iniciativas de valorização das dietas baseadas em plantas para a saúde humana, são debatidas preocupações com a qualidade dos sistemas de produção alimentar, de modo a salvaguardar que o aumento do consumo daqueles produtos alimentares e a inerente pressão sobre os sistemas produtivos seja acompanhada de métodos de produção seguros em termos de saúde humana e ambiental (57).

A crescente preocupação sobre o modo de produção por parte dos diversos atores da sociedade, tem vindo a contribuir para o aumento da área de produção e dos investimentos realizados em Portugal, no que diz respeito à área destinada à agricultura biológica (58). Recentemente, foi apresentada uma proposta de modelo pictórico representando a interligação entre a agricultura biológica, a sustentabilidade (social, económica e ambiental) e a saúde pública, questionando a possibilidade de, no futuro, a agricultura biológica poder vir a ser considerada um potencial indicador de saúde pública (59).

Os produtos alternativos a alimentos de origem animal: as soluções da indústria e as exigências do consumidor

Na sociedade de consumo em que vivemos, a procura modela a oferta e nesta fase o sistema agroindustrial limita-se a responder a essa procura, tendencialmente de mais alimentos de origem vegetal. Uma variedade de alternativas à carne e ao leite estão disponíveis e são amplamente aceites e usadas em dietas vegetarianas e veganas, enquanto outros produtos como substitutos de queijo, ovo e de peixe estão em desenvolvimento. Em 2021 foi publicado um artigo de revisão que apresenta a descrição,

as vantagens e as desvantagens de todas essas alternativas (60). Além disso, neste trabalho são apresentadas tendências do consumo e do mercado relativamente às DBP, bem como, os desafios para os consumidores, sustentabilidade, nutrição e saúde.

No mercado já existem as soluções tradicionais para os consumidores vegetarianos, como o tofu, o seitan ou o tempeh. A pesquisa e o desenvolvimento continuam a decorrer com o objetivo de encontrar novas alternativas, existindo já disponíveis análogos de hambúrgueres, salsichas, bifes, *nuggets*, entre outros. A oferta de produtos análogos da carne, as alternativas aos laticínios e os alimentos e bebidas enriquecidos com proteínas de origem vegetal está a crescer exponencialmente no mercado atual (61,62).

Contudo, na composição daqueles produtos prevalecem ingredientes críticos, nomeadamente óleos e aditivos alimentares (corantes, conservantes, intensificadores de sabor) o que tem suscitado dúvidas, acelerando assim a procura por soluções menos refinadas (63,64) e de *clean label* (produtos 100% naturais, livres de transgênicos e sem aditivos) (65). Um típico produto processado substituto de carne, como os anteriormente referidos, contém na sua composição, para além da proteína texturizada e não texturizada, uma quantidade relevante de água, gorduras, intensificadores de sabor, corantes, agentes de ligação e sal (66).

Os mais recentes esforços desenvolvidos neste âmbito são para encontrar substâncias/ingredientes que permitam conferir similaridades nos produtos que pretendam recriar os produtos cárneos, em características específicas, como textura, sabor, aparência e aspetos nutricionais, sendo um requisito adicional para parte dos consumidores que os alimentos sejam menos refinados para ir ao encontro das expectativas do consumidor (66).

As proteínas vegetais mais usadas nos produtos substitutos de carne no mercado são o glúten, de soja e de ervilha. Estes ingredientes têm em comum a elevada disponibilidade e um custo moderado, o que leva a sua maior utilização, além de apresentarem funcionalidades tecnológicas adequadas. Para além das referidas fontes de proteína de origem vegetal, a utilização de microalgas e fungos como fonte de proteína apresentam-se como alternativas viáveis (67).

Paralelamente, será de salientar o potencial de Portugal para a produção de algas, apresentando uma elevada diversidade destas devido à sua localização geográfica, estando muitas espécies já disponíveis no mercado nacional para consumo humano (68), devido ao interesse e potencial utilização das diferentes algas enquanto alimento, suplemento alimentar ou nutracêutico (69,70).

Em Portugal, diversas empresas multinacionais e outras nacionais oferecem já uma panóplia de produtos análogos de carne e de laticínios (71). No entanto, é de realçar que a oferta destes produtos não está livre de batalhas judiciais onde os produtores dos primeiros procuram retardar o uso de qualquer léxico que leve o consumidor a associar produtos de origem vegetal como análogos, como comprova a decisão judicial do Tribunal de Justiça da União Europeia que limita o uso dos termos leite, manteiga, queijo, iogurte e nata só a produtos de origem animal (72). Por outro lado, o tribunal europeu aceitou a permissão de termos como *veggie burger* e *veggie sausage* (73).

Análise crítica

As DBP têm vindo rapidamente a ganhar popularidade à medida que os potenciais ou efetivos benefícios da sua adoção na saúde, no bem-estar e no humor do indivíduo, têm vindo a ser demonstrados. As novas gerações são influenciadas pelos meios de comunicação e redes sociais, seguindo formadores de opinião não necessariamente próximos de si, mas espalhados pelo planeta, como meio disseminador. As forças que influenciam a mudança alimentar individual incluem argumentos morais, de identidade cultural, de saúde, de sustentabilidade ambiental, e institucionais (incluindo fatores de ordem económica, social e política) (74). Alguns trabalhos realizados em Portugal evidenciam o peso cultural da presença de carne na alimentação (75,76) e as conceções assentes na falta de informação sobre o valor nutricional de alimentos como as leguminosas (77). Um desafio que se coloca a propósito das DBP, nomeadamente no caso dos consumidores portugueses, é o aprofundamento do conhecimento sobre os argumentos invocados para a adoção de uma alimentação mais centrada em alimentos de origem vegetal, bem como o conhecimento sobre as eventuais barreiras à mudança.

Outro importante desafio é a informação aos consumidores. É fundamental que os argumentos em torno das DBP sejam apresentados de forma clara e esclarecedora (78) para que cada consumidor faça uma escolha alimentar consciente, sem preconceitos e realista quanto ao contributo real para a sua saúde. A rotulagem dos novos produtos alimentares é essencial para o esclarecimento do consumidor que quer adotar substitutos de alimentos animais, pelo que as batalhas judiciais podem (des)acelerar a conversão destes consumidores. Esta consciência já levou a que uma sentença num tribunal norte-americano favorável ao uso do termo manteiga em produtos vegetais (79).

Os incentivos criados por instituições internacionais envolvidas na definição e implementação de políticas de promoção de saúde, estimula a legitimação deste padrão alimentar que, acredita-se, possibilitará uma melhoria ao nível da saúde pública, através da reformulação dos hábitos de consumo atuais, suportada pelas evidências do efeito protetor que as DBP conferem. Reconhece-se, no entanto, que são necessários mais estudos alargados para melhor compreensão dos efeitos de uma DBP e a relação com outros hábitos de vida promotores de saúde física e mental, incluindo a atividade física. A expansão da adoção destas DBP a mais consumidores e num período alargado, poderá permitir validar os resultados em termos de benefícios para a saúde e os efeitos no sistema agroalimentar.

A simples adoção de uma DBP não a torna inerentemente mais favorável à saúde ou mais sustentável em termos ambientais, dependendo da sua composição (23–25), e das práticas de produção e os circuitos de comercialização (78,80). O potencial contributo das DBP para a melhoria da saúde das populações, para a sustentabilidade económica e ambiental e, em particular, para a sustentabilidade do sistema alimentar, é reconhecido (81), e inspira novos desafios em termos de tecnologias de produção e economia circular (82), ou mesmo de recurso a alimentos que funcionem como substitutos de fontes proteicas tradicionais como a carne (82,83).

Com a adoção alargada e continuada destas dietas, a influência sobre o sistema agroalimentar, a começar pela maior procura de matéria-prima de origem vegetal, levará a profundas alterações da produção agropecuária, com resposta ambiental que parece ser favorável (84). Contudo, essa adoção será condicionada à oferta no mercado, sempre dependente da dinâmica da economia num mundo cada vez mais globalizado. A indústria procura responder a uma tentativa de balanço entre um consumo mais baseado em produtos vegetais e em produtos com menor pegada ecológica, e hábitos de consumo culturalmente assentes em produtos de origem animal.

Conclusões

A revisão da literatura realizada no âmbito deste trabalho sugere que a alimentação de base vegetal está associada a benefícios para a saúde humana, nomeadamente na prevenção de doenças crónicas e no potencial contributo para o bem-estar. Contudo, este argumento deve ser acompanhado da ponderação sobre os alimentos usados e a sua composição nutricional, e sobre as necessidades energéticas e nutricionais dos consumidores.

A adoção de DBP gera um contributo favorável à sustentabilidade ambiental e dos sistemas de produção alimentar, nomeadamente a redução de emissão de gases com efeito de estufa associada à agricultura e pecuária, e a redução das perdas e do desperdício alimentar.

A alteração do padrão de consumo alimentar, com incremento de alimentos de origem vegetal, levanta um conjunto de desafios nas áreas da saúde, do consumo, da informação ao consumidor, da produção agroalimentar e do desenvolvimento de novos produtos *clean label*. Em particular, ressalta a necessidade de inovação em produtos alternativos aos produtos de origem animal, tais como, alimentos de base proteica vegetal, produtos análogos da carne, alternativas aos laticínios e alimentos e bebidas enriquecidos com proteínas de origem vegetal.

Agradecimentos

Financiamento pelo projeto EQVEGAN – European Qualifications & Competences for the Vegan Food Industry 621581-EPP-1-2020-1-PT-EPPKA2-SSA-EQVEGAN.

Referências bibliográficas

1. Silva SCG, Pinho JP, Borges C, Santos CT, Santos A, Graça P. Linhas de Orientação para uma Alimentação Vegetariana Saudável [Internet]. Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável. 2015. 1–50 p. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Frepositorio-aberto.up.pt%2Fbitstream%2F10216%2F80821%2F2%2F123855.pdf>
2. Zampa M. How Many Vegans Are There Really in the U.S.? [Internet]. 2019. Disponível em: <https://sentientmedia.org/how-many-vegans-are-there-in-the-u-s/>
3. Nielsen Portugal. Vegetarianos em Portugal [Internet]. 2017. Disponível em: <https://www.centrovegetariano.org/Article-620-Numero-vegetarianos-quadruplica-10-anos-Portugal.html>
4. Nielsen Portugal. Vegetarianos em Portugal [Internet]. 2007. Disponível em: <https://www.centrovegetariano.org/Article-451-Portugal-quantos-Vegetarianos-30-mil.html>
5. SORKIN AL. The Green Revolution. Growth Change [Internet]. Junho de 1971 [citado 20 de Agosto de 2021];2(3):36–41. Disponível em: <http://www.lantern.es>

6. Assembleia da República. Lei n.º 11/2017 de 17 de abril. Diário da República [Internet]. 2017;1ª série(75):1974. Disponível em: [https://dre.pt/pesquisa/-/search/106886578/details/normal?q=Lei+n.º 11%2F2017%2C de+17+de+abril](https://dre.pt/pesquisa/-/search/106886578/details/normal?q=Lei+n.º+11%2F2017%2C+de+17+de+abril)
7. EACEA. European Qualification & Competences for the Vegan Food Industry [Internet]. 2020. Disponível em: <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplu-project-details/#project/621581-EPP-1-2020-1-PT-EPPKA2-SSA>
8. Pimentel D, Pimentel M. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Setembro de 2003 [citado 19 de Agosto de 2021];78(3):660S-663S. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/78/3/660S/4690010>
9. Nicholls J, Drewnowski A. Toward sociocultural indicators of sustainable healthy diets. *Sustain* [Internet]. 28 de Junho de 2021 [citado 19 de Agosto de 2021];13(13):7226. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7226/htm>
10. Ostfeld RJ. Definition of a plant-based diet and overview of this special issue. *J Geriatr Cardiol*. 2017;14(5):315.
11. Harvard Men's Health Watch. The right plant-based diet for you. Harvard Univ [Internet]. 2018; Disponível em: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/the-right-plant-based-diet-for-you>
12. Williams KA, Patel H. Healthy Plant-Based Diet: What Does it Really Mean? *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(4):423–5.
13. Beverland MB. Sustainable Eating: Mainstreaming Plant-Based Diets In Developed Economies. <http://dx.doi.org/10.1177/0276146714526410> [Internet]. 5 de Março de 2014 [citado 19 de Agosto de 2021];34(3):380. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0276146714526410>
14. Craig, W Mangels A. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. *J Am Diet Assoc* [Internet]. Julho de 2009;109(7):1266–82. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822309007007>
15. Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian Diets. *Can J Diet Pract Res* [Internet]. Julho de 2003;64(2):62–81. Disponível em: <https://dcjournal.ca/doi/10.3148/64.2.2003.62>
16. Clarys P, Deliens T, Huybrechts I, Deriemaeker P, Vanaelst B, De Keyzer W, et al. Comparison of Nutritional Quality of the Vegan, Vegetarian, Semi-Vegetarian,

- Pesco-Vegetarian and Omnivorous Diet. *Nutrients* [Internet]. 24 de Março de 2014;6(3):1318–32. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2072-6643/6/3/1318>
17. Groufh-Jacobsen S, Hess SY, Aakre I, Folven Gjengedal EL, Blandhoel Pettersen K, Henjum S. Vegans, Vegetarians and Pescatarians Are at Risk of Iodine Deficiency in Norway. *Nutrients* [Internet]. 20 de Novembro de 2020;12(11):3555. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/11/3555>
 18. Derbyshire EJ. Flexitarian Diets and Health: A Review of the Evidence-Based Literature. Vol. 3, *Frontiers in Nutrition*. Frontiers Media S.A.; 2017.
 19. Krebs-Smith SM, Pannucci TRE, Subar AF, Kirkpatrick SI, Lerman JL, Tooze JA, et al. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2015. *J Acad Nutr Diet*. 2018;118(9):1591–602.
 20. Magkos F, Tetens I, Bügel SG, Felby C, Schacht SR, Hill JO, et al. The Environmental Foodprint of Obesity [Internet]. Vol. 28, *Obesity*. John Wiley & Sons, Ltd; 2020 [citado 20 de Agosto de 2021]. p. 73–9. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/oby.22657>
 21. Trichopoulou A, Costacou T, Bamia C, Trichopoulos D. Adherence to a Mediterranean Diet and Survival in a Greek Population. *N Engl J Med* [Internet]. 26 de Junho de 2003;348(26):2599–608. Disponível em: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMoa025039>
 22. Gai Costantino C, Morales Morante LF. Vegetarian dietary guidelines: a comparative dietetic and communicational analysis of eleven international pictorial representations. *Rev Española Nutr Humana y Dietética* [Internet]. 16 de Julho de 2020;24(2):120. Disponível em: <http://renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/953>
 23. Baden MY, Liu G, Satija A, Li Y, Sun Q, Fung TT, et al. Changes in Plant-Based Diet Quality and Total and Cause-Specific Mortality. *Circulation* [Internet]. 17 de Setembro de 2019 [citado 20 de Agosto de 2021];140(12):979–91. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31401846/>
 24. Satija A, Malik V, Rimm EB, Sacks F, Willett W, Hu FB. Changes in intake of plant-based diets and weight change: Results from 3 prospective cohort studies [Internet]. Vol. 110, *American Journal of Clinical Nutrition*. 2019 [citado 20 de Agosto de 2021]. p. 574–82. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/>.
 25. Satija A, Hu FB. Plant-based diets and cardiovascular health [Internet]. Vol. 28, *Trends in Cardiovascular Medicine*. Trends Cardiovasc Med; 2018 [citado 19 de

- Agosto de 2021]. p. 437–41. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29496410/>
26. Magkos F, Tetens I, Bügel SG, Felby C, Schacht SR, Hill JO, et al. A Perspective on the Transition to Plant-Based Diets: A Diet Change May Attenuate Climate Change, but Can It Also Attenuate Obesity and Chronic Disease Risk. Vol. 11, *Advances in Nutrition*. Oxford University Press; 2020. p. 1–9.
 27. Ornish D, Brown SE, Billings JH, Scherwitz LW, Armstrong WT, Ports TA, et al. Can lifestyle changes reverse coronary heart disease? *Lancet* [Internet]. Julho de 1990;336(8708):129–33. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/014067369091656U>
 28. Pinho JP, Silva SCG, Borges C, Santos CT, Santos A, Guerra A, et al. Alimentação Vegetariana Em Idade Escolar. Programa Nac para a Promoção da Aliment Saudável - Direção-Geral da Saúde [Internet]. 2016;60. Disponível em: <http://www.apn.org.pt/documentos/efemerides/Alimentacao-Vegetariana-em-Idade-Escolar-.pdf>
 29. Chahoud G, Aude YW, Mehta JL. Dietary recommendations in the prevention and treatment of coronary heart disease: Do we have the ideal diet yet? *Am J Cardiol* [Internet]. Novembro de 2004;94(10):1260–7. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002914904012238>
 30. Fehér A, Gazdecki M, Véha M, Szakály M, Szakály Z. A Comprehensive Review of the Benefits of and the Barriers to the Switch to a Plant-Based Diet. Sustainability [Internet]. 19 de Maio de 2020;12(10):4136. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/10/4136>
 31. Dwyer JT. Health aspects of vegetarian diets. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Setembro de 1988;48(3):712–38. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/48/3/712-738/4716406>
 32. Pomerleau J, McKee M, Lobstein T, Knai C. The burden of disease attributable to nutrition in Europe. *Public Health Nutr* [Internet]. 22 de Agosto de 2003;6(5):453–61. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifiser/S1368980003000624/type/journal_article
 33. Lea E, Worsley A. Benefits and barriers to the consumption of a vegetarian diet in Australia. *Public Health Nutr* [Internet]. 22 de Agosto de 2003;6(5):505–11. Disponível em:

https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1368980003000685/type/journal_article

34. Lea EJ, Crawford D, Worsley A. Public views of the benefits and barriers to the consumption of a plant-based diet. *Eur J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Julho de 2006;60(7):828–37. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/1602387>
35. Barnard ND, Cohen J, Jenkins DJ, Turner-McGrievy G, Gloede L, Green A, et al. A low-fat vegan diet and a conventional diabetes diet in the treatment of type 2 diabetes: a randomized, controlled, 74-wk clinical trial. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Maio de 2009;89(5):1588S-1596S. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/89/5/1588S/4596944>
36. Berkow SE, Barnard N. Vegetarian Diets and Weight Status. *Nutr Rev* [Internet]. Abril de 2006;64(4):175–88. Disponível em: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2006.tb00200.x>
37. Melina V, Craig W, Levin S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *J Acad Nutr Diet* [Internet]. Dezembro de 2016;116(12):1970–80. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212267216311923>
38. Massera D, Zaman T, Farren GE, Ostfeld RJ. A Whole-Food Plant-Based Diet Reversed Angina without Medications or Procedures. *Case Reports Cardiol* [Internet]. 2015;2015:1–3. Disponível em: <http://www.hindawi.com/journals/cric/2015/978906/>
39. Aune D. Plant Foods, Antioxidant Biomarkers, and the Risk of Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality: A Review of the Evidence. *Adv Nutr* [Internet]. 1 de Novembro de 2019 [citado 19 de Agosto de 2021];10(Supplement_4):S404–21. Disponível em: https://academic.oup.com/advances/article/10/Supplement_4/S404/5624065
40. Qian F, Liu G, Hu FB, Bhupathiraju SN, Sun Q. Association between Plant-Based Dietary Patterns and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Intern Med* [Internet]. 1 de Outubro de 2019 [citado 19 de Agosto de 2021];179(10):1335–44. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/2738784>
41. Nechuta SJ, Caan BJ, Chen WY, Lu W, Chen Z, Kwan ML, et al. Soy food intake after diagnosis of breast cancer and survival: an in-depth analysis of combined

- evidence from cohort studies of US and Chinese women. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Julho de 2012;96(1):123–32. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/96/1/123/4571417>
42. Richman EL, Stampfer MJ, Paciorek A, Broering JM, Carroll PR, Chan JM. Intakes of meat, fish, poultry, and eggs and risk of prostate cancer progression. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Março de 2010;91(3):712–21. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/91/3/712/4597223>
43. Alasmre FA, Alotaibi HA. Plant-Based Diet: A Potential Intervention for Heart Failure. *Cureus* [Internet]. 25 de Maio de 2020; Disponível em: <https://www.cureus.com/articles/29885-plant-based-diet-a-potential-intervention-for-heart-failure>
44. Najjar RS, Moore CE, Montgomery BD. Consumption of a defined, plant-based diet reduces lipoprotein(a), inflammation, and other atherogenic lipoproteins and particles within 4 weeks. *Clin Cardiol* [Internet]. Agosto de 2018;41(8):1062–8. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/clc.23027>
45. Judge M, Wilson MS. Vegetarian Utopias: Visions of dietary patterns in future societies and support for social change. *Futures* [Internet]. Agosto de 2015;71:57–69. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016328715000890>
46. Kökény T. The History of Vegetarianism in Hungary. *Társadalomkutatás* [Internet]. Junho de 2009;27(2):203–25. Disponível em: <https://akjournals.com/doi/10.1556/tarskut.27.2009.2.7>
47. Meyer TE, Kovács SJ, Ehsani AA, Klein S, Holloszy JO, Fontana L. Long-Term Caloric Restriction Ameliorates the Decline in Diastolic Function in Humans. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. Janeiro de 2006;47(2):398–402. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109705025775>
48. Toumpanakis A, Turnbull T, Alba-Barba I. Effectiveness of plant-based diets in promoting well-being in the management of type 2 diabetes: a systematic review. *BMJ Open Diabetes Res Care* [Internet]. Novembro de 2018;6(1):e000534. Disponível em: <https://drc.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjdr-2018-000534>
49. Arab A, Mehrabani S, Moradi S, Amani R. The association between diet and mood: A systematic review of current literature. *Psychiatry Res* [Internet]. Janeiro de 2019;271:428–37. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165178118307583>

50. Liu X, Yan Y, Li F, Zhang D. Fruit and vegetable consumption and the risk of depression: A meta-analysis. *Nutrition* [Internet]. Março de 2016;32(3):296–302. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900715003974>
51. AlAmmar WA, Albeesh FH, Khattab RY. Food and Mood: the Corresponsive Effect [Internet]. Vol. 9, *Current Nutrition Reports*. Springer; 2020 [citado 29 de Abril de 2021]. p. 296–308. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32623655/>
52. Beezhold B, Radnitz C, Rinne A, DiMatteo J. Vegans report less stress and anxiety than omnivores. *Nutr Neurosci* [Internet]. 21 de Outubro de 2015;18(7):289–96. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1476830514Y.0000000164>
53. Beezhold BL, Johnston CS. Restriction of meat, fish, and poultry in omnivores improves mood: A pilot randomized controlled trial. *Nutr J* [Internet]. 14 de Dezembro de 2012;11(1):9. Disponível em: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-11-9>
54. Beezhold BL, Johnston CS, Daigle DR. Vegetarian diets are associated with healthy mood states: a cross-sectional study in Seventh Day Adventist adults. *Nutr J* [Internet]. 1 de Dezembro de 2010;9(1):26. Disponível em: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-9-26>
55. Olabi A, Levitsky DA, Hunter JB, Spies R, Rovers AP, Abdouni L. Food and mood: A nutritional and mood assessment of a 30-day vegan space diet. *Food Qual Prefer* [Internet]. Março de 2015;40:110–5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950329314001888>
56. European Green Deal. Farm to Fork Strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system. 2020 [citado 2 de Setembro de 2020];22. Disponível em: https://ec.europa.eu/food/farm2fork_en
57. Wyckhuys KAG, Aebi A, Bijleveld van Lexmond MFIJ, Bojaca CR, Bonmatin JM, Furlan L, et al. Resolving the twin human and environmental health hazards of a plant-based diet. *Environ Int*. 1 de Novembro de 2020;144:106081.
58. Ferreira J. O presente e o futuro da agricultura biológica. *Dossier Agricultura Biológica. Agrotec*. 2020;10–3.
59. Ferreira F, Mendes-Moreira P, Botelho G. Is organic agriculture a potential public health indicator? Evidence from literature. *Open Agric* [Internet]. 31 de Dezembro de 2020;5(1):914–29. Disponível em:

- <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/opag-2020-0088/html>
60. Alcorta A, Porta A, Tárrega A, Alvarez MD, Pilar Vaquero M. Foods for plant-based diets: Challenges and innovations [Internet]. Vol. 10, Foods. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10020293>
 61. A quarter of Brits use plant-based milk | Mintel.com [Internet]. [citado 27 de Abril de 2021]. Disponível em: <https://www.mintel.com/press-centre/food-and-drink/milking-the-vegan-trend-a-quarter-23-of-brits-use-plant-based-milk>
 62. GFI. Good Food Retail Report: Benchmarking the Top U.S Retailers on Plant-Based Sales Strategies [Internet]. 2020 [citado 27 de Abril de 2021]. Disponível em: <https://gfi.org/resource/plant-based-retail-report/>
 63. Niva M, Vainio A, Jallinoja P. Barriers to Increasing Plant Protein Consumption in Western Populations. Em: Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention [Internet]. Elsevier; 2017. p. 157–71. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128039687000101>
 64. Szejda K, Urbanovich T, Wilks M. Accelerating Consumer Adoption of Plant-Based Meat: An Evidence-Based Guide for Effective Practice. 2020;1–111. Disponível em: go.gfi.org/plant-based-meat-consumer-adoption%0D
 65. Asioli D, Aschemann-Witzel J, Caputo V, Vecchio R, Annunziata A, Næs T, et al. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications [Internet]. Vol. 99, Food Research International. Elsevier Ltd; 2017 [citado 25 de Maio de 2021]. p. 58–71. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28784520/>
 66. Kyriakopoulou K, Keppler JK, van der Goot AJ. Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues. Foods [Internet]. 12 de Março de 2021;10(3):29. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/600>
 67. McClements DJ, Weiss J, Kinchla AJ, Nolden AA, Grossmann L. Methods for Testing the Quality Attributes of Plant-Based Foods: Meat- and Processed-Meat Analogs. Foods. 2021;10(2):260.
 68. Gaspar R, Pereira L, Sousa-Pinto I. The seaweed resources of Portugal. Bot Mar [Internet]. 1 de Outubro de 2019 [citado 19 de Agosto de 2021];62(5):499–525. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bot-2019-0012/html>
 69. Paiva L, Lima E, Ferreira Patarra R, Neto AI, Baptista J. Edible Azorean macroalgae as source of rich nutrients with impact on human health. 2014 [citado

- 19 de Agosto de 2021]; Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.119>
70. Araújo R, Vázquez Calderón F, Sánchez López J, Azevedo IC, Bruhn A, Fluch S, et al. Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Front Mar Sci.* 27 de Janeiro de 2021;0:1247.
71. Pacheco F. Crescimento de consumo de plant-based food? Consumidores e empresas respondem à chamada - Hipersuper - Hipersuper [Internet]. 2021 [citado 20 de Agosto de 2021]. Disponível em: <https://www.hipersuper.pt/2021/05/06/crescimento-consumo-plant-based-food-consumidores-empresas-respondem-chamada/>
72. Cornall J. European Court of Justice says purely plant-based products can't use dairy names [Internet]. *Daily Reporter.* 2017 [citado 20 de Agosto de 2021]. p. 1. Disponível em: <https://www.dairyreporter.com/Article/2017/06/14/Plant-based-products-can-t-use-dairy-names-European-Court-of-Justice>
73. The Guardian. European farmers lose attempt to ban terms such as veggie burger. 2020; Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2020/oct/23/european-farmers-lose-attempt-to-ban-terms-such-veggie-burger>
74. Beverland MB. Sustainable Eating. *J Macromarketing* [Internet]. 5 de Setembro de 2014;34(3):369–82. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0276146714526410>
75. Graça J, Calheiros MM, Oliveira A. Attached to meat? (Un)Willingness and intentions to adopt a more plant-based diet. *Appetite.* 1 de Dezembro de 2015;95:113–25.
76. Graça J, Oliveira A, Calheiros MM. Meat, beyond the plate. Data-driven hypotheses for understanding consumer willingness to adopt a more plant-based diet. *Appetite.* 1 de Julho de 2015;90:80–90.
77. Duarte M, Vasconcelos M, Pinto E. Pulse Consumption among Portuguese Adults: Potential Drivers and Barriers towards a Sustainable Diet. *Nutr* 2020, Vol 12, Page 3336 [Internet]. 30 de Outubro de 2020 [citado 20 de Agosto de 2021];12(11):3336. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/11/3336/htm>
78. Lonnie M, Johnstone AM. The public health rationale for promoting plant protein as an important part of a sustainable and healthy diet. *Nutr Bull* [Internet]. 3 de Setembro de 2020;45(3):281–93. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nbu.12453>

79. Mridul A. Miyoko's Creamery wins plant-based labelling legal battle for its vegan butter. *vegan Rev* [Internet]. 2021; Disponível em: <https://theveganreview.com/miyokos-creamery-wins-plant-based-labelling-legal-battle-vegan-butter-california-state/>
80. Macdiarmid JI. Is a healthy diet an environmentally sustainable diet? *Proc Nutr Soc* [Internet]. 28 de Fevereiro de 2013;72(1):13–20. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0029665112002893/type/journal_article81. Sabaté J, Soret S. Sustainability of plant-based diets: back to the future. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1 de Julho de 2014 [citado 19 de Agosto de 2021];100(suppl_1):476S-482S. Disponível em: https://academic.oup.com/ajcn/article/100/suppl_1/476S/4576675
82. Sadhukhan J, Dugmore TIJ, Matharu A, Martinez-Hernandez E, Aburto J, Rahman PKSM, et al. Perspectives on “Game Changer” Global Challenges for Sustainable 21st Century: Plant-Based Diet, Unavoidable Food Waste Biorefining, and Circular Economy. *Sustainability* [Internet]. 5 de Março de 2020;12(5):1976. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/5/1976>
83. Hu FB, Otis BO, McCarthy G. Can Plant-Based Meat Alternatives Be Part of a Healthy and Sustainable Diet? *JAMA* [Internet]. 22 de Outubro de 2019;322(16):1547. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2749260>
84. Poore J, Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* (80-). 2018;360(6392):987–92.

CAPÍTULO III

PERSPETIVAS ATUAIS SOBRE PRODUTOS ALTERNATIVOS AO CONSUMO DE CARNE: REVISÃO NARRATIVA

(Artigo em preparação)

Miguel Lima, Rui Costa, Ivo Rodrigues, Jorge Lameiras, Goreti Botelho

Resumo

A investigação e o desenvolvimento de soluções alternativas à carne para o consumo humano têm vindo a crescer nos últimos anos. No contexto dos produtos alternativos à carne (PAC), enquadram-se diversos produtos como o tofu, o tempeh, o seitan, as leguminosas, as algas, as sementes e os frutos de casca rijas. Existem ainda produtos que exigem maior processamento tecnológico, como as bebidas vegetais, a carne artificial, a micoproteína, os insetos e as alternativas ao queijo e ao peixe. Os PAC tendem a imitar as propriedades físicas e organolépticas dos produtos de origem animal, por exemplo, pela composição fibrosa e combinação de ingredientes de origem vegetal que permite substituir o tecido muscular. Com o presente artigo, pretende-se realizar uma revisão narrativa que sistematiza os principais processos tecnológicos usados na produção dos diversos PAC. De um total de 310 artigos identificados nas bases de dados, *PubMed* e *ScienceDirect*, analisaram-se para este trabalho um total de 194 artigos. Constatou-se que existem produtos que apresentam maior número de estudos já publicados: os insetos, as algas e as bebidas vegetais. Outros produtos ainda necessitam de mais investigação futura, como é o caso da micoproteína, dos análogos ao peixe, dos análogos ao queijo, dos análogos à carne e da carne artificial.

Keywords: Análogos à carne, proteínas de base vegetal, tecnologia alimentar, sustentabilidade

Introdução

O consumo de carne foi, durante muito tempo, considerado um componente essencial da alimentação humana. Contudo, o aumento considerável da produção associado não só ao aumento da população humana, mas sobretudo a um consumo genericamente excessivo de carne à escala global [1] originou preocupações de origem ambiental, de saúde pública e de natureza ética e ideológica. As razões apontadas pelos pesquisadores como alarmantes no plano ambiental são a gestão inadequada dos recursos hídricos, do terreno arável, da emissão de gases nocivos para o ambiente [2], da redução da biodiversidade

[3] e dos efeitos danosos do uso de antibióticos na agropecuária [4]. Ao nível da saúde pública, a relação epidemiológica entre o consumo de carne vermelha e carne processada com algumas patologias, como o cancro no cólon [5] e problemas cardíacos [6] são motivo de preocupação. Estas consequências representam um incentivo para que o consumo de produtos de origem animal seja reduzido, reforçado pela crescente preocupação ética com o bem estar dos animais [7]. Para ajudar o consumidor a diminuir o consumo de proteínas de origem animal, várias estratégias foram criadas, como: o encorajamento para definir um dia em que o consumo de carne é substancialmente reduzido [8]; o apelo para a substituição do consumo de carne por proteínas de origem vegetal como o feijão, frutos secos e/ou leguminosas; e o desenvolvimento de produtos análogos à carne [9]. Este paradigma sustenta uma tendência de procura por alternativas aos produtos de origem animal, que requer a utilização de tecnologia, principalmente nos análogos à carne e bebidas vegetais. O uso destas tecnologias permite o aproximar das propriedades organolépticas e nutricionais dos PAC aos produtos de origem animal, através do processamento do material fibroso de ingredientes de origem vegetal combinados com outros ingredientes, como aditivos alimentares, visando imitar o tecido muscular [10]. São usadas diversas técnicas, sendo as mais utilizadas a extrusão, a eletrofiação e a fiação húmida. Todavia, para a redução do consumo de proteínas de origem animal através da substituição por PAC, será necessário a superação de barreiras, como a resistência à mudança pelo elevado estatuto que os produtos de origem animal representam para o consumidor, assim como os interesses económicos instalados na cadeia de valor e a necessidade de aprofundamento do conhecimento tecnológico para processamento dos PAC [11].

Metodologia

Do ponto de vista metodológico procedeu-se à pesquisa nas bases de dados *b-on*, *PubMed*, *ScienceDirect* e websites de organizações internacionais como *Food and Agriculture Organization of the United States* (FAO) e *The World Health Organization* (WHO), sem limitação de data ou origem dos estudos. As palavras-chave utilizadas foram "*meat analogues*", "*vegetable protein*" e "*meat alternatives*" e identificaram-se 310 artigos com o título potencialmente relevante. Destes, e após leitura parcial (apenas o resumo) ou integral, 194 artigos foram considerados na presente revisão narrativa. A revisão narrativa tem sido frequentemente utilizada por diversos autores [12].

Adicionalmente, foram considerados livros de editor internacional e pesquisa em websites de alguns organismos nacionais e internacionais.

A tabela 1 identifica os ingredientes e/ou produtos que são referenciados em artigos de revisão, publicados desde 2014. De uma forma genérica, naqueles trabalhos detalhou-se a composição dos produtos, e identificaram-se as propriedades funcionais que cada ingrediente deve conter para a formação de um análogo à carne. No presente artigo começa-se por identificar concretamente os produtos alternativos aos de origem animal, desde os mais antigos (tofu, tempeh, seitan, algas, leguminosas, insetos) mas também os produtos inseridos na categoria análogos à carne (carne artificial, micoproteína, alternativas ao peixe), complementando com as bebidas vegetais. Adicionalmente, apresenta-se uma análise às tecnologias comumente utilizadas para produção destes produtos, bem como, uma análise individual que identifica os produtos, que descreve os processos produtivos e contextualiza com informações nutricionais de cada categoria de produtos.

Tabela 1- Principais categorias de alimentos mencionados de artigos entre 2014-2021

Ano	Principais categorias de alimentos mencionados	Referências
2014	Proteína vegetal texturizada	[13]
2015	Soja (tofu, tempeh), seitan, leguminosas, oleaginosas, cereais e micoproteína	[14]
2015	Soja (tofu, tempeh), seitan, produtos com base em arroz, algas, fibra de tremoço e micoproteína	[15]
2016	Soja (tofu, tempeh), seitan, fibra de tremoço, produtos com base em arroz, algas e <i>Quorn</i>	[16]
2018	Soja, glúten, leguminosas e oleaginosas	[17]
2019	Soja, glúten, arroz, aveia, ervilha, lentilha, tremoço, grão-de-bico, <i>mung bean</i> e micoproteína	[18]
2019	Soja, trigo e ervilha	[19]
2020	Soja, glúten, ervilha, <i>mung bean protein</i> e arroz	[20]
2020	Soja, trigo, arroz, ervilha, grão de bico, canola e colza	[21]
2020	Soja (tofu, tempeh) e seitan	[22]
2020	Soja (tofu, tempeh), <i>Quorn</i> e carne artificial	[23]
2020	Soja, trigo, ervilha, tremoço, arroz, batata e microalgas	[24]
2021	Soja, trigo, ervilha e micoproteína	[25]
2021	Soja, glúten, ervilhas, lentilhas, grão-de-bico, arroz, quinoa, trigo sarraceno, sementes e frutos secos	[26]
2021	Soja (tofu, <i>yuba</i> , tempeh, proteína de soja texturizada) e glúten	[27]

Soluções alimentares análogas à carne

Uma diversa panóplia de alimentos alternativos à carne e aos laticínios está, atualmente, disponível no mercado. Existem os produtos convencionais, de processamento simples,

como o tofu, o tempeh e o seitan, as sementes, as leguminosas e os frutos secos. Complementarmente, existem os produtos análogos à carne, que são produtos que visam substituir os produtos de origem animal, imitando as suas propriedades funcionais e replicando as características organoléticas. Um produto análogo à carne, na sua composição generalista, contém água (50%-80%), proteína texturizada (15%-20%) e não texturizada (10%-25%) vegetal, aromatizantes (3%-10%), gordura (0%-15%), agentes de ligação (1%-5%) e corantes (0%-0.5%) [28]. Outros ingredientes específicos poderão ser usados para melhorar a textura do produto final.

Para a produção dos produtos análogos à carne é necessária a utilização de tecnologias que estão apresentadas na tabela 3. Neste contexto, enquadram-se os produtos alternativos ao peixe, ao queijo, a carne artificial, a micoproteína e as bebidas vegetais. A tabela 2 identifica e caracteriza os produtos existentes, assim como as suas vantagens e inconvenientes, suportados pela literatura disponível. No campo das vantagens são especialmente valorizados os argumentos em torno do contributo para a sustentabilidade ambiental. Por outro lado, no campo dos inconvenientes destacam-se os aspetos de ordem sensorial e legislativa.

Tabela 2- Proteínas alternativas à carne para consumo humano (Adaptado de [29])

Produto	Definição e/ou fontes	Vantagens	Inconvenientes	Referências
Proteínas de origem vegetal	Proteínas vegetais: soja (tofu, tempeh, proteína de soja texturizada); glúten (seitan); leguminosas (ervilha, lentilhas, tremçoço, grão-de-bico); sementes (colza, canola)	Perceção de ser mais saudável e sustentável do que a carne. Maior aceitação quando similar à carne. Mais familiar aos consumidores comparativamente à micoproteína e carne artificial. Produtos com menor impacto ambiental dentro das opções apresentadas	O consumo de carne é um hábito enraizado, a disponibilidade de mudança de paradigma é baixa. As propriedades organoléticas motivam resistência à aceitação do consumidor. Distribuição dos produtos em <i>Marketplace</i> . Possibilidade de proibição do uso da terminologia “carne” nos produtos substitutos.	[14,17,38–40,30–37]

Tabela 2- Proteínas alternativas à carne para consumo humano (Adaptado de [29])(continuação)

Micoproteína (Proteína fúngica)	Produto obtido através da fermentação do fungo <i>Fusarium venenatum</i> .	A utilização do solo é inferior ao que é usado na produção dos produtos de origem animal convencional.	Impacto significativo no aquecimento global	[41,42]
Carne artificial	Carne produzida através do desenvolvimento de culturas de células animais.	Produto que apresenta maior semelhança com a carne original. Estima-se que a necessidade de solo seja inferior comparativamente à produção de carne. Uso inferior de animais para produção da carne comparativamente aos métodos convencionais.	Percepção de ser um produto artificial o que gera dúvidas relativa à sua segurança. Emissão de CO ₂ (dióxido de carbono) superior à carne, utilização ineficiente de recursos hídricos e gastos consideráveis de matéria-prima. Exige uma revisão nos regulamentos no âmbito alimentar.	[43–48]
Bebidas Vegetais	Extratos solúveis em água de material vegetal decompostos e extraídos em água para posterior homogeneização: leguminosas (soja, grão-de-bico); cereais (aveia, arroz); pseudocereais (quinoa, <i>teff</i> , amaranto); frutos secos (amêndoa, noz, coco, caju, avelã); sementes (sésamo, girassol)	Percepção de ser mais sustentável. Aceitação dos sabores quando aromatizados. A fermentação pode melhorar as propriedades nutricionais (biodisponibilidade) e sensoriais.	Sem sabor quando não aromatizadas. Preocupação com açúcares adicionados e com edulcorantes. Exigências regulamentares na proibição do uso da terminologia “leite” nesta tipologia de produtos. A bebida de amêndoa tem um impacto ambiental superior ao leite de vaca, devido às consequências da irrigação.	[49,50,59,60,51–58]

Tabela 2- Proteínas alternativas à carne para consumo humano (Adaptado de [29]) (continuação)

Alternativas aos queijos	Produtos derivados de leite de vaca que são parcialmente ou totalmente substituídos por produtos de origem vegetal. Proteínas (amendoim ou soja); gorduras (soja, coco, tapioca, levedura nutricional, frutos secos)	Proteína de elevada qualidade quando a soja é usada. Possibilidade de alterar o perfil lipídico, reduzindo o teor de gorduras saturadas. Validade mais prolongada. Custo inferior quando utilizados produtos de menor valor comercial.	Alguns produtos não igualam as propriedades nutricionais dos queijos comuns. O óleo de palma usado nestes produtos pode provir de fontes não sustentáveis. Alguns produtos contêm um elevado teor de gordura saturada proveniente do coco e óleo de palma.	[61–63]
Alternativas ao peixe	Produtos, ingredientes ou combinação de ingredientes utilizados como substituto do peixe: soja, glúten, algas, cogumelos e legumes.	Não contribui para a pesca predatória.	A maior parte das alternativas são nutricionalmente deficitárias em proteínas e gorduras essenciais (EPA e DHA).	[64,65]
Algas	Produtos ricos em proteínas, hidratos carbono, lípidos, e outros compostos bioativos. Produtos: <i>Chlorella spp</i> , <i>Arthrospira spp</i> , <i>Schizochytrium spp</i> .	Fonte de EPA (ácido eicosapentaenoico) e de DHA (ácido docosahexaenoico). Não necessita de solo arável. Ajuda a fixar o CO ₂ (dióxido de carbono).	Problemas regulatórios se utilizados OGM (organismo geneticamente modificados) para melhorar a composição dos produtos. A aceitação poderá ser baixa devido ao sabor marinho,	[64,66,67]
Insetos	Produto rico em proteínas, com aminoácidos essenciais na sua composição.	Insetos são um dos seres vivos mais abundantes no mundo; Fonte proteína alternativa à carne sustentável	Repulsa no consumo pela perceção negativa aos insetos	[68–72]

É importante a adequação dos processos tecnológicos de extração de tecido fibroso de proteína de origem vegetal com as características dos alimentos, de modo a obter produtos finais de alta pureza proteica. Na tabela 3 serão apresentados os processos mais utilizados para a produção de análogos à carne, de acordo com a literatura consultada.

Tabela 3 - Processos tecnológicos para produção de análogos à carne

Técnica	Síntese	Referências
Fiação húmida	<p>Uma solução proteica é extrudada em um banho de coagulação, contendo um solvente, que reduz a solubilidade da proteína ou promove ligações cruzadas e formação de fibras.</p> <p>A ação do solvente causa a precipitação da proteína e junto com as forças de cisalhamento no bico, causam o alinhamento das proteínas formando filamentos esticados.</p> <p>Para promover ligações cruzadas, o solvente deve conter elementos como Ca^{2+} ou fornecer um ambiente que promova a formação de ligações intermoleculares e intramoleculares entre as cadeias proteicas.</p> <p>O material fibroso (20 μm) formado é separado de solvente e lavado.</p> <p>Vários estudos mostram a produção de fibras de qualidade alimentar com materiais à base de plantas, como soja e ervilha.</p>	[73–75]
Eletrofiação	<p>Técnica de produção de fibras com diâmetro em escala nanométrica através de alta voltagem.</p> <p>A solução proteica é empurrada através de um bico e eletricamente acelerada pelo gradiente de potencial elétrico em relação ao eletrodo de aterramento.</p> <p>O jato que emerge do bico estende-se em uma fibra fina (≈ 100 nm) enquanto o solvente evapora e é recolhido no coletor.</p> <p>Para que a eletrofiação ocorra, as proteínas devem estar em disposição desdobrada ou intrinsecamente não estruturada, em vez da estrutura globular.</p> <p>As proteínas vegetais são geralmente globulares no seu estado nativo, tendo que ser desdobradas, geralmente usando aquecimento antes da eletrofiação, evitando a formação de agregados insolúveis.</p>	[73,76–79]
Extrusão	<p>Técnica mais comum para transformar proteínas, particularmente de origem vegetal;</p> <p>A extrusão pode ser classificada em extrusão de baixa umidade (<30%) e extrusão com alta umidade (>50%);</p> <p>O primeiro destina-se principalmente à produção de proteína vegetal texturizada (PVT);</p> <p>A extrusão com alta umidade é usada para produzir textura de carne de músculo inteiro, caracterizado por estrutura fibrosa e anisotrópica;</p> <p>Outros fatores podem influenciar o produto final como: temperatura de extrusão, velocidade da rosca, pressão da extrusão, entrada de energia e geometria da matriz;</p>	[20,27,73,80–85]

Tabela 3 - Processos tecnológicos para produção de análogos à carne (continuação)

<p>Mistura de proteínas e hidrocolóides</p>	<p>Produtos fibrosos podem ser obtidos pela mistura de proteínas com hidrocolóides que precipitam com catiões multivalentes. Após a mistura, os produtos fibrosos são lavados e o excesso de água é removido por prensagem, resultando em teores de matéria seca entre 40-60% Neste processo, várias combinações de proteínas hidrocolóides e catiões multivalentes podem ser utilizados. Exemplo de uma combinação é caseína e alginato. Há registo do uso de proteínas vegetais como soja, arroz, milho e tremçoço.</p>	<p>[10,86]</p>
<p>Estruturação por congelação</p>	<p>Na estruturação por congelação ou alinhamento por congelação a solução aquosa (pasta de proteínas) é congelada para ser estruturada. A remoção de calor de uma pasta bem misturada origina uma estrutura isotrópica, mas quando o calor é removido unidireccionalmente sem misturar, o alinhamento das agulhas de cristal de gelo produz estruturas anisotrópicas. O tamanho das agulhas deve ser adaptado à temperatura e taxa de congelação. Posteriormente, o produto congelado é seco sem derreter os cristais de gelo, por exemplo, por liofilização, para obter uma microestrutura porosa com orientação paralela às proteínas. Para obter produtos fibrosos distintos, as proteínas devem ter boa solubilidade antes da congelação, pois durante o processo as proteínas tornam-se insolúveis.</p>	<p>[87-89]</p>
<p>Tecnologia de célula de cisalhamento</p>	<p>Com base no reconhecimento de que a extrusão é um processo eficaz, mas não devidamente definido, foi criada uma tecnologia baseada na deformação do fluxo de cisalhamento. A estrutura final obtida com esta técnica depende dos ingredientes e das condições de processamento. Produtos fibrosos são obtidos com caseinato de cálcio e várias misturas de proteínas vegetais, como concentrado de proteína de soja, isolado de proteína de soja, glúten de trigo e pectina.</p>	<p>[90-95]</p>
<p>Impressão 3D</p>	<p>A impressão tridimensional de alimentos está a desenvolver-se rapidamente com várias técnicas de impressão 3D disponíveis. A mais comum é baseada na injeção de seringa. Neste processo, uma solução proteica, com uma elevada viscosidade é extrudada através de um bico de seringa fino e movimento, camada por camada, para formar um produto 3D, por exemplo uma estrutura com forma de um músculo. A impressão é baseada em um modelo digital pré-projetado A solução de proteína impressa deve ser homogénea e ter a capacidade de impressão adequada. A imprimibilidade refere-se às propriedades físicas e químicas, garantido a sua fluidez para fora do bico e a capacidade de manutenção e de endurecer rapidamente a estrutura 3D pós-disposição.</p>	<p>[20,96-101]</p>

Proteínas de origem vegetal

Há um conjunto de produtos de origem vegetal que fazem parte da alimentação em todo o mundo e que se constituem como importantes fontes alimentares de proteínas. Embora esses produtos possam ter limitações em termos de vários aminoácidos essenciais e de vitamina B12, a sua combinação pode suprir as necessidades nutricionais de um indivíduo saudável [13,102,103]. Na tabela 4 estão descritas as fontes de proteínas de origem vegetal.

Tabela 4- Principais fontes de proteína vegetal

Produto alimentar	Caracterização e produção
Soja – Produtos Tradicionais	
Tofu	O tofu é produzido a partir de um “leite” proveniente dos feijões de soja moídos em água quente, depois de devidamente descascados. Depois de aquecidos, as partes duras (<i>Okara</i>) são separadas do “leite”, sendo a proteína coagulada através da adição de um coagulante (<i>nigari</i> , sulfato magnésio ou cloreto de cálcio) [104].
Tempeh	Na produção do tempeh os feijões de soja são descascados, demolhados e cozidos. Posteriormente, são arrefecidos e inoculados com um bolor (<i>rhizopus</i>), que faz fermentar o preparado. Da fermentação dos feijões resulta a pasta chamada tempeh [104]
Miso	O miso é uma pasta de soja fermentada, produzido a partir de feijões de soja cozidos e misturados com outros cereais, que conferem a variabilidade da pasta miso (miso <i>hatcho</i> , miso <i>mugi</i> , miso <i>genmai</i>). Posteriormente à fermentação dos grãos, a mistura é salgada, obtendo-se uma pasta espessa e nutritiva. Devido ao processo de fermentação a que é sujeito, o miso é um alimento vivo que contém bactérias e fermentos vivos [104].
Soja - Utilidade na produção de análogos de Carne	
Farinha de soja, concentrado de proteína de soja e isolado de proteína de soja	Ingredientes de soja são os mais comumente utilizados em análogos à carne, devido às suas propriedades funcionais, como capacidade de retenção de água, gelificação, absorção de gordura e capacidade de emulsificação [105]. Destaca-se o isolado de proteína de soja pela alta pureza proteica, a sua cor clara e sabor suave em comparação com os outros ingredientes de soja [105].
Leguminosas	
Lentilha, ervilha e grão-de-bico	Fonte de proteína (15% a 40%), essencialmente lisina. <i>Air-classification</i> é um processo de extração que se adapta às características da ervilha e lentilha (diâmetro largo e distribuição uniforme do amido)[106]. A extração alcalina seguida por precipitação isoelétrica é considerado o método mais comum na extração de proteínas vegetais relatada na literatura, devido à sua simplicidade e produção de concentrados com elevada pureza proteica [107]. Outras metodologias usadas são a extração alcalina seguida de ultrafiltração, extração aquosa e extração salina [107]

Tabela 4- Principais fontes de proteína vegetal (continuação)

Tremoço	Os desafios tecnológicos para otimizar a produção e o processamento da proteína do tremoço estão relacionados com a manutenção do óleo e da fibra do tremoço, devido ao potencial que a fibra demonstra nos alimentos funcionais, sendo o óleo um produto atraente devido à sua composição equilibrada de ácidos gordos e o seu conteúdo de lípidos bioativos [108,109]. Atendendo ao elevado teor proteico, o tremoço é considerado uma ótima matéria-prima, podendo ser usado como um substituto do ovo na produção de bolos e pão [110].
Leguminosas – Utilidade nos análogos à carne	
Ervilha, Lentilha, tremoço e grão-de-bico	As propriedades funcionais (emulsificação, estabilização e formação de gel) destas leguminosas foram estudadas e conclui-se que [111–115]: Entre elas, o mais promissor para a produção de análogos à carne foi a proteína de ervilha, que, no estudo, foi estruturada por extrusão de alta humidade [116,117]; O grão de bico, a lentilha e o tremoço indicaram boa capacidade emulsionante, de formação de espuma e capacidade de estabilização [118–120]; Com exceção das do grão-de-bico, estas proteínas apresentam capacidades de gelificação mais fracas do que a soja
Glúten	
Seitan	É produzido através da preparação da farinha de trigo, como para produção de uma massa de pão. Esta massa é lavada num passador com água corrente. Neste processo, remove-se as gorduras e os hidratos carbono. A massa lavada é cozinhada com molho de soja (<i>shoyu</i> ou <i>tamari</i>) e ganha assim uma consistência dura[104].
Glúten – Utilidade nos análogos à carne	
Glúten	O glúten é um dos ingredientes principais para a formação de estruturas fibrosas, por isso é comum estar presente na composição de análogos à carne [121].

Bebidas vegetais

Os processos produtivos de bebidas vegetais apresentam algumas variações consoante as matérias-primas utilizadas. Contudo, os métodos produtivos de bebidas vegetais partilham operações em comum, que estão descritas na tabela 5.

Numa primeira instância, terá que se decidir por descascar ou não a matéria-prima selecionada. Esta poderá ser adquirida já descascada ou por descascar, seca ou em fresco. Caso a matéria-prima seja adquirida em fresco e com casca, deverá ser colocada em água quente para posteriormente remover a casca [122]. Depois do descasque, o preparado necessitará de ser desidratado [123]. Por outro lado, se o produto é rececionado seco, não necessitará do processo anterior, passando para uma fase de torrefação ou moagem a seco.

Tabela 5-Fases produtivas de bebidas vegetais. Adaptado de [124]

Processo	Considerações	Referências
Torrefação	Usado nas bebidas de amendoim, sésamo e avelã; Torrefação aumenta a estabilidade da emulsão e a solubilidade das proteínas; Poderá reduzir a acidez, o teor de sólidos totais, de proteína, de gordura e evita o amargor	[125–128]
Moagem a seco	Não é o processo mais recomendado; Existe como alternativa a moagem húmida	[129]
Descasque (Pelagem)	Uso de ácidos ou bases. Usando ácido cítrico (concentração 2% a 90°C em 2 minutos realiza-se o descasque da amêndoa; A base comumente usada é o hidróxido de sódio (NaOH); Uso de água é viável, sendo o processo mais demorado (18h a 20h). O tempo depende da matéria-prima usada. Deve-se realizar uma lavagem posterior para remover vestígios do ácido ou base usados. A pelagem permite remover os componentes tóxicos presentes na pele, removendo o sabor amargo.	[130–135]
Imersão em água	Usado para os grãos de soja, avelã, arroz, sésamo, amendoim, amêndoas; Ocorre a hidratação (demolha) e amolecimento das matérias-primas. Menor teor em amilose; As toxinas são libertadas na água;	[50,123,126,133,136–140]
Escaldão/ Branqueamento	Usado para os grãos de soja, amêndoas, coco, sésamo, amendoim, arroz e quinoa. Diminui a carga microbiana; Inativação enzimática (lípase, protéase, peroxidase, entre outras) O escaldão a vapor pode ser usado (aumenta o rendimento total de sólidos e proteínas).	[135,140,149,141–148]
Moagem húmida	Aplicada nos grãos de soja, coco, castanha de caju, avelãs, sementes de cânhamos, amêndoas, nozes e amendoins; A quantidade de água adicionada, a temperatura de moagem, o pH, e o tipo de moagem são alguns dos fatores que afetam o produto final.	[122,128,130,133,148–153]
Filtração	É aplicada para separar o líquido da fase sólida (bolo) da matéria-prima moída; Pode ser usada a filtração com gaze de camada dupla, pano de musselina (25 µm) ou papel de filtro com diferentes tamanhos; A ultrafiltração também é usada (avelã, sésamo e milho)	[125,130,155–158,132,133,135,140,141,149,152,154]

Tabela 5-Fases produtivas de bebidas vegetais. Adaptado de [124] (continuação)

Adição de ingredientes	Na indústria, a lecitina de girassol e as gomas de alfarroba de gelana são usadas para aumentar a estabilidade das soluções; A goma xantana é comumente usada, como espessante e estabilizante; O ácido ascórbico é adicionado para prevenir a oxidação; São incorporados adoçantes (cana-de-açúcar, xarope de açúcar, sacarose) e sal marinho para melhorar o sabor do preparado (algumas variedades poderão conter baunilha ou cacau); Para melhorar a aparência sedosa, é usado o óleo de girassol e o azeite.	[122,123,131,138,140,146,147,159,160]
Fortificação e enriquecimento	Durante a produção, diferentes compostos são incorporados para incrementar as propriedades nutricionais e organolépticas do produto final; Para aumentar o teor proteico pode usar-se lentilhas. Cálcio, vitamina (A, B2, B1, B12, D2 e E) também são adicionados para aumentar o conteúdo vitamínico e mineral; O citrato de cálcio é usado para aumentar a quantidade de cálcio no produto final.	[50,161]
Homogeneização	Visa melhorar a estabilidade do produto; Nesta fase, a temperatura do produto pode aumentar entre 5°C a 10°C.	[128,131,139,162,163]
Esterilização ou Pasteurização	Objetivo de aumentar o tempo de vida do produto; Pode ser aplicado pasteurização, esterilização e UHT.	[122,139,164–166]
Embalagem asséptica e armazenamento a frio	Preservar o tempo de vida do produto; A temperatura de armazenamento deverá ser +4 °C.	

Micoproteína

Micoproteína é um produto produzido através de um fungo filamentosos (*Fusarium venenatum*), usado como uma alternativa à carne [167] [168]. O fungo filamentosos é produzido em reatores através de processos fermentativos contínuos, em que as condições são cuidadosamente controladas (por exemplo: pH e temperatura), sendo as fases subsequentes importantes para moldar o produto [169]. Após a fermentação, o RNA deve ser degradado em monómeros através de um tratamento térmico, para que se possa difundir para o exterior das células. A biomassa residual é aquecida e centrifugada para obter uma pasta com 20% de sólidos [170]. O fungo filamentosos é desintegrado após essa etapa de centrifugação e, posteriormente, outras etapas se seguem, como moldagem, vaporização, arrefecimento e texturização. Estas etapas são necessárias para obter um produto fibroso. A micoproteína é, geralmente, misturada com uma pequena quantidade

de albumina de ovo, um pouco de extrato de malte de cevada torrado e água, ou um aromatizante natural, e é misturado em vez de malte para dar um caráter saboroso [168]. A proteína fúngica tem uma estrutura similar à estrutura e diâmetros das fibras musculares da carne e uma textura comparável [171]. Nutricionalmente, a sua composição é equiparável à carne, com proteínas de boa biodisponibilidade [15,172,173], baixo teor em gordura e elevado teor em fibras. Comumente, produtos derivados de micoproteína são comercializados como salsichas, hambúrgueres ou em pequenos pedaços [174]. Embora este procedimento exista há décadas, o processo é relativamente intensivo no uso de recursos energéticos e de ingredientes [175]

Algas comestíveis

As algas fazem parte da alimentação humana há longos anos, baseado em evidências arqueológicas, predominantemente na Ásia (tradicionalmente na China, Japão e Coreia do Sul). Mais recentemente, o consumo de algas como alimento surge nas zonas costeiras europeias (por exemplo, na França, na Noruega, no País de Gales e na Irlanda) [66]. A diferenciação entre as algas resulta das variações na sua estrutura química e morfológica. Dependendo do seu tamanho, as algas podem ser classificadas como microalgas unicelulares ou macroalgas [176,177].

As algas são consideradas um alimento rico em proteínas e fonte de ácidos gordos EPA e DHA, sendo que a sua composição varia consoante a espécie em avaliação [29]. No entanto, a digestibilidade e biodisponibilidade pode ser um fator perturbador, pois a parede celular interfere na utilização dos nutrientes. Para aumentar a biodisponibilidade de proteínas de algas, um pré-tratamento poderá ser necessário, para ajudar a romper a parede celular [64]. Dentro das vantagens em consumir algas como alimento, é a sua capacidade de fixar o dióxido de carbono e a menor utilização de solo do que a indústria pecuária, contribuindo para a preservação do ambiente [29]. Para além destas vantagens, destaca-se a designação por cerca de 130 instituições científicas e médicas como um dos produtos alimentares agregadores de benefícios para a saúde humana e ambientais a médio prazo [178]. As algas mais procuradas para consumo humano são a *spirulina* (espirulina) e a *chlorella* (Clorela). É um produto de baixo processamento, sujeito a desidratação e que contém mais de 70% de proteína, incluindo todos os aminoácidos essenciais [67]. As espécies marinhas são também utilizadas na produção de aditivos alimentares como de agar-agar (E-406), a carragenina (E-407) e os alginatos (E-400),

substâncias que funcionam como aditivos naturais com, respetivamente, as funções de gelificantes, espessantes e estabilizantes [179].

Carne artificial

A carne *in vitro* obtém-se através da colheita de células de animais vivos e sua posterior proliferação com uso de técnicas de engenharia celular. Esta metodologia viabiliza a produção de carne evitando a criação de gado em grande escala [180]. O processo de produção de carne artificial começa com a remoção de uma pequena porção de tecido animal, através de uma biópsia sob anestesia. Posteriormente, realiza-se a proliferação, onde as células tronco são primeiro separadas dos tecidos originais e, depois, desenvolvidas em outro tecido muscular [181–183]. As células são cultivadas num meio líquido que contém nutrientes específicos, como aminoácidos, lípidos, vitaminas e sais que fornecem as condições necessárias para o desenvolvimento do tecido (pode variar dependendo da espécie celular e do tipo de tecido) [10,184]. O processo de proliferação duplica a população de células no prazo de 7-8 semanas, sendo um processo contínuo que ocorre em biorreatores até que sejam produzidas milhões de células. A fase de diferenciação inicia-se quando um número suficiente de células foi produzido e quando não há fatores de crescimento no meio [181]. Posto isto, as células fundem-se formando miotubos. De seguida, as células são submersas num gel de colagénio com um *hub* central localizado no meio de cultura para formar uma fibra muscular na forma de um *donut*. A capacidade inata das células musculares de se contraírem confere um estímulo para a maturação muscular e produção de proteínas. Para produzir um hambúrguer de 85 g são necessárias cerca de 10 000 fibras musculares [185].

Alternativas ao queijo

O desenvolvimento de produtos alternativos ao queijo passa por utilizar fontes de gordura e/ou proteína alternativas às fontes usadas nos produtos convencionais, procurando simular os sabores característicos dos queijos, num produto que tenderá a conter menor teor de gorduras, calorias e colesterol [61]. Existem diferentes formulações de alternativas ao queijo convencional. Uma formulação que usa caseinatos e óleos vegetais e uma formulação que exclui totalmente o leite e utiliza ingredientes de origem vegetal [186,187]. De entre os ingredientes comuns na produção destes produtos, para além dos referidos anteriormente, são usados ácidos, agentes aromatizantes e sais.

A tabela 6 apresenta os ingredientes mais frequentes na composição dos produtos alternativos ao queijo.

Tabela 6- Ingredientes usados na produção de alternativas aos queijos (adaptado de [188]).

Ingrediente	Função	Exemplo
Gordura	Composição e textura desejadas.	Manteiga, soja, milho.
Proteínas do leite	Composição e textura desejadas.	Caseína, soro de leite, caseinatos.
Proteínas vegetais	Composição desejada, preço inferior relativo à caseína.	<i>Soka</i> , amendoim e glúten.
Amido	Substituto da caseína (preço mais baixo).	Arroz, batata, milho natural, milho modificado.
Estabilizadores Hidrocolóides	Textura e estabilidade desejadas.	Fosfato de sódio, citrato de sódio, goma guar, goma xantana.
Agentes acidificantes	Controlo de pH.	Ácidos orgânicos, ácido láctico, cítrico e fosfórico.
Aromatizantes	Sabor desejado.	Extrato fumado, especiarias, enzima modificadora do queijo.
Intensificadores de sabor	Sabor desejado.	Sal e extrato de levedura.
Corantes	Cor pretendida.	Paprica, <i>urucu</i> e corantes artificiais.
Conservantes	Extensão do tempo de vida útil.	Nisina, sorbato de potássio, propionato de cálcio e sódio.

Alternativas ao peixe

O consumo de peixe é recomendado por instituições como a FAO e WHO, pelo seu elevado valor nutricional [189]. Contudo, o consumo em excesso acarreta consequências negativas no ecossistema, como a perda da biodiversidade de espécies, danos ambientais e doenças das espécies marinhas [190–192]. Para além disto, a presença de metais pesados, que se acumulam nos peixes, devido à poluição do mar, são um fator acrescido que leva ao desenvolvimento de esforços para encontrar soluções alternativas [26]. Os respetivos incentivos motivam a procura de soluções com base em ingredientes vegetais que aspiram imitar as características dos produtos de pescado.

O consumidor tem uma relação de fidelidade por produtos convencionais e, deste modo, é considerada essencial a imitação das propriedades sensoriais. Para tal, é necessário conseguir imitar as características intrínsecas dos produtos de pescado o que requer a simulação da estrutura de gel fibroso nanométrico, resultante dos tecidos celulares e organização das cadeias de proteínas[26]. A prática comum para alcançar este objetivo é

o uso de proteínas isoladas ou concentrados de proteína de fontes vegetais como a ervilha e a soja, transformados em géis de “surimi”, através da substituição parcial ou total da matéria-prima de peixe ou proteínas miofibrilares de peixe [193–195]. Para além das referidas, existem registos do uso de leguminosas (grão-de-bico), de pseudocereais (quinoa, o trigo sarraceno), de trigo (glúten), de arroz, de tubérculos (batata), de sementes e de frutos secos [24,34].

Insetos

A entomofagia é um costume ancestral predominante no Sudoeste Asiático, no continente africano e na América do Sul. Nos países ocidentais, o consumo é menor devido ao viés cultural existente relativo aos insetos como alimento [71]. O uso de insetos como alimento tem potencial para solucionar problemas relacionados com o uso ineficiente de recursos hídricos e solo arável. Neste sentido, instituições académicas, indústrias e instituições governamentais têm desenvolvido esforços numa tentativa de reduzir a perceção negativa relativa aos insetos através do desenvolvimento de métodos de processamento palatáveis, assim como disseminar a mensagem dos benefícios do consumo de insetos [196]. Os principais benefícios dos insetos como opção alimentar são o teor proteico capaz de suprir as necessidades humanas e a elevada eficiência de produção comparada com outros grupos alimentares convencionais, como a carne. Porém, as proteínas dos insetos têm baixa digestibilidade devido à presença da quitina que lhes confere rigidez e as torna resistentes à hidrólise por enzimas digestivas. Consequentemente, precipitados insolúveis podem ser formados, o que reduz a biodisponibilidade de minerais e diminui a digestibilidade das proteínas no intestino delgado [197]. Além disso, a presença de elevados níveis de aminoácidos hidrofóbicos oferece uma baixa solubilidade e limita o uso de proteínas de insetos em aplicações alimentares. A tabela 7 apresenta os insetos mais consumidos a nível global de acordo com a literatura existente. Ao nível nacional, em Portugal, de acordo com a Direção-Geral da Alimentação e Veterinária (DGAV) as nominadas espécies de insetos *Acheta domesticus*, *Alphitobius diaperinus*, *Apis mellifera*, *Grylodes sigillatus*, *Locusta migratória* e *Tenebrio molitor* podem ser produzidas, comercializadas e utilizadas na alimentação humana.

Tabela 7- Os insetos como fonte alimentar para seres humanos a nível global (adaptado de [71]).

Ordem	Nome comum
Coleópteros	Besouros
Lepidóptera	Borboleta
Himenóptero	Formigas, vespas e abelhas
Hemípteros	Cigarras
Dípteros	Moscas
Odonados	Libelinha
Isópteros	Térmita
Ortópteros	Gafanhotos e grilos

Os processos utilizados na indústria estão estrategicamente delineados face à dificuldade provocada pela perceção negativa do consumidor relativamente a esta tipologia de produtos, o que incentiva a optar por métodos de processamento que transformem os insetos em pó ou farinha. Desta forma é possível minimizar as associações visuais e aumentar a palatabilidade e consequente aceitação [198]. Além disso, os investigadores, de acordo com a literatura existente, têm investigado as propriedades funcionais das proteínas de inseto, incluindo a capacidade de gelificação, a capacidade de espuma, a capacidade de emulsão e a solubilidade [198,199].

Conclusão

A indústria alimentar, em resposta às crescentes preocupações relativas à sustentabilidade ambiental, à saúde pública e de natureza ideológica, tem vindo a desenvolver progressos com o desenvolvimento de um conjunto cada vez mais diversificado de PAC e derivados, como os análogos à carne e as bebidas vegetais, à medida que os processos tecnológicos vão sendo estudados e aperfeiçoados. São produtos que contribuem para a proteção dos recursos naturais, para a sustentabilidade económica e são ajustados a uma cultura de proteção animal comparativamente às práticas mais utilizadas atualmente.

Porém, apesar da evolução, as abordagens tecnológicas carecem de ser otimizadas para melhorar a relação custo-benefício e reforçar a viabilidade ambiental e sustentável de ingredientes proteicos de alta qualidade. Para um consumo mais abrangente de PAC será determinante um contínuo trabalho para incentivar o consumidor a optar por estes produtos substituindo progressivamente os produtos de origem animal e seus derivados.

Financiamento

Rui Costa, Ivo Rodrigues e Goreti Botelho agradecem o financiamento pelo projecto EQVEGAN – European Qualifications & Competences for the Vegan Food Industry 621581-EPP-1-2020-1-PT-EPPKA2-SSA-EQVEGAN.

Referências bibliográficas

1. FAO *FAO STATISTICAL YEARBOOK 2014. Europe and Central Asia Food and Agriculture*; 2014; Vol. 5; ISBN 9788578110796.
2. Steinfeld H; Gerber P; Wassenaar T; Castel V; M, R.; C, D.H. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Food and Agriculture Organization (FAO) Disponível em: http://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=1B9LQQkm_qMC&pgis=1 (acedido Jun 21, 2021).
3. Machovina, B.; Feeley, K.J.; Ripple, W.J. Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Sci. Total Environ.* 2015, *536*, 419–431.
4. Phillips, I.; Casewell, M.; Cox, T.; De Groot, B.; Friis, C.; Jones, R.; Nightingale, C.; Preston, R.; Waddell, J. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *J. Antimicrob. Chemother.* 2004, *53*, 28–52.
5. Bouvard, V.; Loomis, D.; Guyton, K.Z.; Grosse, Y.; Ghissassi, F. El; Benbrahim-Tallaa, L.; Guha, N.; Mattock, H.; Straif, K.; Stewart, B.W.; et al. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *Lancet Oncol.* 2015, *16*, 1599–1600.
6. Micha, R.; Wallace, S.K.; Mozaffarian, D. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Circulation* **2010**, *121*, 2271–2283, doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.924977.
7. Mills, C.W. Paul B. Thompson, *From Field to Fork: Food Ethics for Everyone*. *Environ. Values* **2016**, *25*, 762–764, doi:10.3197/096327116x14736981715940.
8. De Boer, J.; Schösler, H.; Aiking, H. «Meatless days» or «less but better»? Exploring strategies to adapt Western meat consumption to health and sustainability challenges. *Appetite* **2014**, *76*, 120–128, doi:10.1016/j.appet.2014.02.002.
9. Hoek, A.C.; Luning, P.A.; Weijzen, P.; Engels, W.; Kok, F.J.; de Graaf, C. Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite* **2011**, *56*, 662–673, doi:10.1016/j.appet.2011.02.001.

10. Dekkers, B.L.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Structuring processes for meat analogues. *Trends Food Sci. Technol.* 2018, *81*, 25–36.
11. Aiking, H. Future protein supply. *Trends Food Sci. Technol.* 2011, *22*, 112–120.
12. Green, B.N.; Johnson, C.D.; Adams, A. Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *J. Chiropr. Med.* **2006**, *5*, 101–117, doi:10.1016/S0899-3467(07)60142-6.
13. Wild, F.; Czerny, M.; Janssen, A.M.; Kole, A.P.W.; Zunabovic, M.; Domig, K.J. The evolution of a plant-based alternative to meat: From niche markets to widely accepted meat alternatives. *Agro Food Ind. Hi. Tech.* **2014**, *25*, 45–49.
14. Malav, O.P.; Talukder, S.; Gokulakrishnan, P.; Chand, S. Meat Analog: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2015**, *55*, 1241–1245, doi:10.1080/10408398.2012.689381.
15. Joshi, V.; Kumar, S. Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products- A review. *Int. J. Food Ferment. Technol.* **2015**, *5*, 107, doi:10.5958/2277-9396.2016.00001.5.
16. Kumar, S. Meat Analogs “Plant based alternatives to meat products: Their production technology and applications”. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2016**, 00–00, doi:10.1080/10408398.2016.1196162.
17. Kyriakopoulou, K.; Dekkers, B.; van der Goot, A.J. Plant-based meat analogues. Em *Sustainable Meat Production and Processing*; Elsevier, 2018; pp. 103–126 ISBN 9780128148747.
18. Bohrer, B.M. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Sci. Hum. Wellness* 2019, *8*, 320–329.
19. McHugh, T.; Avena-Bustillos, R. How Plant-Based Meat and Seafood Are Processed. *Food Technol.* **2019**, *73*, 83+.
20. Sha, L.; Xiong, Y.L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, *102*, 51–61.
21. Sun, C.; Ge, J.; He, J.; Gan, R.; Fang, Y. Processing, Quality, Safety, and Acceptance of Meat Analogue Products. *Engineering* **2021**, doi:10.1016/j.eng.2020.10.011.
22. He, J.; Evans, N.M.; Liu, H.; Shao, S. A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2020**, *19*, 2639–2656, doi:10.1111/1541-4337.12610.

23. Ismail, I.; Hwang, Y.H.; Joo, S.T. Meat analog as future food: A review. *J. Anim. Sci. Technol.* **2020**, *62*, 111–120, doi:10.5187/jast.2020.62.2.111.
24. Boukid, F. Plant-based meat analogues: from niche to mainstream. *Eur. Food Res. Technol.* **2020**, *247*, 297–308, doi:10.1007/S00217-020-03630-9.
25. Beniwal, A.S.; Singh, J.; Kaur, L.; Hardacre, A.; Singh, H. Meat analogs: Protein restructuring during thermomechanical processing. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2021**, *20*, 1221–1249, doi:10.1111/1541-4337.12721.
26. Kazir, M.; Livney, Y.D. Plant-based seafood analogs. *Molecules* **2021**, *26*, doi:10.3390/molecules26061559.
27. 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 Food Sci. Technol.* **2021**, *109*, 702–710, doi:10.1016/J.TIFS.2021.01.060.
28. Egbert, R.; Borders, C. Achieving success with meat analogs. *Food Technol.* **2006**, *60*, 28–34.
29. Alcorta, A.; Porta, A.; Tárrega, A.; Alvarez, M.D.; Vaquero, M.P. Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. *Foods* **2021**, *10*, 293, doi:10.3390/foods10020293.
30. Clune, S.; Crossin, E.; Verghese, K. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *J. Clean. Prod.* **2017**, *140*, 766–783, doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.082.
31. Soret, S.; Mejia, A.; Batech, M.; Jaceldo-Siegl, K.; Harwatt, H.; Sabaté, J. Climate change mitigation and health effects of varied dietary patterns in real-life settings throughout North America. In Proceedings of the American Journal of Clinical Nutrition; American Society for Nutrition, 2014; Vol. 100.
32. Sanchez-Sabate, R.; Sabaté, J. Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*.
33. Aschemann-Witzel, J.; Gantriis, R.F.; Fraga, P.; Perez-Cueto, F.J.A. Plant-based food and protein trend from a business perspective: markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2020**, 1–10.
34. Kumar, P.; Chatli, M.K.; Mehta, N.; Singh, P.; Malav, O.P.; Verma, A.K. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2017**, *57*, 923–932, doi:10.1080/10408398.2014.939739.

35. Pohjolainen, P.; Vinnari, M.; Jokinen, P. Consumers' perceived barriers to following a plant-based diet. *Br. Food J.* **2015**, *117*, 1150–1167, doi:10.1108/BFJ-09-2013-0252.
36. Piazza, J.; Ruby, M.B.; Loughnan, S.; Luong, M.; Kulik, J.; Watkins, H.M.; Seigerman, M. Rationalizing meat consumption. The 4Ns. *Appetite* **2015**, *91*, 114–128, doi:10.1016/j.appet.2015.04.011.
37. Michel, F.; Hartmann, C.; Siegrist, M. Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. *Food Qual. Prefer.* **2021**, *87*, 104063, doi:10.1016/j.foodqual.2020.104063.
38. Corrin, T.; Papadopoulos, A. Understanding the attitudes and perceptions of vegetarian and plant-based diets to shape future health promotion programs. *Appetite* **2017**, *109*, 40–47.
39. Bryant, C.J. We can't keep meating like this: Attitudes towards vegetarian and vegan diets in the United Kingdom. *Sustain.* **2019**, *11*, 6844, doi:10.3390/su11236844.
40. de Koning, W.; Dean, D.; Vriesekoop, F.; Aguiar, L.K.; Anderson, M.; Mongondry, P.; Oppong-Gyamfi, M.; Urbano, B.; Luciano, C.A.G.; Jiang, B.; et al. Drivers and inhibitors in the acceptance of meat alternatives: The case of plant and insect-based proteins. *Foods* **2020**, *9*, doi:10.3390/foods9091292.
41. Souza Filho, P.F.; Andersson, D.; Ferreira, J.A.; Taherzadeh, M.J. Mycoprotein: environmental impact and health aspects. *World J. Microbiol. Biotechnol.* **2019**, *35*, 147.
42. Smetana, S.; Mathys, A.; Knoch, A.; Heinz, V. Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. *Int. J. Life Cycle Assess.* **2015**, *20*, 1254–1267, doi:10.1007/s11367-015-0931-6.
43. Chriki, S.; Hocquette, J.F. The Myth of Cultured Meat: A Review. *Front. Nutr.* **2020**, *7*, 7.
44. Bryant, C.; Barnett, J. Consumer acceptance of cultured meat: A systematic review. *Meat Sci.* **2018**, *143*, 8–17.
45. Siegrist, M.; Sütterlin, B.; Hartmann, C. Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Sci.* **2018**, *139*, 213–219, doi:10.1016/j.meatsci.2018.02.007.
46. Alexander, P.; Brown, C.; Arneth, A.; Dias, C.; Finnigan, J.; Moran, D.; Rounsevell, M.D.A. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Glob. Food Sec.* **2017**, *15*, 22–32.

47. Lynch, J.; Pierrehumbert, R. Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. *Front. Sustain. Food Syst.* **2019**, *3*, 5, doi:10.3389/fsufs.2019.00005.
48. Bhat, Z.F.; Fayaz, H. Prospectus of cultured meat - Advancing meat alternatives. *J. Food Sci. Technol.* 2011, *48*, 125–140.
49. Silva, A.R.A.; Silva, M.M.N.; Ribeiro, B.D. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Res. Int.* 2020, *131*.
50. Sethi, S.; Tyagi, S.K.; Anurag, R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J. Food Sci. Technol.* 2016, *53*, 3408–3423.
51. Palacios, O.M.; Badran, J.; Spence, L.; Drake, M.A.; Reisner, M.; Moskowitz, H.R. Measuring Acceptance of Milk and Milk Substitutes Among Younger and Older Children. *J. Food Sci.* **2010**, *75*, doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01839.x.
52. Palacios, O.M.; Badran, J.; Drake, M.A.; Reisner, M.; Moskowitz, H.R. Consumer acceptance of cow's milk versus soy beverages: Impact of ethnicity, lactose tolerance and sensory preference segmentation. *J. Sens. Stud.* **2009**, *24*, 731–748, doi:10.1111/j.1745-459X.2009.00236.x.
53. Villegas, B.; Carbonell, I.; Costell, E. Acceptability of milk and soymilk vanilla beverages: Demographics consumption frequency and sensory aspects. *Food Sci. Technol. Int.* **2009**, *15*, 203–210, doi:10.1177/1082013208105166.
54. Schyver, T.; Smith, C. Reported attitudes and beliefs toward soy food consumption of soy consumers versus nonconsumers in natural foods or mainstream grocery stores. *J. Nutr. Educ. Behav.* **2005**, *37*, 292–299, doi:10.1016/S1499-4046(06)60159-0.
55. Schiano, A.N.; Harwood, W.S.; Gerard, P.D.; Drake, M.A. Consumer perception of the sustainability of dairy products and plant-based dairy alternatives. *J. Dairy Sci.* **2020**, *103*, 11228–11243, doi:10.3168/jds.2020-18406.
56. McCarthy, K.S.; Parker, M.; Ameerally, A.; Drake, S.L.; Drake, M.A. Drivers of choice for fluid milk versus plant-based alternatives: What are consumer perceptions of fluid milk? *J. Dairy Sci.* **2017**, *100*, 6125–6138, doi:10.3168/jds.2016-12519.
57. Ritchie, H.; Reay, D.S.; Higgins, P. The impact of global dietary guidelines on climate change. *Glob. Environ. Chang.* **2018**, *49*, 46–55, doi:10.1016/j.gloenvcha.2018.02.005.
58. Grant, C.A.; Hicks, A.L. Comparative life cycle assessment of milk and plant-based alternatives. *Environ. Eng. Sci.* **2018**, *35*, 1235–1247, doi:10.1089/ees.2018.0233.

59. Leialohilani, A.; de Boer, A. EU food legislation impacts innovation in the area of plant-based dairy alternatives. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, *104*, 262–267.
60. Tangyu, M.; Muller, J.; Bolten, C.J.; Wittmann, C. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2019, *103*, 9263–9275.
61. Bachmann, H.P. Cheese analogues: A review. In Proceedings of the International Dairy Journal; Elsevier, 2001; Vol. 11, pp. 505–515.
62. Gesteiro, E.; Guijarro, L.; Sánchez-Muniz, F.J.; Del Carmen Vidal-Carou, M.; Troncoso, A.; Venanci, L.; Jimeno, V.; Quilez, J.; Anadón, A.; González-Gross, M. Palm oil on the edge. *Nutrients* **2019**, *11*, doi:10.3390/nu11092008.
63. Saswattecha, K.; Kroeze, C.; Jawjit, W.; Hein, L. Assessing the environmental impact of palm oil produced in Thailand. *J. Clean. Prod.* **2015**, *100*, 150–169, doi:10.1016/j.jclepro.2015.03.037.
64. Caporgno, M.P.; Mathys, A. Trends in Microalgae Incorporation Into Innovative Food Products With Potential Health Benefits. *Front. Nutr.* 2018, *5*, 58.
65. Nethravathy, M.U.; Mehar, J.G.; Mudliar, S.N.; Shekh, A.Y. Recent Advances in Microalgal Bioactives for Food, Feed, and Healthcare Products: Commercial Potential, Market Space, and Sustainability. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2019**, *18*, 1882–1897, doi:10.1111/1541-4337.12500.
66. Bocanegra, A.; Macho-González, A.; Garcimartín, A.; Benedí, J.; Sánchez-Muniz, F.J. Whole alga, algal extracts, and compounds as ingredients of functional foods: Composition and action mechanism relationships in the prevention and treatment of type-2 diabetes mellitus. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, *22*.
67. Geadá, P.; Moreira, C.; Silva, M.; Nunes, R.; Madureira, L.; Rocha, C.M.R.; Pereira, R.N.; Vicente, A.A.; Teixeira, J.A. Algal proteins: Production strategies and nutritional and functional properties. *Bioresour. Technol.* **2021**, *332*, 125125, doi:10.1016/J.BIORTECH.2021.125125.
68. Stork, N.E. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annu. Rev. Entomol.* **2018**, *63*, 31–45, doi:10.1146/annurev-ento-020117-043348.
69. Lee, H.J.; Yong, H.I.; Kim, M.; Choi, Y.S.; Jo, C. Status of meat alternatives and their potential role in the future meat market - A review. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* **2020**, *33*, 1533–1543, doi:10.5713/ajas.20.0419.

70. Kim, T.-K.; Yong, H.I.; Jeong, C.H.; Han, S.G.; Kim, Y.-B.; Paik, H.-D.; Choi, Y.-S. Technical Functional Properties of Water- and Salt-soluble Proteins Extracted from Edible Insects. *Food Sci. Anim. Resour.* **2019**, *39*, 643–654, doi:10.5851/kosfa.2019.e56.
71. Kim, T.-K.; Yong, H.I.; Kim, Y.-B.; Kim, H.-W.; Choi, Y.-S. Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. *Food Sci. Anim. Resour.* **2019**, *39*, 521–540, doi:10.5851/kosfa.2019.e53.
72. Looy, H.; Dunkel, F. V.; Wood, J.R. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agric. Human Values* **2014**, *31*, 131–141, doi:10.1007/s10460-013-9450-x.
73. Dekkers, B.L.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Structuring processes for meat analogues. *Trends Food Sci. Technol.* **2018**, *81*, 25–36, doi:10.1016/J.TIFS.2018.08.011.
74. Mu, B.; Xu, H.; Li, W.; Xu, L.; Yang, Y. Spinnability and rheological properties of globular soy protein solution. *Food Hydrocoll.* **2019**, *90*, 443–451, doi:10.1016/J.FOODHYD.2018.12.049.
75. Liu, P.; Xu, H.; Zhao, Y.; Yang, Y. Rheological properties of soy protein isolate solution for fibers and films. *Food Hydrocoll.* **2017**, *64*, 149–156, doi:10.1016/J.FOODHYD.2016.11.001.
76. Nieuwland, M.; Geerdink, P.; Brier, P.; Van Den Eijnden, P.; Henket, J.T.M.M.; Langelaan, M.L.P.; Stroeks, N.; Van Deventer, H.C.; Martin, A.H. Food-grade electrospinning of proteins. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2013**, *20*, 269–275, doi:10.1016/J.IFSET.2013.09.004.
77. Moreira, J.B.; Lim, L.T.; Zavareze, E. da R.; Dias, A.R.G.; Costa, J.A.V.; Morais, M.G. de Antioxidant ultrafine fibers developed with microalga compounds using a free surface electrospinning. *Food Hydrocoll.* **2019**, *93*, 131–136, doi:10.1016/J.FOODHYD.2019.02.015.
78. Moreira, J.B.; Lim, L.T.; Zavareze, E. da R.; Dias, A.R.G.; Costa, J.A.V.; Morais, M.G. de Microalgae protein heating in acid/basic solution for nanofibers production by free surface electrospinning. *J. Food Eng.* **2018**, *230*, 49–54, doi:10.1016/J.JFOODENG.2018.02.016.
79. Mattice, K.D.; Marangoni, A.G. Comparing methods to produce fibrous material from zein. *Food Res. Int.* **2020**, *128*, 108804, doi:10.1016/J.FOODRES.2019.108804.
80. Arêas, J.A.G. Extrusion of food proteins. <http://dx.doi.org/10.1080/10408399209527604> **2009**, *32*, 365–392, doi:10.1080/10408399209527604.

81. Pietsch, V.L.; Bühler, J.M.; Karbstein, H.P.; Emin, M.A. High moisture extrusion of soy protein concentrate: Influence of thermomechanical treatment on protein-protein interactions and rheological properties. *J. Food Eng.* **2019**, *251*, 11–18, doi:10.1016/J.JFOODENG.2019.01.001.
82. Caporgno, M.P.; Böcker, L.; Müssner, C.; Stirnemann, E.; Haberkorn, I.; Adelman, H.; Handschin, S.; Windhab, E.J.; Mathys, A. Extruded meat analogues based on yellow, heterotrophically cultivated *Auxenochlorella protothecoides* microalgae. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2020**, *59*, 102275, doi:10.1016/J.IFSET.2019.102275.
83. Zhang, J.; Liu, L.; Jiang, Y.; Shah, F.; Xu, Y.; Wang, Q. High-moisture extrusion of peanut protein-/carrageenan/sodium alginate/wheat starch mixtures: Effect of different exogenous polysaccharides on the process forming a fibrous structure. *Food Hydrocoll.* **2020**, *99*, 105311, doi:10.1016/J.FOODHYD.2019.105311.
84. Pietsch, V.L.; Emin, M.A.; Schuchmann, H.P. Process conditions influencing wheat gluten polymerization during high moisture extrusion of meat analog products. *J. Food Eng.* **2017**, *198*, 28–35, doi:10.1016/J.JFOODENG.2016.10.027.
85. Grahl, S.; Palanisamy, M.; Strack, M.; Meier-Dinkel, L.; Toepfl, S.; Mörlein, D. Towards more sustainable meat alternatives: How technical parameters affect the sensory properties of extrusion products derived from soy and algae. *J. Clean. Prod.* **2018**, *198*, 962–971, doi:10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.041.
86. Kweldam, A.C. Method for the preparation of a meat substitute product, meat substitute product obtained with the method and ready to consume meat substitute product 2011, 2, 7.
87. Consolacion, F.I.; Jelen, P. Freeze Texturation of Proteins: Effect of the Alkali, Acid and Freezing Treatments on Texture Formation. *Food Struct.* **1986**, *5*, 33–39.
88. J, C.L.; MK, K. Freeze alignment: a novel method for protein texturization. *Em Utilization of Protein Sources*; 1981; pp. 177–87.
89. Edward Middendorf, J.; Hans Waggle, D.; Cornell, A. Protein Food Product 1973, 739.
90. Manski, J.M.; van der Goot, A.J.; Boom, R.M. Advances in structure formation of anisotropic protein-rich foods through novel processing concepts. *Trends Food Sci. Technol.* **2007**, *18*, 546–557, doi:10.1016/j.tifs.2007.05.002.
91. Krintiras, G.A.; Göbel, J.; Bouwman, W.G.; Jan Van Der Goot, A.; Stefanidis, G.D. On characterization of anisotropic plant protein structures. *Food Funct.* **2014**, *5*, 3233–3240, doi:10.1039/c4fo00537f.

92. Van den Einde, R.M.; Bolsius, A.; Van Soest, J.J.G.; Janssen, L.P.B.M.; Van der Goot, A.J.; Boom, R.M. The effect of thermomechanical treatment on starch breakdown and the consequences for process design. *Carbohydr. Polym.* **2004**, *55*, 57–63, doi:10.1016/j.carbpol.2003.07.004.
93. Dekkers, B.L.; Nikiforidis, C. V.; van der Goot, A.J. Shear-induced fibrous structure formation from a pectin/SPI blend. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2016**, *36*, 193–200, doi:10.1016/j.ifset.2016.07.003.
94. Grabowska, K.J.; Zhu, S.; Dekkers, B.L.; De Ruijter, N.C.A.; Gieteling, J.; Van Der Goot, A.J. Shear-induced structuring as a tool to make anisotropic materials using soy protein concentrate. *J. Food Eng.* **2016**, *188*, 77–86, doi:10.1016/j.jfoodeng.2016.05.010.
95. Grabowska, K.J.; Tekidou, S.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Shear structuring as a new method to make anisotropic structures from soy-gluten blends. *Food Res. Int.* **2014**, *64*, 743–751, doi:10.1016/j.foodres.2014.08.010.
96. Wang, L.; Zhang, M.; Bhandari, B.; Yang, C. Investigation on fish surimi gel as promising food material for 3D printing. *J. Food Eng.* **2018**, *220*, 101–108, doi:10.1016/J.JFOODENG.2017.02.029.
97. He, C.; Zhang, M.; Fang, Z. 3D printing of food: pretreatment and post-treatment of materials. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1641065> **2019**, *60*, 2379–2392, doi:10.1080/10408398.2019.1641065.
98. Dick, A.; Bhandari, B.; Prakash, S. 3D printing of meat. *Meat Sci.* **2019**, *153*, 35–44, doi:10.1016/J.MEATSCI.2019.03.005.
99. Godoi, F.C.; Prakash, S.; Bhandari, B.R. 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. *J. Food Eng.* **2016**, *179*, 44–54, doi:10.1016/J.JFOODENG.2016.01.025.
100. Chen, J.; Mu, T.; Goffin, D.; Blecker, C.; Richard, G.; Richel, A.; Haubruge, E. Application of soy protein isolate and hydrocolloids based mixtures as promising food material in 3D food printing. *J. Food Eng.* **2019**, *261*, 76–86, doi:10.1016/J.JFOODENG.2019.03.016.
101. Ben-Arye, T.; Shandalov, Y.; Ben-Shaul, S.; Landau, S.; Zagury, Y.; Ianovici, I.; Lavon, N.; Levenberg, S. Textured soy protein scaffolds enable the generation of three-dimensional bovine skeletal muscle tissue for cell-based meat. *Nat. Food* **2020**, *1*, 210–220, doi:10.1038/s43016-020-0046-5.

102. Alcorta, A.; Porta, A.; Tárrega, A.; Alvarez, M.D.; Pilar Vaquero, M. Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods* 2021, *10*.
103. Guide, A.E. Accelerating Consumer Adoption of Plant-Based Meat : **2020**, 1–111.
104. Centro Vegetariano *Introdução ao Vegetarianismo*; 2005; ISBN 972-8967-15-2.
105. Kyriakopoulou, K.; Dekkers, B.; van der Goot, A.J. Plant-Based Meat Analogues. Em *Sustainable Meat Production and Processing*; Elsevier, 2019; pp. 103–126 ISBN 9780128148747.
106. Swanson, B.G. Pea and lentil protein extraction and functionality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1990**, *67*, 276–280, doi:10.1007/BF02539676.
107. Lam, A.C.Y.; Can Karaca, A.; Tyler, R.T.; Nickerson, M.T. Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Rev. Int.* 2018, *34*, 126–147.
108. Pakarinen, A.; Maijala, P.; Stoddard, F.L.; Santanen, A.; Tuomainen, P.; Kymäläinen, M.; Viikari, L. Evaluation of annual bioenergy crops in the boreal zone for biogas and ethanol production. *Biomass and Bioenergy* **2011**, *35*, 3071–3078, doi:10.1016/J.BIOMBIOE.2011.04.022.
109. Kalogeropoulos, N.; Chiou, A.; Ioannou, M.; Karathanos, V.T.; Hassapidou, M.; Andrikopoulos, N.K. Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. *Food Chem.* **2010**, *121*, 682–690, doi:10.1016/J.FOODCHEM.2010.01.005.
110. Dervas, G.; Doxastakis, G.; Hadjisavva-Zinoviadi, S.; Triantafyllakos, N. Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties. *Food Chem.* **1999**, *66*, 67–73, doi:10.1016/S0308-8146(98)00234-9.
111. Aluko, R.E.; Mofolasayo, O.A.; Watts, B.M. Emulsifying and Foaming Properties of Commercial Yellow Pea (*Pisum sativum* L.) Seed Flours. *J. Agric. Food Chem.* **2009**, *57*, 9793–9800, doi:10.1021/jf902199x.
112. Berghout, J.A.M.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Understanding the differences in gelling properties between lupin protein isolate and soy protein isolate. *Food Hydrocoll.* **2015**, *43*, 465–472, doi:10.1016/j.foodhyd.2014.07.003.
113. Karaca, A.C.; Low, N.; Nickerson, M. Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Res. Int.* **2011**, *44*, 2742–2750, doi:10.1016/j.foodres.2011.06.012.

114. Ladjal-Ettoumi, Y.; Boudries, H.; Chibane, M.; Romero, A. Pea, Chickpea and Lentil Protein Isolates: Physicochemical Characterization and Emulsifying Properties. *Food Biophys.* **2016**, *11*, 43–51, doi:10.1007/s11483-015-9411-6.
115. Toews, R.; Wang, N. Physicochemical and functional properties of protein concentrates from pulses. *Food Res. Int.* **2013**, *52*, 445–451, doi:10.1016/j.foodres.2012.12.009.
116. Osen, R.; Toelstede, S.; Wild, F.; Eisner, P.; Schweiggert-Weisz, U. High moisture extrusion cooking of pea protein isolates: Raw material characteristics, extruder responses, and texture properties. *J. Food Eng.* **2014**, *127*, 67–74, doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.11.023.
117. Osen, R.; Schweiggert-Weisz, U. High-Moisture Extrusion: Meat Analogues. Em *Reference Module in Food Science*; Elsevier, 2016.
118. Aydemir, L.Y.; Yemenicioğlu, A. Potential of Turkish Kabuli type chickpea and green and red lentil cultivars as source of soy and animal origin functional protein alternatives. *LWT - Food Sci. Technol.* **2013**, *50*, 686–694, doi:10.1016/j.lwt.2012.07.023.
119. Boye, J.; Zare, F.; Pletch, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Res. Int.* **2010**, *43*, 414–431, doi:10.1016/J.FOODRES.2009.09.003.
120. Chapleau, N.; de Lamballerie-Anton, M. Improvement of emulsifying properties of lupin proteins by high pressure induced aggregation. *Food Hydrocoll.* **2003**, *17*, 273–280, doi:10.1016/S0268-005X(02)00077-2.
121. Don, C.; Lichtendonk, W.; Plijter, J.J.; Hamer, R.J. Glutenin macropolymer: A gel formed by glutenin particles. *J. Cereal Sci.* **2003**, *37*, 1–7, doi:10.1006/jcrs.2002.0481.
122. FM, M. Nutritional and Sensory Properties of Cashew Seed (*Anacardium occidentale*) Milk. *Mod. Concepts Dev. Agron.* **2017**, *1*, doi:10.31031/mcda.2017.01.000501.
123. Kohli, D.; Kumar, S.; Upadhyay, S.; Mishra, R. Preservation and processing of soymilk : A review. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **2017**, *2*, 66–70.
124. Aydar, E.F.; Tutuncu, S.; Ozcelik, B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *J. Funct. Foods* **2020**, *70*, 103975.

125. Ahmadian-Kouchaksaraei, Z.; Varidi, M.; Varidi, M.J.; Pourazarang, H. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. *LWT - Food Sci. Technol.* **2014**, *57*, 299–305, doi:10.1016/j.lwt.2013.12.028.
126. Chavan, M.; Gat, Y.; Harmalkar, M.; Waghmare, R. Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume. *LWT - Food Sci. Technol.* **2018**, *91*, 339–344, doi:10.1016/j.lwt.2018.01.070.
127. Ilyasoğlu, H.; Yilmaz, F. Preliminary investigation of yoghurt enriched with hazelnut milk. *Int. Food Res. J.* **2019**, *26*, 631–637.
128. Zaaboul, F.; Raza, H.; Cao, C.; Yuanfa, L. The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies. *Food Chem.* **2019**, *280*, 270–277, doi:10.1016/j.foodchem.2018.12.047.
129. Mäkinen, O.E.; Wanhalinna, V.; Zannini, E.; Arendt, E.K. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2016**, *56*, 339–349, doi:10.1080/10408398.2012.761950.
130. Cui, X.H.; Chen, S.J.; Wang, Y.; Han, J.R. Fermentation conditions of walnut milk beverage inoculated with kefir grains. *LWT - Food Sci. Technol.* **2013**, *50*, 349–352, doi:10.1016/j.lwt.2012.07.043.
131. Quasem Development of Vegetable Based Milk from Decorticated Sesame (*Sesamum Indicum*). *Am. J. Appl. Sci.* **2009**, *6*, 888–896, doi:10.3844/ajassp.2009.888.896.
132. Chen, Y.; Lu, Y.; Yu, A.; Kong, X.; Hua, Y. Stable mixed beverage is produced from walnut milk and raw soymilk by homogenization with subsequent heating. *Food Sci. Technol. Res.* **2014**, *20*, 583–591, doi:10.3136/fstr.20.583.
133. Kizzie-Hayford, N.; Jaros, D.; Zahn, S.; Rohm, H. Effects of protein enrichment on the microbiological, physicochemical and sensory properties of fermented tiger nut milk. *LWT - Food Sci. Technol.* **2016**, *74*, 319–324, doi:10.1016/j.lwt.2016.07.067.
134. Kluczkovski, A.; Lima, N.; Oliveira, M.K. Brazil nut powdered milk properties. *J. Food Process. Preserv.* **2017**, *41*, e13147, doi:10.1111/jfpp.13147.
135. Maghsoudlou, Y.; Alami, M.; Mashkour, M.; Shahraki, M.H. Optimization of Ultrasound-Assisted Stabilization and Formulation of Almond Milk. *J. Food Process. Preserv.* **2016**, *40*, 828–839, doi:10.1111/jfpp.12661.

136. Aboufazli, F.; Shori, A.B.; Baba, A.S. Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on probiotics and nutritional profile of fermented ice cream. *LWT - Food Sci. Technol.* **2016**, *70*, 261–270, doi:10.1016/j.lwt.2016.02.056.
137. Alozie, Y.; Yetunde, A.E. Nutritional and Sensory Properties of Almond (*Prunus amygdalu* Var. *Dulcis*) Seed Milk. *World J. Dairy Food Sci.* **2015**, *10*, 117–121.
138. Bernat, N.; Cháfer, M.; Chiralt, A.; González-Martínez, C. Hazelnut milk fermentation using probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG and inulin. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2014**, *49*, 2553–2562, doi:10.1111/ijfs.12585.
139. Bernata, N.; Cháfera, M.; Chiralta, A.; Laparrab, J.M.; González-Matríneza, C. Almond milk fermented with different potentially probiotic bacteria improves iron uptake by intestinal epithelial (Caco-2) cells. *Int. J. Food Stud.* **2015**, *4*, 49–60, doi:10.7455/ijfs/4.1.2015. a4.
140. Padma, M.; Jagannadarao, P.V.K.; Edukondalu, L.; Ravibabu, G.; Aparna, K. Physico-Chemical Analysis of Milk Prepared from Broken Rice. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* **2018**, *7*, 426–428, doi:10.20546/ijcmas.2018.702.054.
141. Bolarinwa, I.F.; Aruna, T.E.; Adejuyitan, J.A.; Akintayo, O.A.; Lawal, O.K. Development and quality evaluation of soy-walnut milk drinks. *Int. Food Res. J.* **2018**, *25*, 2033–2041.
142. Diarra, K.; Nong, Z.G.; Jie, C. Peanut milk and peanut milk based products production: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2005**, *45*, 405–423.
143. Kohli, D.; Kumar, S.; Upadhyay, S.; Mishra, R. Preservation and processing of soymilk : A review Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327070494_Preservation_and_processing_of_soymilk_A_review (acedido Jun 23, 2021).
144. Karshenas, M.; Goli, M.; Zamindar, N. The effect of replacing egg yolk with sesame-peanut defatted meal milk on the physicochemical, colorimetry, and rheological properties of low-cholesterol mayonnaise. *Food Sci. Nutr.* **2018**, *6*, 824–833, doi:10.1002/fsn3.616.
145. Kundu, P.; Dhankhar, J.; Sharma, A. Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk. *Curr. Res. Nutr. Food Sci. J.* **2018**, *6*, 203–210, doi:10.12944/CRNFSJ.6.1.23.
146. Maria, M.F.; Victoria, A.T. Influence of Processing Treatments on Quality of Vegetable Milk from Almond (*Terminalia catappa*) Kernels. *ACTA Sci. Nutr. Heal.* **2018**, *2*, 37–42.

147. Pineli, L.L.O.; Botelho, R.B.A.; Zandonadi, R.P.; Solorzano, J.L.; de Oliveira, G.T.; Reis, C.E.G.; Teixeira, D. da S. Low glyceic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *LWT - Food Sci. Technol.* **2015**, *63*, 1261–1267, doi:10.1016/j.lwt.2015.03.094.
148. Seow, C.C.; Gwee, C.N. Coconut milk: chemistry and technology. *Int. J. Food Sci. Technol.* **1997**, *32*, 189–201, doi:10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x.
149. Pardeshi, I.L.; Murumkar, R.P.; Tayade, P.T. Optimization of Process for Spray Drying of Soymilk and Sprouted Soybean Milk. *J. Grain Process. Storage* **2014**, *1*, 13–20.
150. Aidoo, H.; Sakyi-Dawson, E.; Abbey, L.; Tano-Debrah, K.; Saalia, F.K. Optimisation of chocolate formulation using dehydrated peanut-cowpea milk to replace dairy milk. *J. Sci. Food Agric.* **2012**, *92*, 224–231, doi:10.1002/jsfa.4563.
151. Dhakal, S.; Giusti, M.M.; Balasubramaniam, V.M. Effect of high pressure processing on dispersive and aggregative properties of almond milk. *J. Sci. Food Agric.* **2016**, *96*, 3821–3830, doi:10.1002/jsfa.7576.
152. Maleki, N.; Khodaiyan, F.; Mousavi, S.M. Antioxidant activity of fermented Hazelnut milk. *Food Sci. Biotechnol.* **2015**, *24*, 107–115, doi:10.1007/s10068-015-0016-0.
153. Wang, Q.; Jiang, J.; Xiong, Y.L. High pressure homogenization combined with pH shift treatment: A process to produce physically and oxidatively stable hemp milk. *Food Res. Int.* **2018**, *106*, 487–494, doi:10.1016/j.foodres.2018.01.021.
154. Balogun, M.A.; Kolawole, F.L.; Joseph, J.K.; Adebisi, T.T.; Ogunleye, O.T. Effect of fortification of fresh cow milk with coconut milk on the proximate composition and yield of warankashi, a traditional cheese. *Croat. J. Food Sci. Technol.* **2016**, *8*, 10–14, doi:10.17508/CJFST.2016.8.1.02.
155. Codina-Torrella, I.; Guamis, B.; Ferragut, V.; Trujillo, A.J. Potential application of ultra-high pressure homogenization in the physico-chemical stabilization of tiger nuts' milk beverage. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2017**, *40*, 42–51, doi:10.1016/j.ifset.2016.06.023.
156. Dhakal, S.; Liu, C.; Zhang, Y.; Roux, K.H.; Sathe, S.K.; Balasubramaniam, V.M. Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. *Food Res. Int.* **2014**, *62*, 215–222, doi:10.1016/j.foodres.2014.02.021.
157. Okon, E.; Ojimekwe, P. Potentials of Coconut Milk as a Substitute for Cow Milk in Cheese Making. *J. Adv. Microbiol.* **2017**, *4*, 1–9, doi:10.9734/jamb/2017/34537.

158. Ermiş, E.; Güneş, R.; Zent, İ.; Çağlar, M.Y.; Yılmaz, M.T. CHARACTERIZATION OF HAZELNUT MILK FERMENTED BY LACTOBACILLUS DELBRUECKII SUBSP. BULGARICUS AND STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS. *GIDA / J. FOOD* **2018**, 677–686, doi:10.15237/gida.GD18022.
159. Aishah Binti Hasan, N.' Almond Milk Production and Study of Quality Characteristics. *J. Acad.* **2012**, 2, 1–8.
160. Codina-Torrella, I.; Guamis, B.; Zamora, A.; Quevedo, J.M.; Trujillo, A.J. Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high pressure homogenization. A preliminary study on microbial shelf-life extension. *Food Microbiol.* **2018**, 69, 143–150, doi:10.1016/j.fm.2017.08.002.
161. Jeske, S.; Bez, J.; Arendt, E.K.; Zannini, E. Formation, stability, and sensory characteristics of a lentil-based milk substitute as affected by homogenisation and pasteurisation. *Eur. Food Res. Technol.* **2019**, 245, 1519–1531, doi:10.1007/s00217-019-03286-0.
162. Briviba, K.; Gräf, V.; Walz, E.; Guamis, B.; Butz, P. Ultra high pressure homogenization of almond milk: Physico-chemical and physiological effects. *Food Chem.* **2016**, 192, 82–89, doi:10.1016/j.foodchem.2015.06.063.
163. Gul, N.; Qureshi, I.M.; Elahi, A.; Rasool, I. Defense against Malicious Users in Cooperative Spectrum Sensing Using Genetic Algorithm. *Int. J. Antennas Propag.* **2018**, 2018, doi:10.1155/2018/2346317.
164. Khuenpet, K.; Jittanit, W.; Hongha, N.; Pairojkul, S. UHT Skim Coconut Milk Production and Its Quality. *SHS Web Conf.* **2016**, 23, 03002, doi:10.1051/shsconf/20162303002.
165. Lee, S.W.; Rhee, C. Processing suitability of a rice and pine nut (*Pinus koraiensis*) beverage. *Food Hydrocoll.* **2003**, 17, 379–385, doi:10.1016/S0268-005X(02)00121-2.
166. Anis, S.F.; Hashaikeh, R.; Hilal, N. Microfiltration membrane processes: A review of research trends over the past decade. *J. Water Process Eng.* 2019, 32, 100941.
167. Derbyshire, E.; Ayoob, K.T. Mycoprotein: Nutritional and Health Properties. *Nutr. Today* **2019**, 54, 7–15, doi:10.1097/NT.0000000000000316.
168. Finnigan, T.J.A. Mycoprotein: origins, production and properties. Em *Handbook of Food Proteins*; Elsevier, 2011; pp. 335–352.
169. Dekkers, B.L.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Structuring processes for meat analogues. *Trends Food Sci. Technol.* 2018, 81, 25–36.

170. Wiebe, M.G. Quorn™ myco-protein - Overview of a successful fungal product. *Mycologist* 2004, 18, 17–20.
171. Bohrer, B.M. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Sci. Hum. Wellness* 2019, 8, 320–329, doi:10.1016/j.fshw.2019.11.006.
172. Huang, S.; Wang, L.M.; Sivendiran, T.; Bohrer, B.M. Review: Amino acid concentration of high protein food products and an overview of the current methods used to determine protein quality. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2018, 58, 2673–2678, doi:10.1080/10408398.2017.1396202.
173. Ismail, I.; Hwang, Y.H.; Joo, S.T. Meat analog as future food: A review. *J. Anim. Sci. Technol.* 2020, 62, 111–120.
174. Wiebe, M. Myco-protein from fusarium venenatum: A well-established product for human consumption. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2002, 58, 421–427.
175. Smetana, S.; Mathys, A.; Knoch, A.; Heinz, V. Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2015, 20, 1254–1267, doi:10.1007/s11367-015-0931-6.
176. S, S.; E, K. Algae in food: a general review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019, 59, 3538–3547, doi:10.1080/10408398.2018.1496319.
177. *Freshwater Algae of North America*; 2015;
178. Charles, C.N.; Msagati, T.; Swai, H.; Chacha, M. Microalgae: An alternative natural source of bioavailable omega-3 DHA for promotion of mental health in East Africa. *Sci. African* 2019, 6, e00187.
179. Koyande, A.K.; Chew, K.W.; Rambabu, K.; Tao, Y.; Chu, D.T.; Show, P.L. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Sci. Hum. Wellness* 2019, 8, 16–24.
180. Edelman, P.D.; McFarland, D.C.; Mironov, V.A.; Matheny, J.G. In vitro-cultured meat production. *Tissue Eng.* 2005, 11, 659–662.
181. Post, M.J. Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Sci.* 2012, 92, 297–301.
182. Wagers, A.J.; Conboy, I.M. Cellular and Molecular Signatures of Muscle Regeneration: Current Concepts and Controversies in Adult Myogenesis. *Cell* 2005, 122, 659–667, doi:10.1016/j.cell.2005.08.021.
183. Cheung, T.H.; Rando, T.A. Molecular regulation of stem cell quiescence. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2013, 14, 329–340, doi:10.1038/nrm3591.

184. Froggatt, A.L.W. *Meat analogues Considerations for the EU*; 2019;
185. Post, M.J. Cultured beef: medical technology to produce food. *J. Sci. Food Agric.* **2014**, *94*, 1039–1041, doi:10.1002/jsfa.6474.
186. Kiely, L.J.; McConnell, S.L.; Kindstedt, P.S. Observations on the Melting Behavior of Imitation Mozzarella Cheese1. *J. Dairy Sci.* **1991**, *74*, 3568–3572, doi:10.3168/JDS.S0022-0302(91)78549-4.
187. Shaw, M. Cheese substitutes: threat or opportunity? *J. Soc. Dairy Technol.* **1984**, *37*, 27–31.
188. Badem, A.; Gurkan, U. *Cheese Analogues*; 2016;
189. Morales, L.E.; Higuchi, A. Is fish worth more than meat? – How consumers’ beliefs about health and nutrition affect their willingness to pay more for fish than meat. *Food Qual. Prefer.* **2018**, *65*, 101–109, doi:10.1016/J.FOODQUAL.2017.11.004.
190. McClements, D.J. Future foods: A manifesto for research priorities in structural design of foods. *Food Funct.* **2020**, *11*, 1933–1945.
191. Rockström, J.; Williams, J.; Daily, G.; Noble, A.; Matthews, N.; Gordon, L.; Wetterstrand, H.; DeClerck, F.; Shah, M.; Steduto, P.; et al. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio 2016 461* **2016**, *46*, 4–17, doi:10.1007/S13280-016-0793-6.
192. Uddin, M.E.; Kebreab, E. Review: Impact of Food and Climate Change on Pastoral Industries. *Front. Sustain. Food Syst.* **2020**, *0*, 200, doi:10.3389/FSUFS.2020.543403.
193. Borderías, A.J.; Tovar, C.A.; Domínguez-Timón, F.; Díaz, M.T.; Pedrosa, M.M.; Moreno, H.M. Characterization of healthier mixed surimi gels obtained through partial substitution of myofibrillar proteins by pea protein isolates. *Food Hydrocoll.* **2020**, *107*, 105976, doi:10.1016/J.FOODHYD.2020.105976.
194. Kudre, T.; Benjakul, S.; Kishimura, H. Effects of protein isolates from black bean and mungbean on proteolysis and gel properties of surimi from sardine (*Sardinella albella*). *LWT - Food Sci. Technol.* **2013**, *50*, 511–518, doi:10.1016/J.LWT.2012.08.018.
195. Luo, Y.; Kuwahara, R.; Kaneniwa, M.; Murata, Y.; Yokoyama, M. Effect of soy protein isolate on gel properties of Alaska pollock and common carp surimi at different setting conditions. *J. Sci. Food Agric.* **2004**, *84*, 663–671, doi:10.1002/jsfa.1727.
196. Kim, T.-K.; Yong, H.I.; Kim, Y.-B.; Kim, H.-W.; Choi, Y.-S. Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. *Food Sci. Anim. Resour.* **2019**, *39*, 521, doi:10.5851/KOSFA.2019.E53.

197. Marono, S.; Piccolo, G.; Loponte, R.; Meo, C. Di; Attia, Y.A.; Nizza, A.; Bovera, F. In vitro crude protein digestibility of tenebrio molitor and hermetia illucens insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Ital. J. Anim. Sci.* **2015**, *14*, 338–343, doi:10.4081/ijas.2015.3889.
198. Bubler, S.; Rumpold, B.A.; Jander, E.; Rawel, H.M.; Schlüter, O.K. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon* **2016**, *2*, e00218, doi:10.1016/j.heliyon.2016.e00218.
199. Kim, T.K.; Yong, H.I.; Kim, Y.B.; Kim, H.W.; Choi, Y.S. Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Sci. Anim. Resour.* 2019, *39*, 521–540.

CAPÍTULO IV

Conclusão geral

Os produtos alternativos à carne, onde estão inseridos os análogos à carne, têm vindo a ser reconhecidos como a solução para os desequilíbrios alimentares e ambientais resultantes das práticas de produção convencional e dos hábitos de consumo ocidentalizados. O consumo de produtos de origem vegetal como fonte importante de proteína é uma prática ancestral ligada à cultura alimentar de algumas regiões do mundo. O reconhecimento do seu interesse para a saúde e bem-estar tem estimulado o desenvolvimento de mais opções alimentares, baseadas nesses produtos de base vegetal.

Os análogos à carne tentam imitar a estrutura e as propriedades organoléticas dos produtos de origem animal. Contudo, é necessário que estes produtos sejam nutricionalmente equilibrados, para tal, a incorporação de óleos e a concentração de sódio deve ser minimizada. Outro aspeto gerador de preocupação, é a adição de aditivos alimentares, que causa dúvida no consumidor mais preocupado com os seus hábitos alimentares e com aspetos relacionados com a sua saúde.

Acredita-se que o futuro passará por aperfeiçoar as técnicas de produção industrial e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e *eco-friendly*, de forma a que os produtos alimentares sejam cada vez mais adaptados às expectativas e necessidades do consumidor.

O desenvolvimento dos produtos alternativos à carne e a crescente aceitação do consumidor por estes produtos contribuirá para um sistema de produção alimentar mais sustentável, com reconhecidos benefícios na alimentação e saúde individual e pública, no ambiente e no bem-estar dos animais.

Na figura 1 encontra-se uma representação esquemática que pretende sintetizar e focar os principais pontos chave que foram abordados nesta dissertação. Adicionalmente, pretende-se, por um lado, encerrar este trabalho, mas também abrir a discussão crítica desta dicotomia "dieta baseada em plantas - alimentação saudável e nutrição", que no nosso entender ainda necessita de mais estudos científicos no futuro.

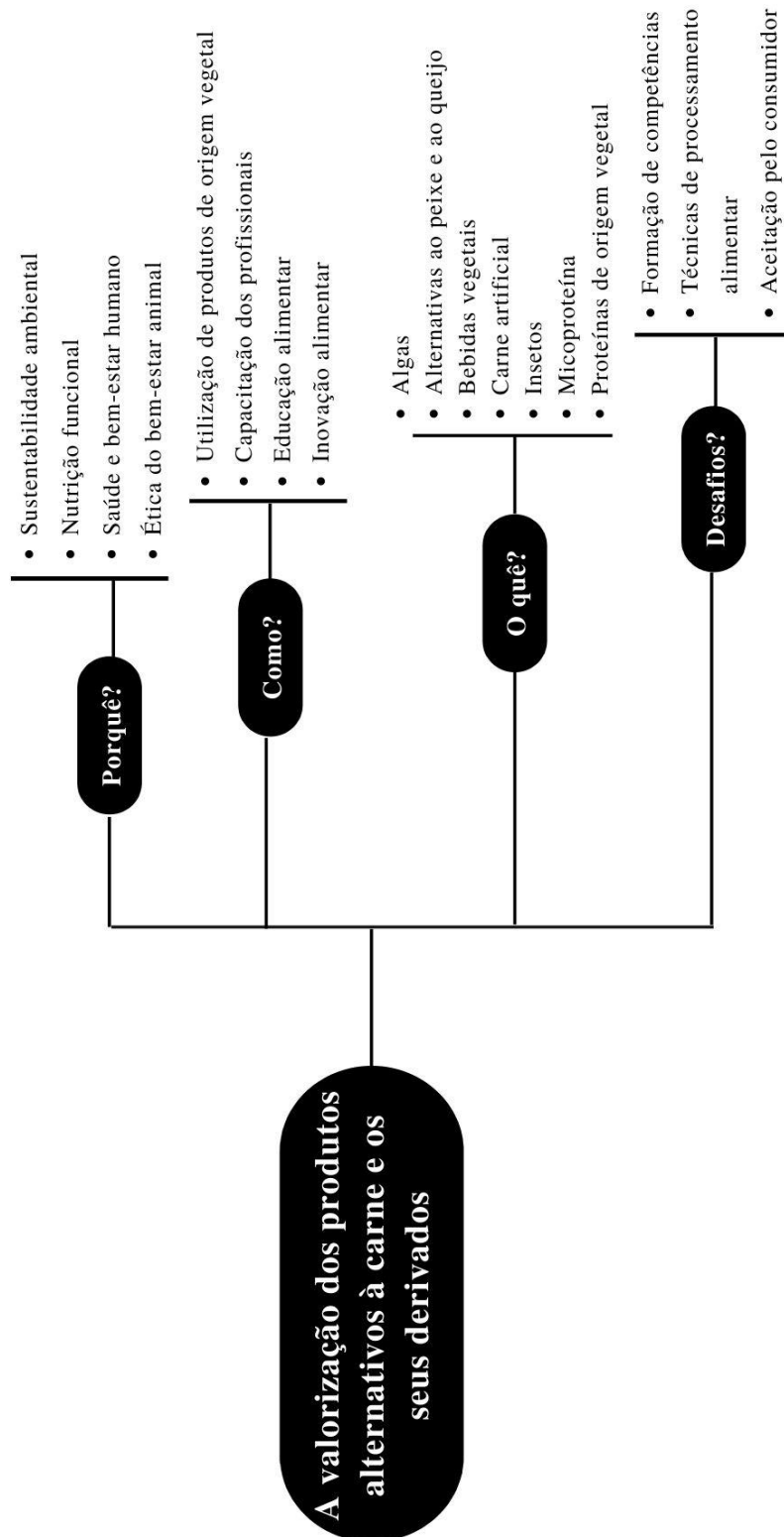


Figura 1- A valorização dos produtos alternativos à carne e os seus derivados