

**Explorando o potencial da proteína de girassol na economia circular:
uma oportunidade inovadora para a indústria de alimentos plant-
based**

**Exploring the potential of sunflower protein in the circular economy:
an innovative opportunity for the plant-based food industry**

**Explorando el potencial de la proteína de girasol en la economía
circular: una oportunidad innovadora para la industria de alimentos
basados en plantas**

DOI: 10.55905/oelv22n8-158

Receipt of originals: 07/12/2024

Acceptance for publication: 08/02/2024

Tiago Negrão de Andrade

Mestre em Ciências da Saúde

Instituição: Instituto de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência e Qualidade de
Alimentos Campinas (ITAL)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil

E-mail: tiagonandr@gmail.com

Bruna Fernanda Damasceno Ramirez

Mestranda em Alimentos e Nutrição

Instituição: Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de
Campinas (FEA – UNICAMP)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brazil

E-mail: bruna.ramirez@outlook.com

Gisele Anne Camargo

Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas (FEA – UNICAMP)

Instituição: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brazil

E-mail: gisele@ital.sp.gov.br

Maria Teresa Bertoldo Pacheco

Doutora em Ciências da Nutrição Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas (FEA – UNICAMP)

Instituição: Instituto de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência e Qualidade de
Alimentos Campinas (ITAL)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil

E-mail: mtb@ital.sp.gov.br

RESUMO

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

Palavras-chave: Proteína de Girassol, Produtos *plant-based*, Economia Circular da Matriz do Girassol.

ABSTRACT

The sustainable utilization of sunflower in the circular economy is essential for reducing waste and environmental impacts in agriculture and the food industry. The challenge involves efficiently harnessing sunflower meal, enhancing its nutritional qualities and technological feasibility, as well as incorporating sunflower protein into sustainable food products, including meat analogues. Employing an observational methodology with a literature review on specialized databases, the study examines the chemical and nutritional composition of sunflower protein and its potential technological uses in food. It is revealed that sunflower protein meets FAO recommendations for amino acids, except for lysine and tryptophan, and emphasizes the presence of health-beneficial antioxidants. The sensory, technological, and nutritional potential of meat analogues made with sunflower protein and other products is highlighted, suggesting their expansion in the food industry to boost nutrition and sustainability in food production. The study proposes a groundwork for future research and the development of innovative and environmentally friendly foods.

Keywords: Sunflower Protein, Plant-Based Products, Circular Economy of Sunflower Matrix.

RESUMEN

La utilización sostenible del girasol en la economía circular es esencial para reducir el desperdicio y los impactos ambientales en la agricultura y la industria alimentaria. El desafío implica aprovechar eficientemente el bagazo de girasol, resaltando sus cualidades nutricionales y su viabilidad tecnológica, así como la incorporación de la proteína de girasol en productos alimentarios sostenibles, incluidos los análogos de carne. Utilizando

una metodología observacional con revisión bibliográfica en bases de datos especializadas, el estudio examina la composición química y nutricional de la proteína de girasol y sus posibles usos tecnológicos en la alimentación. Se revela que la proteína de girasol cumple con las recomendaciones de la FAO para aminoácidos, excepto la lisina y el triptófano, y se enfatiza la presencia de antioxidantes beneficiosos para la salud. Se destaca el potencial sensorial, tecnológico y nutricional de los análogos de carne elaborados con proteína de girasol y otros productos, sugiriendo su expansión en la industria alimentaria para impulsar la nutrición y la sostenibilidad en la producción de alimentos. El estudio propone una base para futuras investigaciones y el desarrollo de alimentos innovadores y respetuosos con el medio ambiente.

Palabras clave: Proteína de Girasol, Productos a Base de Plantas, Economía Circular de la Matriz de Girasol.

1 INTRODUÇÃO

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

Essa perspectiva destaca a complexidade e a urgência de avançar nas visões de negócios e oportunidades no setor, a fim de influenciar as decisões de indivíduos, gestores, investidores e formuladores de políticas (Hofstetter et al., 2021). É crucial reconhecer a necessidade de inovações em proteínas sustentáveis e alternativas, considerando os desafios ambientais decorrentes da produção de proteínas de origem

animal, como o desmatamento, superpopulação, as emissões de gases de efeito estufa, o uso excessivo de água e a poluição (Henchion, 2017).

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

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

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

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

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

2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Esta revisão bibliográfica, de natureza observacional e transversal, concentrou-se na investigação sobre o consumidor planta-based. Utilizou-se as bases Dimensions, SCieLO, Google Acadêmico, Scopus, BDTD e PubMed, empregando termos específicos em inglês como "Circular Economy", "Sunflower Protein", "Plant-based Products", "Sunflower Protein Circular Economy", e "Development of Plant-based Products with Sunflower Protein". Baseando-se em critérios de relevância e fator de impacto dos periódicos, incluindo trabalhos empíricos e revisões teóricas, a pesquisa fez análise dos dados e focou na interpretação e síntese das informações encontradas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

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

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

No setor de óleo de girassol, empresas líderes como Sime Darby Plantation Berhad, Cargill, Incorporated e Archer Daniels Midland (ADM) empregam processos de fabricação automatizados e tecnologias emergentes. Um subproduto valioso gerado nesse processo de extração do óleo é a torta de girassol, conhecida por sua riqueza em proteínas e tradicionalmente utilizada na produção de ração animal. Pesquisadores da Ucrânia, um dos maiores produtores mundiais de girassol, desenvolveram um aditivo alimentar com alto teor de proteína, baseado em subprodutos da produção de óleo de girassol. Essa composição inovadora contém 75% de farinha de girassol, 10% de torta de girassol e 15% de farinha de calcário, sendo passível de utilização na nutrição de aves e animais de fazenda (Yegorov, 2019).

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

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

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

Economia do Girassol no Contexto Circular:

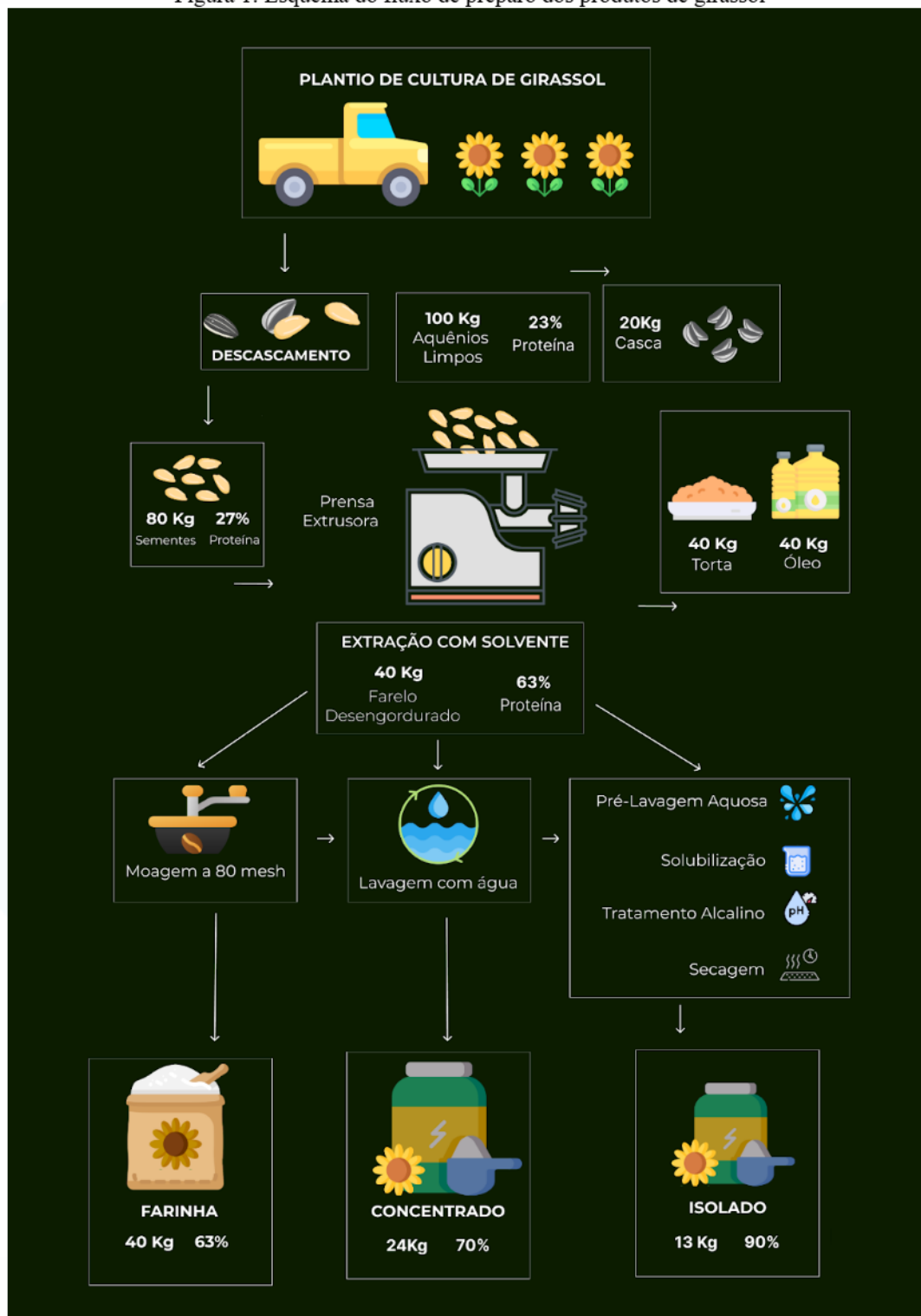
A economia do girassol, inserida na economia circular, é um modelo sustentável e inovador no setor agroindustrial, com foco na produção de alimentos plant-based. A importância deste modelo é ressaltada por Hankamer et al. (2023), que enfatiza a necessidade de adotar práticas circulares para atender às exigências ambientais e econômicas globais, sendo particularmente relevante na indústria alimentícia. A

economia circular maximiza o uso eficiente dos recursos, proporcionando benefícios ambientais e econômicos (Alhawari et al., 2021). Neste contexto, a torta de girassol, um subproduto da indústria de óleo vegetal, é vista como uma matéria-prima valiosa, contribuindo para uma cadeia de valor global e sustentável.

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

Na indústria alimentícia, a cultura do girassol como ser usada como um exemplo prático da economia circular. Este processo foi detalhado na Figura 1 e tem início com o plantio das sementes de girassol, seguido pela colheita e armazenamento. Após o descascamento, obtém-se as pepitas e cascas de girassol, onde 100 kg de grãos, resultam 20 kg de cascas e 80 kg de pepitas. Os resíduos do processo, conhecidos como tortas é submetida à remoção do óleo, produzindo em torno de 40 kg de óleo e 40 kg de farelo. O farelo desengordurado pode ser transformado em outros produtos, como farinha, concentrado e isolado proteico, de acordo com os teores de proteína, conforme a literatura descrita por diversos autores (Câmara, 2004; Khurana e Singh, 2021; Rauf et al., 2020). Esse processo mostra a aplicação da economia circular na agroindústria do girassol, alinhando-se com práticas de consumo consciente e sustentabilidade ambiental.

Figura 1: Esquema do fluxo de preparo dos produtos de girassol



Fonte: Adaptado de CÂMARA, 2004; Khurana e Singh, 2021; Rauf et al., 2020. Software: Figma (2023); Imagens: Flaticon (2023)

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 QUALIDADE NUTRICIONAL DA PROTEÍNA E GIRASSOL

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

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

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

Tabela 1 - Valores de PDCAAS e DIAAS de diferentes matrizes proteicas.

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

Fonte: Rajpurohit (2023), Alexandrino (2017) e Joint (2007).

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

Pode-se considerar que o isolado de proteína de soja apresenta alta qualidade (PDCAAS: 0,98, DIAAS: 0,90) com excelente perfil de aminoácidos, enquanto o concentrado de proteína de ervilha é de boa qualidade (PDCAAS: 0,89, DIAAS: 0,82). Por outro lado, o concentrado de proteína de arroz tem baixa qualidade (PDCAAS: 0,42, DIAAS: 0,37) devido à falta de lisina. As proteínas de girassol, tanto o isolado (PDCAAS: 0,59, DIAAS: 0,55) quanto a farinha (PDCAAS: 0,63, DIAAS: 0,58), possuem qualidade moderada e podem ser complementadas com outras fontes para melhorar o perfil de aminoácidos essenciais. Combinações estratégicas de proteínas vegetais podem ser adotadas para aprimorar a qualidade nutricional e atender às necessidades dos consumidores *plant-based*.

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

Além disso, o óleo de girassol extraído do grão integral é uma fonte rica de vitamina E, especialmente na forma de alfa-tocoferol. Esta vitamina desempenha um

papel crucial como antioxidante e contribui para a promoção da saúde cardiovascular (Houston, 2022).

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

Figura 2. Composição do óleo e da farinha derivado do Girassol



Referencia para 100g:

A) Óleo



Micronutrientes

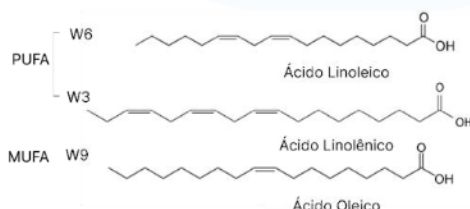
Vitamina E (alfa-tocoferol) **68,5 mg**
Vitamina K (filoquinona) **6,9 µg**

Fitosteróis:

Stigmastadiene **<1 mg**
Stigmasterol **29.2 mg**
Campesterol **33.9 mg**
Brassicasterol **<0.5 mg**
Beta-sitosterol **205 mg**
Campestanol **<0.5 mg**
Beta-sitostanol **3.36 mg**
Delta-5-avenasterol **11.4 mg**
Delta-7-stigmasterol **59.1 mg**

Lípidios:

SAFA - Ácidos Graxos Saturados **8,99 g**
MUFA - Ácidos Graxos Monoinsaturados **63,4 g**
PUFA - Ácidos Graxos Poli-insaturados **20,7 g**
TFA-Ácidos Graxos Trans Totais **0,116 g**
Gordura Total (NLEA) **93,2 g**



B) Proteína

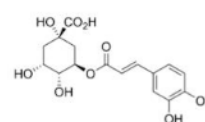
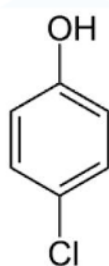


Aminoácidos:

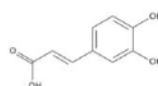
Aminoácidos:	PG	FAO
Histidina	27	15
Isoleucina	46	30
Leucina	60	59
Lysina	39	45
Metionina + Cistina	38	22
Cistina + Tirosina	49	44
Treonina	36	23
Triptofano	11	6
Valina	58	39

PG - Proteína de Girassol FAO - Referência

Fenóis



Ácido Clorogênico



Ácido Caféico

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

Biological Activity

Antioxidantes

Antimicrobianas

Antiglicemiante

Antihipertensivas

Antiinflamatória

Cicatrizante

Fonte: Autores utilizando software Figma A) Óleo (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2021); B) Farinha e Isolado (REN, et al 2012; KAUR, 2022). Imagens: (Shutterstock, 2023)

3.3 PRODUTOS ANÁLOGOS DE CARNE A BASE DE PROTEÍNAS DE GIRASSOL

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

Wittek et al. (2021) investigaram a morfologia e características de fluxo durante a extrusão de um análogo de carne à base de plantas. Os autores descobriram que a morfologia do produto é influenciada principalmente nas zonas de transição e não resfriadas do extrusor, com o resfriamento tendo um impacto menor do que o esperado. A pesquisa ressaltou a importância da compreensão e controle da morfologia para o sucesso do design de produtos.

Sun et al. (2022) focaram no design estrutural para melhorar os atributos de análogos de carne extrudados à base de plantas. Os autores analisaram como as variáveis de extrusão, incluindo a temperatura do barril, o design do molde de resfriamento e o conteúdo de umidade, afetam a qualidade dos análogos de carne, com foco na otimização das condições de processamento.

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

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

A técnica de extrusão destaca-se por sua economia, proporcionando consistência na qualidade e produtividade durante todo o processo. Ela apresenta uma operação simples e de fácil limpeza, reduzindo o consumo de água e energia. Além disso, a técnica pode ser aplicada a uma variedade de matérias-primas. No entanto, alguns desafios precisam ser enfrentados, como as mudanças de cor resultantes das reações de Maillard, caramelização, hidrólise e degradação de pigmentos.

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

Figura 3. Análogo a carne com a proteína de girassol



Fonte: Autores / Software: Figma (2023); Imagens: Flaticon (2023).

3.4 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

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

Tabela 2 - Revisão de produto a base de girassol:

Alimento à base de girassol/ referência	Objetivo	Resultado
Pão sem glúten Zorzi, et al. (2020)	Avaliar o impacto de adicionar diferentes concentrações de concentrado de proteína de girassol (5%, 10% e 20% em uma mistura de farinhas com 70% de farinha de arroz e 30% de amido de milho) no pão sem glúten e comparar com a farinha de ervilha.	A inclusão do SPC melhorou a qualidade do pão sem glúten, reduzindo sua dureza após 21 dias de armazenamento e dobrando o conteúdo proteico em comparação com o pão de farinha de ervilha.
Muffin GRASSO, et al, 2020. Biscoito GRASSO, el al, 2019.	Avaliar os efeitos da incorporação de DSSF a 15% e 30% em muffins em substituição à farinha de trigo. Este estudo avaliou a qualidade instrumental e sensorial de biscoitos enriquecidos com DSSF a 18% e 36% p / p como substituto da farinha de trigo.	Aumento do teor de proteínas e cinzas e à diminuição do teor de carboidratos A inclusão de DSSF aumentou significativamente o teor de proteína dos biscoitos, bem como o TPC e a capacidade antioxidante dos biscoitos.
Barra de cereais BAURINA, Alexandra V. et al., 2021.	Este trabalho teve como objetivo determinar o efeito sobre as propriedades nutricionais, físico-químicas, e organolépticas de barras de cereais enriquecidas com proteína de girassol em pó.	Os resultados demonstraram que a utilização do isolado e do concentrado, obtidos a partir do farelo de girassol, em lanches é uma alternativa prática a outras proteínas vegetais, muitas vezes alergênicas.
Barra de chocolate com ervas, melão e semente de girassol KHURANA e SINGH, 2019.	Tornar o consumo das ervas mais atrativo com a utilização em uma barra de chocolate	O chocolate preparado contém benefícios de ervas, sementes e tâmaras que aumentam o valor nutricional do chocolate e podem ser consumidos por pessoas de qualquer faixa etária.
Bebida vegetal KULCZYK, et al, 2023.	O objetivo desta pesquisa foi criar uma bebida vegetal à base de sementes de girassol (<i>Helianthus annuus</i>), ervilha (<i>Pisum sativum</i>) e feijão verde (<i>Phaseolus multiflorus</i>).	O produto com 0,5% de goma guar foi identificado como a bebida vegetal mais diferenciada e semelhante ao leite de vaca.
Chapatis, biscoitos e bakodis SRILATHA, K e KRISHNAKUMARI, 2003.	Foram analisadas as composições centesimais das receitas de bolo de girassol e de bolo de girassol.	A incorporação de torta de girassol em receitas em níveis de 10 e 20 por cento contribuiu com um aumento significativo nos valores de proteína e fibra. Houve um aumento de 4,7 a 5,8 por cento na proteína e um aumento de 2,2 a 6,0 por cento no teor de gordura dos produtos contendo 20 por cento de bolo.

Fonte: Autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente popularidade de dietas *plant-based* reflete uma consciência global voltada para a sustentabilidade, abrangendo um espectro diversificado de públicos. Entre eles, encontram-se os veganos, que excluem totalmente o consumo de produtos de origem animal por razões éticas, ambientais ou de saúde; os vegetarianos, que não consomem

carne mas podem incluir produtos derivados de animais, como laticínios e ovos, em suas dietas; e os flexitarianos, um grupo mais flexível que prioriza uma alimentação predominantemente vegetal, mas ocasionalmente inclui carne e outros produtos animais.

Além desses, existem os onívoros conscientes, que, embora não adotem uma dieta estritamente *plant-based*, têm reduzido o consumo de carne e produtos animais em prol de práticas mais sustentáveis e saudáveis. Cada um desses grupos apresenta preferências sensoriais, nutricionais e éticas distintas, refletindo a diversidade de motivações e interesses no cenário alimentar atual.

Os análogos de carne evoluíram ao longo das gerações, com algumas versões buscando imitar a textura, sabor e aparência da carne para atrair consumidores onívoros e flexitarianos, enquanto outras opções não se assemelham tanto no sabor, mas remetem à carne em aparência ou conceito, servindo como complementos proteicos na dieta.

Essa diversidade de produtos reflete a necessidade de atender a uma ampla gama de preferências e exigências dietéticas. Com o avanço da tecnologia de alimentos, produtos à base de plantas, como os análogos de carne, têm alcançado uma qualidade cada vez mais sofisticada e atrativa.

Neste cenário, a proteína de girassol emerge como uma solução promissora. Seu perfil nutricional e versatilidade a tornam uma excelente opção para a criação de produtos *plant-based* inovadores e sustentáveis. O futuro do sistema alimentar depende não só da adoção de tecnologias avançadas, mas também da capacidade de integrar ingredientes como a proteína de girassol de maneira eficaz e criativa, atendendo às demandas de um público cada vez mais diversificado e consciente.

Portanto, a evolução contínua dos análogos de carne e a incorporação de ingredientes como a proteína de girassol representam um passo significativo em direção a um futuro alimentar mais sustentável e adaptado às necessidades e valores do consumidor moderno.

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

5 CONCLUSÃO

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

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

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

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

AGRADECIMENTOS

Processo FAPESP n. 2020/ 07015-7

REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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