

FACT SHEET

Fermentação de Precisão: a tecnologia que está revolucionando o setor de proteínas alternativas



Queijo produzido com proteína de leite obtida por fermentação de precisão. Imagem cedida pela New Culture.

Ficha de créditos

Autores

Marina Sucha Heidemann
Isabela de Oliveira Pereira
Bruna Leal Maske
Stéphanie Massaki
Maria Clara Manzoki
Germano Glufke Reis

Revisão

Amanda Leitolis
Cristiana Ambiel
Carlos Ricardo Soccol
Susan Grace Karp

Projeto Gráfico

Fabio Cardoso

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

H465

Heidemann, Marina Sucha e Outros
Fermentação de precisão: a tecnologia que está revolucionando o setor de proteínas alternativas: fact sheet / Marina Sucha Heidemann, Isabela de Oliveira Pereira, Bruna Leal Maske, Stéphanie Massaki, Maria Clara Manzoki e Germano Glufke Reis. – São Paulo: Tiibooks; The Good Food Institute Brasil, 2024.
E-Book: PDF, 15 p.; IL; Color

ISBN 978-65-87080-95-6

1. Alimentos. 2. Cadeia Produtiva Alimentar. 3. Tecnologia de Alimentos. 4. Inovação. 5. Fermentação. 6. Fermentação de Precisão. 7. Microrganismo. 8. Proteínas Alternativas. I. Título. II. A tecnologia que está revolucionando o setor de proteínas alternativas. III. Fact sheet. IV. Heidemann, Marina Sucha. V. Pereira, Isabela de Oliveira. VI. Maske, Bruna Leal. VII. Massaki, Stéphanie. IX. Manzoki, Maria Clara. X. Reis, Germano Glufke. XI. IFC/Brasil.

CDU 664

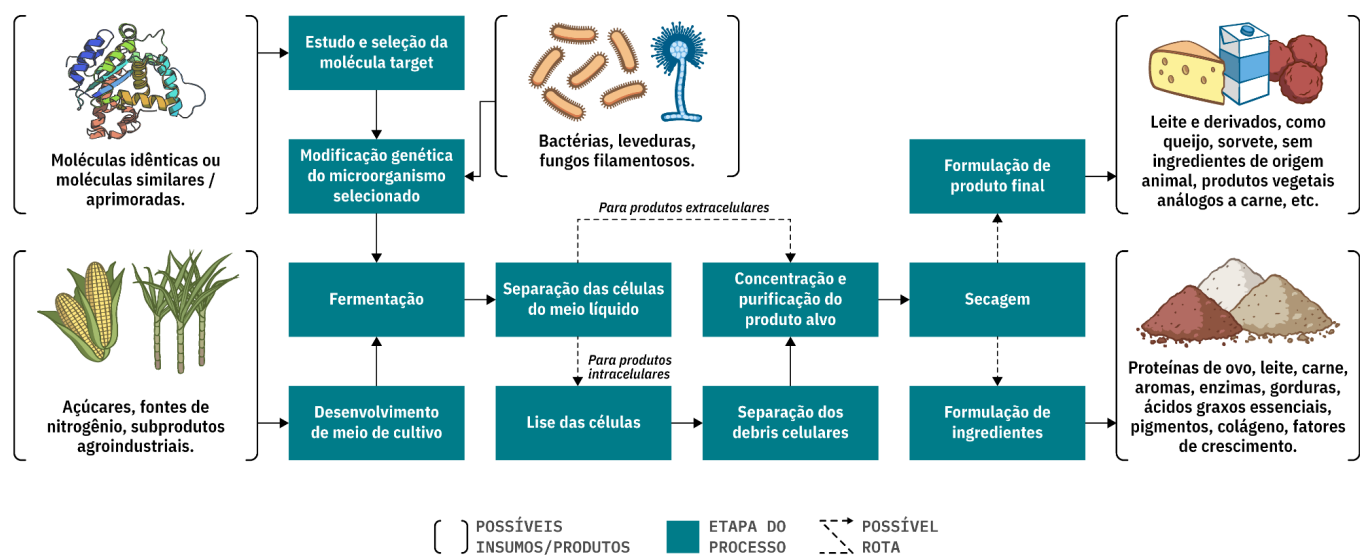
CDD 664

Catalogação elaborada por Regina Simão Paulino – CRB 6/1154

Já imaginou saborear um queijo com consistência e sabor característicos, sem que ele seja derivado do leite de vaca? Ou comer um hambúrguer vegetal sem notar que não está comendo carne animal? Com a fermentação de precisão é possível entregar essas soluções ao produzir as mesmas proteínas presentes em produtos de origem animal além de ingredientes que adicionam sabor, cor e suculência característicos para os produtos vegetais análogos, ou de carne cultivada (Liu; Aimutis; Drake, 2024).

Nessa abordagem tecnológica, são utilizadas técnicas de engenharia genética para tornar microrganismos, como bactérias e fungos, capazes de produzir moléculas proteicas idênticas às de origem animal (Hilgendorf et al., 2024). Os microrganismos são modificados geneticamente (OGM – Organismo Geneticamente Modificado) para agirem como “pequenas fábricas” de produção dessas moléculas (Good Food Institute, 2022, 2023), produzindo ingredientes como proteínas de soro de leite (*whey protein*), caseína (proteína do leite), ovoalbumina (proteína da clara do ovo), enzimas, gorduras, corantes e vitaminas em grandes quantidades (Boukid et al., 2023). Estes ingredientes podem ser utilizados pela indústria para compor alternativas a carne, laticínios e ovos, em produtos vegetais e de carne cultivada (Good Food Institute, 2023).

Resumo gráfico. Diagrama com as possíveis rotas, insumos e produtos de proteínas alternativas que podem ser obtidos utilizando a tecnologia de fermentação de precisão abordada nesse fact sheet.



1. Evolução e o potencial de mercado

A fermentação de precisão foi impulsionada pelo avanço da biologia molecular e engenharia genética, principalmente a partir das últimas décadas do século XXI (Cheng et al., 2022). Nos anos 1980, essa tecnologia foi inicialmente desenvolvida para a produção de insulina humana através de *Escherichia coli* recombinante, e na década seguinte também foi utilizada para aplicações alimentícias na produção de quimosina para queijo e riboflavina (vitamina B2). Os avanços mais significativos em fermentação de precisão para proteínas específicas surgiram recentemente e a tecnologia se expandiu amplamente na indústria alimentícia (Liu; Aimutis; Drake, 2024). Assim, é possível aproveitar o cultivo rápido de microrganismos para produzir ingredientes funcionais específicos de forma mais eficiente, incluindo

proteínas idênticas àsquelas produzidas pelos animais, desacoplando assim a produção do uso de animais. O processo de fermentação ocorre de forma controlada e eficiente em biorreatores, podendo inclusive ser utilizado para eliminação de componentes alergênicos presentes em moléculas de origem animal.

382 milhões de dólares foram investidos no setor de fermentação de precisão em 2022

No cenário global, já foram investidos, entre 2013 e 2023, um total de 4,1 bilhões de dólares em fermentação para produção de proteínas alternativas (Good Food Institute, 2023). Em 2022, foram investidos 382 milhões de dólares no setor de fermentação de precisão (Good Food Institute, 2022).

Fonte: Good Food Institute (2023).

Dados de 2023 apontam que 60 startups no mundo atuam na produção de proteínas alternativas utilizando fermentação de precisão

Até 2019 existiam apenas 13 *startups* que utilizavam a fermentação de precisão como tecnologia principal para a geração de produtos e insumos para o setor de proteínas alternativas. Em 2023, um novo relatório do GFI mapeou cerca de 60 *startups* nesse setor. Isso representa um aumento de quase 80% no número de novos negócios em fermentação de precisão aplicada a proteínas alternativas nos últimos 4 anos.

Fonte: Good Food Institute (2023) e Alternative Protein Company... (2024).

No Brasil, quatro startups mapeadas atuam no setor de proteínas alternativas utilizando fermentação de precisão

O ecossistema brasileiro está em estágio inicial de desenvolvimento e algumas *startups* já inovam trazendo soluções no setor: a [Future Cow Technologies](#), a [Ark Bio Solutions](#) e a [UpDairy](#) desenvolvem proteínas do leite a partir da fermentação de precisão, e a [Biolinker](#) produz fatores de crescimento para carne cultivada.

Fonte: dados de mapeamento do The Good Food Institute Brasil.

Em 2023, foi criada a Precision Fermentation Alliance

Em 2023, foi criada uma aliança entre nove companhias de fermentação de precisão com o fim de facilitar a comunicação com o consumidor e a regulamentação para estes produtos, a [Precision Fermentation Alliance](#). Associações como essa são agentes-chave na troca de conhecimento, no engajamento de apoio institucional, na articulação em torno de padrões regulatórios e na conscientização das pessoas sobre os avanços e benefícios dessa tecnologia na produção de alimentos.

Fonte: <https://www.pfalliance.org/>

2. Trazendo soluções para desafios do setor de proteínas alternativas

Os ingredientes produzidos por fermentação de precisão podem contribuir para solucionar muitos desafios tecnológicos de produtos de proteínas alternativas:

Os ingredientes derivados da fermentação de precisão são uma excelente solução para enfrentar alguns dos desafios tecnológicos dos produtos vegetais análogos aos animais, por meio de ingredientes funcionais que podem contribuir significativamente para melhorar o sabor, a aparência e a suculência dos produtos

Um exemplo de como a fermentação de precisão pode ser uma ferramenta-chave para o setor de proteínas alternativas é a produção de heme proteínas como a mioglobina, uma molécula que ocorre naturalmente em animais, responsável pela cor e sabor próprios da carne bovina (Liu et al., 2024). Para isso, uma alternativa é produzir a própria mioglobina bovina, ou produzir moléculas similares como a leghemoglobina de soja da Impossible Foods, capaz de conferir cor, sabor e suculência (*juiciness*) típicas de produtos cárneos fritos ou grelhados.

Também podem ser produzidas proteínas do leite, como caseína, proteínas do soro como beta-lactoglobulina ou lactoferrina. O uso de algumas dessas proteínas em formulações alimentícias é essencial para obter características específicas como, textura, elasticidade e derretimento típico do queijo, por exemplo, como o produzido pela *startup* Change Foods com proteínas obtidas por fermentação de precisão, para solucionar desafios de funcionalidade enfrentado no desenvolvimentos de queijos vegetais análogos.

As proteínas da clara do ovo também podem ser produzidas por fermentação de precisão, como ovomucóide (glicoproteína produzida pela [Every](#)), e a ovoalbumina, que também apresenta funcionalidades importantes em alimentos como formação de espuma e poder de emulsificação.

Fonte: Tachie, Nwachukwu e Aryee (2023).

A fermentação de precisão pode destravar desafios de obtenção de insumos para viabilizar economicamente a produção de carne cultivada

A produção de carne cultivada envolve a utilização de vários insumos, e a fermentação de precisão tem desempenhado um papel essencial na obtenção de proteínas recombinantes para compor os meios de cultivo livres de componentes de origem animal. Alguns desses insumos incluem fatores de crescimento, albumina, insulina e transferrina que podem ser produzidos de maneira eficiente para suprir essa cadeia de produção de carne cultivada.

Fonte: Yamanaka et al. (2023); The Science of... (2021).

Atualmente, as enzimas alimentares são produzidas predominantemente a partir de microrganismos recombinantes e existem oportunidades para produção de novas enzimas olhando para o setor de proteínas alternativas¹

O tratamento enzimático pode resolver desafios importantes das proteínas vegetais, como: baixa solubilidade, baixa capacidade de gelificação e ligações cruzadas, amargor, notas do grão, outros aromas indesejáveis, baixa emulsificação, baixa capacidade de ligação com gorduras e com água.

Além disso, gargalos de custo de meios de cultivo para produção de carne cultivada e uso de substrato alternativos para fermentação podem ser solucionados pela utilização de coquetéis enzimáticos obtidos por fermentação de precisão, seja um coquetel proteolítico, pensando na geração de hidrolisado de aminoácidos para cultivo celular², ou de glicosilhidrolases, para converter fontes de carboidratos complexos, como resíduos lignocelulósicos, em açúcares fermentescíveis³.

Fonte: 1- Good Food Institute Brasil (2022); 2- Flaibam e Goldbeck (2024); 3- Lima et al. (2022).

A fermentação de precisão pode reduzir os impactos ambientais da produção de proteínas

Estudos de Análise de Ciclo de Vida preliminares sugerem que a tecnologia de fermentação de precisão pode reduzir os impactos ambientais em uma série de diferentes categorias de impacto, como potencial de aquecimento global e uso da terra, seja na produção de proteínas do leite¹ e proteína de clara de ovo² por fermentação de precisão. Os estudos destacam que a maioria dos impactos e compensações entre categorias de impacto podem ser potencialmente reduzidos ainda mais usando uma fonte de energia de baixo carbono, ou seja, essas reduções nas emissões de gases de efeito estufa estão intrinsecamente ligadas à fonte de energia utilizada no processo de produção, apontando o uso de fontes renováveis como solução.

Fonte: 1- Geistlinger, Briggs e Nay (2023); 2- Järviö et al. (2021).

3. Por que a fermentação de precisão é promissora no Brasil?

O Brasil tem uma comunidade científica robusta e recursos naturais abundantes que favorecem o avanço na área de fermentação de precisão. Além disso, a presença de um órgão competente (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio), e de leis de biossegurança bem estabelecidas fornecem um ambiente propício para o desenvolvimento e a implementação de tecnologias de fermentação de precisão. Atualmente, existe um total de 64 cepas e derivados de microrganismos geneticamente modificados liberados para uso comercial no Brasil ([dados de CTNBio](#) de 8 de abril de 2024), dentre elas uma leghemoglobina de soja produzida por *Picchia pastoris* para uso em produtos análogos de carne moída para consumo humano (Parecer Técnico 7.060/2020).

Além disso, o país já conta com [biorrefinarias modelo em operação](#), que empregam tecnologias avançadas de fermentação de precisão para a produção eficiente e sustentável de uma variedade de produtos a partir de substratos como a cana-de-açúcar, por exemplo.

Potencial de entregar soluções para o mercado brasileiro de produtos análogos vegetais, que atingiu 226 milhões de dólares e crescimento de 38% em 2023

A estimativa de vendas de análogos cárneos vegetais no Brasil foi de 226 milhões de dólares ou 1,1 bilhão de reais em 2023, segundo dados da Euromonitor. Esses produtos ainda enfrentam desafios de mimetizar a experiência do consumidor com os produtos tradicionais e o uso dos ingredientes produzidos por fermentação de precisão é uma oportunidade para melhoria desses produtos que têm o potencial de atrair ainda mais consumidores e investimentos para o país.

Fonte: Euromonitor Passport, Meat and Seafood Substitutes, January 2024; and Plant-based Milk, October 2023 (Databook, 2024).

Potencial de inserção na cadeia de suprimentos de carne cultivada em desenvolvimento

A empresa brasileira BRF, em 2021, fez aporte milionário na startup israelense Aleph Farms para a produção de carne cultivada no Brasil¹. Além disso, a empresa JBS pretende investir em um período de cinco anos (2021 a 2025), 100 milhões de dólares para se tornar uma das principais fabricantes de proteína cultivada do mundo. Em setembro de 2023, a JBS iniciou a construção do centro de pesquisa “JBS Biotech Innovation Center” em Florianópolis, previsto para ser inaugurado no final de 2024². Essas novas indústrias dependem da criação de uma cadeia de suprimentos o que demonstra uma oportunidade de expansão de mercado para os fornecedores tradicionais de insumos para alimentação animal. Existem, por exemplo, sete registros de microrganismos OGM e seus derivados utilizados para alimentação animal no Brasil³; incluindo alguns aminoácidos usados na suplementação da ração animal que poderiam ser também usados como insumos na indústria da carne cultivada, já que as necessidades nutricionais dos animais pode ser muito semelhante as necessidades de nutrientes das células durante o cultivo celular.

Fonte: 1- BRF Faz Aporte... (2021); 2- Brandão (2023); 3- Liberação Comercial... (2024).

Estudos apontam que o Brasil apresenta maiores índices de aceitação aos alimentos produzidos por fermentação de precisão, em comparação com Alemanha, Índia, Reino Unido e EUA

Em relação à aceitação desses produtos no Brasil, Thomas e Bryant (2021) reportaram que o país demonstrou os menores índices de rejeição a queijos produzidos por fermentação de precisão, em comparação com Alemanha, Índia, Reino Unido e EUA. A pesquisa revelou que 90% dos participantes brasileiros estão dispostos a experimentar e comprar um produto de queijo sem ingredientes de origem animal após ler uma explicação detalhada sobre fermentação de precisão e as propriedades sensoriais dos ingredientes/produtos resultantes. Isso demonstra que os produtos de fermentação de precisão têm grande probabilidade de encontrarem as portas abertas para o consumidor brasileiro.

Fonte: Thomas and Bryant (2022).

93% dos pesquisadores brasileiros mapeados atuam com utilização de resíduos industriais/agroindustriais como componentes do meio de cultivo para fermentação de precisão¹

No âmbito de utilização de resíduos como substrato para a fermentação, há espaço para o desenvolvimento de novas cepas capazes de metabolizar esses substratos diversos, incluindo açúcares, carboidratos complexos, lactato, glicerol etc. Adicionalmente, existem pesquisas focadas no desenvolvimento de plataformas microbianas para produção de enzimas e coquetéis que viabilizem a obtenção de açúcares fermentescíveis a partir de biomassa lignocelulósica². Desta forma, há um potencial notável para aliar as técnicas genéticas já em estudo com as matérias-primas e substratos nacionais, para desenvolver produtos idênticos aos derivados de animais a partir da fermentação de precisão de maneira acessível.

Fonte: 1- mapeamento realizado pelo The Good Food Institute Brasil; 2- Lima et al. (2022).

Produção científica no Brasil

Além da produção científica em áreas correlatas de desenvolvimento de *chassis* microbianos e avanços de técnicas de modificação genética como CRISPR/Cas9* que podem ser exportados para aplicações no setor^{1,2}, os pesquisadores brasileiros já contribuem com produção científica voltada para proteínas alternativas. Pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina destacaram o potencial da fermentação de precisão como alternativa para obtenção de proteínas animais em um artigo de revisão que aborda dados de impactos ambientais relacionados à atual produção global de alimentos, além de relatarem as principais proteínas já produzidas por fermentação de precisão, com foco particular naquelas usadas nas indústrias alimentícia e nutracêutica³. No âmbito de produção de proteínas lácteas que podem vir a ser obtidas por fermentação de precisão, em um artigo de revisão, pesquisadores da Universidade Federal do Paraná fizeram uma revisão abrangente de artigos e patentes para entender o status atual e os avanços na produção de proteínas recombinantes do leite. Os autores destacam o futuro promissor da tecnologia e que pesquisa e desenvolvimento contínuos são essenciais para otimizar a tecnologia e aumentar sua viabilidade comercial para atender à crescente demanda por alternativas sustentáveis de laticínios⁴.

Fonte: 1- Mélo et al. (2022); 2- Lima et al. (2022); 3- Knychala et al. (2024); 4- Piazenski et al. (2024).

*O CRISPR/Cas9 é uma espécie de “tesoura genética”, que permite mudar parte do código genético de uma célula. Com essa “tesoura”, é possível, por exemplo, “cortar” uma parte específica do DNA, fazendo com que a célula produza ou não determinadas proteínas. A técnica revolucionou a edição genética com possibilidades de edição praticamente infinitas (Redman et al., 2016).

Regulamentação no Brasil

Recentemente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária ([Anvisa](#)) publicou a [Resolução RDC nº 839, de 14 de dezembro de 2023](#), regulamentando o registro de novos alimentos e ingredientes sem histórico de consumo seguro no país, incluindo os que têm origem na fermentação. Essa diretriz regula o processo de avaliação da segurança destes alimentos e ingredientes para consumo humano. Isso posiciona o Brasil no mesmo patamar de outros países que já estão realizando fermentação de precisão com foco no setor de proteínas alternativas. Apesar disso, especialistas apontam que questões sobre a fiscalização do processo de produção ainda não foram detalhadas. Outras formas de fermentação, como as usadas na produção de cerveja e vinho, já são regulamentadas, mas há a necessidade de aperfeiçoar o procedimento de avaliação da segurança dos novos alimentos e ingredientes, seja na Anvisa ou no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). A expectativa é de que, com as regras mais claras, empresas invistam no setor, resultando, ao longo dos anos, em uma maior oferta desses produtos no mercado brasileiro, potencialmente a preços competitivos, embora espera-se que produtos desse tipo levem algum tempo para chegar à mesa do consumidor.

No caso da fermentação de precisão, caso contenham organismos geneticamente modificados ou derivados, os processos, produtos e ingredientes obtidos devem seguir o que estabelece a [Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005](#), entre outras regulações pertinentes. A liberação comercial é concedida após uma avaliação positiva da segurança desses produtos.

Fonte: Brasil (2005, 2023).

Referências

ALTERNATIVE PROTEIN COMPANY Database. *Good Food Institute*, Washington, DC, 2024. Disponível em: <https://gfi.org/resource/alternative-protein-company-database/>. Acesso em: 7 nov. 2024.

BARROS, K. O. *et al.* Oxygenation influences xylose fermentation and gene expression in the yeast genera *Spathaspora* and *Scheffersomyces*. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, Berlin, v. 17, n. 20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-024-02467-8>.

BOUKID, F. *et al.* Bioengineered Enzymes and Precision Fermentation in the Food Industry. *International Journal of Molecular Science*, Basel, v. 24, n. 12, 10156, June 2023. DOI: 10.3390/ijms241210156.

BRANDÃO, R. Carne de laboratório: por que a JBS faz aposta milionária em proteína cultivada? *Exame Invest*, São Paulo, 16 maio 2023. Disponível em: <https://exame.com/invest/mercados/carne-de-laboratorio-por-que-a-jbs-faz-aposta-milionaria-em-protein-a-cultivada/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução da Diretoria Colegiada nº 839, de 14 de dezembro de 2023*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6582266/RDC_839_2023_.pdf/a064b871-55dd-44b9-ab40-16ca7672497d. Acesso em: 8 nov. 2024.

BRASIL. Presidência da República. *Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005*. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm. Acesso em: 8 nov. 2024.

BRF FAZ APOORTE de US\$ 2,5 milhões na Aleph Farms para produzir carne cultivada. *Forbes Money*, [s. l.], 7 jul. 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-money/2021/07/brf-faz-aporte-de-us-25-milhoes-na-aleph-farms-para-produzir-carne-cultivada/>. Acesso em: 27 maio 2024.

BROAD, G. M. *et al.* Framing the futures of animal-free dairy: Using focus groups to explore early-adopter perceptions of the precision fermentation process. *Frontiers in Nutrition*, [s. l.], v. 9, Oct. 2022. DOI: 10.3389/fnut.2022.997632.

CHENG, A. *et al.* Genetics Matters: Voyaging from the Past into the Future of Humanity and Sustainability. *International Journal of Molecular Science*, Basel, June, v. 23, n. 7, 3976, Apr. 2022. DOI: 10.3390/ijms23073976.

DATABOOK. *GFI Brasil*, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://gfi.org.br/databook/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

FLAIBAN, B.; GOLDBECK, R. Effects of enzymes on protein extraction and post-extraction hydrolysis of non-animal agro-industrial wastes to obtain inputs for cultured meat. *Food and Bioproducts Processing*, Amsterdam, v. 143, p. 117-127, Jan. 2024. DOI: 10.1016/j.fbp.2023.11.001.

GEISTLINGER, T.; BRIGGS, N.; NAY, K.; Chapter 21 - Case study on whey protein from fermentation, *Cellular Agriculture, Academic Press*, Pages 323-342, 2024. DOI: 10.1016/B978-0-443-18767-4.00021-4.

GOOD FOOD INSTITUTE. *2022 State of the Industry Report – Fermentation: Meat, seafood, eggs and dairy*. Washington, DC: GFI, 2022. Disponível em: <https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-Fermentation-State-of-the-Industry-Report-1.pdf>. Acesso em: 28 maio 2024.

GOOD FOOD INSTITUTE. *2023 State of the Industry Report – Fermentation: Meat, seafood, eggs and dairy*. Washington, DC: GFI, 2023. Disponível em: <https://gfi.org/resource/fermentation-state-of-the-industry-report/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

GOOD FOOD INSTITUTE BRASIL. *Serie tecnológica das Proteínas Alternativas: Fermentação e processos fermentativos*. São Paulo: Tiki Books; GFI Brasil, 2022. *E-book*. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Serie-Tecnologica-Fermentacao-e-processos-fermentativos-GFI-Brasil.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2024.

HILGENDORF, K.; WANG, Y.; MILLER, M.J.; JIN, Y.S. Precision fermentation for improving the quality, flavor, safety, and sustainability of foods. *Curr Opin Biotechnol*, 86:103084, Apr. 2024. DOI: 10.1016/j.copbio.2024.103084.

JÄRVIÖ, N. *et al.* Ovalbumin production using *Trichoderma reesei* culture and low-carbon energy could mitigate the environmental impacts of chicken-egg-derived ovalbumin. *Nature Food*, Berlin, v. 2, p. 1005-1013, 16 Dec. 2021. DOI: 10.1038/s43016-021-00418-2.

KNYCHALA, M. M. *et al.* Precision Fermentation as an Alternative to Animal Protein, a Review. *Preprint Review*, Basel, v. 1, 1 May 2024. DOI: 10.20944/preprints202405.0005.v1.

LIBERAÇÃO COMERCIAL – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. *CTNBio*, Brasília, DF, 2024. Disponível em: http://ctnbio.mctic.gov.br/liberacao-comercial?p_p_id=110_INSTANCE_SqhWdohU4BvU&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=3&_110_INSTANCE_SqhWdohU4BvU_struts_action=%2Fdocument_library_display%2Fview_file_entry%2Fview_file_entry&_110_INSTANCE_SqhWdohU4BvU_fileEntryId=2238172#/liberacao-comercial/consultar-processo. Acesso em: 8 nov. 2024.

LIMA, E. A. *et al.* Development of an economically competitive *Trichoderma*-based platform for enzyme production: Bioprocess optimization, pilot plant scale-up, techno-economic analysis and life cycle assessment. *Bioresource Technology*, London, v. 364, 128019, 2022.

LIMA, P. B. A. *Engenharia metabólica em Pichia pastoris para produção de L-ácido láctico a partir de glicerol, um resíduo da indústria de biodiesel*. 2017. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.

LIU, Y.; AIMUTIS, W. R.; DRAKE, M. Dairy, Plant, and Novel Proteins: Scientific and Technological Aspects. *Foods*, Basel, v. 13, n. 7, 1010, 2024.

MÉLO, A. H. F. D. *et al.* Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* modified via CRISPR/ Cas9 as a cellulosic platform microorganism in simultaneously saccharification and fermentation processes. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, Berlin, v. 46, n. 1111-1119, Aug. 2022. DOI: 10.1007/s00449-022-02765-1.

MICRORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS e derivados aprovados comercialmente no Brasil para uso industrial. CTNBio, Brasília, DF, 7 dez. 2020. Disponível em:

<https://ctnbio.mctic.gov.br/documents/566529/1687332/Tabela+de+Microorganismos+Aprovados+para+Comercializa%C3%A7%C3%A3o/7b7a17fd-ef84-4dfd-b2b4-fe5900745be2;jsessionid=5AD1647E950C62C95FD2DC5613691AC.columba?version=1.7>. Acesso em: 27 maio 2024.

NOVA PESQUISA do GFI Brasil aponta os principais comportamentos e perfis do consumidor de alternativas plant-based no Brasil. *GFI Brasil*, [s. l.], 2024. Disponível em:

<https://gfi.org.br/nova-pesquisa-do-gfi-brasil-aponta-os-principais-comportamentos-e-perfis-do-consumidor-de-alternativas-plant-based-no-brasil/>. Acesso em: 27 maio 2024.

PIAZENSKI, I. N. *et al.* From lab to table: The path of recombinant milk proteins in transforming dairy production. *Trends in Food Science & Technology*, v. 149, 2024. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104562.

REDMAN, M. *et al.* What is CRISPR/Cas9? *Archives of disease in childhood. Education and practice edition*, London, v. 101, n. 4, p. 213-215, 2016. DOI: 10.1136/archdischild-2016-310459.

SANTOS, F. D. *Desenvolvimento de coquetéis enzimáticos customizados para a hidrólise de substratos com elevados teores de hemicelulose e lignina*. 2021. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2021.

TACHIE, C.; NWACHUKWU, I. D.; ARYEE, A. N. A. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods. *Food Production, Processing and Nutrition Review*, Berlin, v. 5, 16, Mar. 2023.

DOI: 10.1186/s43014-023-00129-0.

TENG, T. S. *et al.* Fermentation for future food systems: Precision fermentation can complement the scope and applications of traditional fermentation. *EMBO Reports*, [s. l.], v. 22, n. 5, e52680, 2021.

DOI: 10.15252/embr.202152680.

THE SCIENCE OF Cultivated meat: Cell culture media. *Good Food Institute*, Washington, DC, 2021.

Disponível em:

https://gfi.org/science/the-science-of-cultivated-meat/?_gl=1*14bngkk*_up*MQ.*_ga*MTY2MjU4ODczMy4xNzMzMzk5ODU3*_ga_TT1WCK8ETL*MTczMzM5OTg1NS4xLjEuMTczMzM5OTg1NS4wLjAuMA..#Introduction. Acesso em: 7 nov. 2024.

THOMAS, Z.; BRYANT, C. Don't Have a Cow, Man: Consumer Acceptance of Animal-Free Dairy Products in Five Countries. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, [s. l.], v. 5, June 2022.

DOI: 10.3389/fsufs.2021.678491.

TUBB, C.; SEBA, T. Rethinking food and agriculture 2020-2030: the second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial Biotechnology*, New Rochelle, v. 17, n. 2, p. 57-72, 2021.

VITOR, A. B. *et al.* Aplicações da CRISPR/Cas9 em fundos com potencial na síntese de enzimas produtoras de bioetanol. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 31 ago.-4 set. 2020, [s. l.]. *Anais [...]*. 2020. [S. l.]: CoBICET, 2020.

WHAT IS SOY leghemoglobin, or heme? *Impossible Foods*, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://faq.impossiblefoods.com/hc/en-us/articles/360019100553-What-is-soy-leghemoglobin-or-heme>. Acesso em: 27 maio 2024.

YAMANAKA, K. *et al.* Development of serum-free and grain-derived-nutrient-free medium using microalga-derived nutrients and mammalian cell-secreted growth factors for sustainable cultured meat production. *Nature Scientific Reports*, Berlin, v. 13, 498, Jan. 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-27629-w.

Equipe do GFI Brasil

Alexandre Cabral
Vice-presidente Executivo

Alysson Soares
Especialista de Políticas Públicas

Ana Carolina Rossettini
Gerente de Desenvolvimento e Estratégia

Amanda Leitolis, Ph.D.
Especialista em Ciência e Tecnologia

Ana Paula Rossettini
Analista de Recursos Humanos

Bruno Filgueira
Analista de Engajamento Corporativo

Camila Nascimento
Analista de Operações e Finanças

Camila Lupetti
Especialista em Inteligência de Mercado
de Engajamento Corporativo

Cristiana Ambiel, MS.
Diretora de Ciência e Tecnologia

Fabio Cardoso
Analista de Comunicação

Gabriela Garcia, MS.
Analista de Políticas Públicas

Gabriel Mesquita
Analista em ESG de Engajamento Corporativo

Graziele Karatay, Ph.D.
Especialista em Ciência e Tecnologia

Guilherme de Oliveira
Especialista em Inovação de
Engajamento Corporativo

Gustavo Guadagnini
Presidente

Isabela Pereira
Analista de Ciência e Tecnologia

Julia Cadete
Analista de Operações

Karine Seibel
Gerente de Operações

Lorena Pinho, Ph.D.
Analista de Ciência e Tecnologia

Luciana Fontinelle, Ph.D.
Especialista em Ciência e Tecnologia

Lívia Brito, MS.
Analista de Comunicação

Manuel Netto
Analista de Políticas Públicas

Mariana Bernal, MS.
Analista de Políticas Públicas

Mariana Demarco, Ph.D.
Analista de Ciência e Tecnologia

Patrícia Santos
Assistente Executiva

Raquel Casselli
Diretora de Engajamento Corporativo

Victoria Gadelha, MBE.
Analista de Comunicação

Vinícius Gallon
Gerente de Comunicação



Todo o trabalho desenvolvido pelo GFI é oferecido gratuitamente à sociedade e só conseguimos realizá-lo pois contamos com o suporte de nossa família de doadores. Atuamos de maneira a maximizar as doações de nossa comunidade de apoiadores, buscando sempre a maior eficiência na utilização dos recursos.



GFI.ORG.BR



INSTAGRAM



TIKTOK



YOUTUBE



LINKEDIN

Ajude a construir uma cadeia de alimentos mais justa, segura e sustentável.

Doe para o GFI Brasil