REVISTA CIENTÍFICA DA FAMINAS

Artigo recebido em 30 de setembro de 2025.
Aceito para publicação em 01 de fevereiro de 2026.

https://doi.org/10.54397/rcfaminas.v21i2.1065

Importância da suplementação de fontes de carbono e de nitrogênio para otimização do processo fermentativo empregando bactérias do ácido lático em subprodutos do café - um estudo de revisão.

Importance of carbon and nitrogen source supplementation for fermentation process optimization using lactic acid bacteria in coffee by-products - a review study.

Mirian Bomfim Fernandes[1], João Paulo Souza Simão da Silva[1], Humberto Moreira Húngaro[1] e Mirian Pereira Rodarte[1]

[1] Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Juiz de Fora – MG, Brasil.

Resumo:

O uso de bactérias do ácido lático para fermentação é uma estratégia amplamente difundida. A fermentação de alimentos com esses microrganismos possibilita a melhora de propriedades biológicas e sensoriais, além da produção de produtos inovadores e funcionais. Nesse contexto, os subprodutos do café, produzidos em grande escala pela indústria cafeeira, apresentam diversas substâncias bioativas que podem ser aprimoradas pela fermentação ácido lática. No entanto, alguns desses subprodutos possuem limitações nutricionais para serem utilizados como meios de cultivo, como a carência de concentrações adequadas de açúcares e aminoácidos necessários para garantir o desenvolvimento microbiano, o que limita a viabilidade e os potenciais benefícios do processo fermentativo. Dessa forma, a suplementação dessas fontes vegetais é uma estratégia relevante para superar restrições nutricionais, a fim de garantir o crescimento e a viabilidade celular e contribuir para a utilização sustentável dos subprodutos do café com condições adequadas para potenciais melhorias funcionais dos substratos. Assim, a presente revisão buscou discutir a importância da suplementação de fontes de carbono e de nitrogênio para a otimização de processos fermentativos empregando bactérias ácido-láticas em subprodutos do café.

Palavras-chave: *Coffea*; Substâncias bioativas; Subprodutos vegetais; Fontes nutricionais.

Abstract:

The use of lactic acid bacteria for fermentation is a widely disseminated strategy. The fermentation of foods with these microorganisms enables the improvement of biological and sensory properties, in addition to the production of innovative and functional products. In this context, coffee by-products, which are generated on a large scale by the coffee industry, present several bioactive substances that can be enhanced by lactic acid fermentation. However, some of these by-products have nutritional limitations to be used as culture media, such as the lack of adequate concentrations of sugars and amino acids necessary to ensure microbial development, which limits the feasibility and potential benefits of the fermentative process. Thus, the supplementation of these plant-based sources is a relevant strategy to overcome nutritional restrictions, in order to guarantee growth and cell viability

and contribute to the sustainable use of coffee by-products under adequate conditions for potential functional improvements of the substrates. Therefore, the present review sought to discuss the importance of the supplementation of carbon and nitrogen sources for the optimization of fermentative processes employing lactic acid bacteria in coffee by-products.

Keywords: *Coffea; Bioactive substances; Plant by-products; Nutritional sources.*

1. **Introdução**

As bactérias do ácido lático (BAL) possuem aplicação ampla e cada vez mais crescente principalmente na indústria alimentícia, sendo geralmente consideradas GRAS (Geralmente Reconhecidas Como Seguras) e responsáveis por alterações metabólicas que melhoram as propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais das matrizes fermentadas (USDA, 2024; Yang *et al*., 2024). O bioprocesso realizado por esses microrganismos é uma técnica eficiente para o desenvolvimento de alimentos vegetais fermentados, apresentando a capacidade de aumentar a biodisponibilidade de compostos bioativos e formar aromas desejáveis (Gustaw *et al.*, 2021; Yang *et al*., 2024).

No contexto da economia circular, impulsionado pelo potencial biotecnológico que as BAL podem exercer a partir de matrizes vegetais, surge o interesse da valorização de subprodutos do café, capazes de contribuir para a produção sustentável em larga escala de produtos inovadores, além de favorecer a redução dos efeitos danosos ao meio ambiente, provenientes do descarte inadequado desses resíduos (Lee *et al*., 2023).

A cadeia produtiva do café é de grande importância para o Brasil e para outros países produtores, contudo, gera uma ampla diversidade de subprodutos, como casca, polpa, película prateada, pergaminho, borra de café usada, flores e folhas, que são em grande parte descartados (Durán-Aranguren *et al.*, 2021). Esses subprodutos, por sua vez, apresentam uma composição bioativa diversificada, incluindo xantonas, flavonoides, glicosídeos, ácidos clorogênicos, ésteres de ácidos graxos e esteróis, além de macro e micronutrientes (Acidri *et al.*, 2020; Iriondo-DeHond; Iriondo-DeHond; Del Castillo, 2020; Rodrigues da Silva *et al.*, 2022).

A partir desses subprodutos, pode-se gerar alimentos considerados novos, como alimentos fermentados inovadores, os quais podem apresentar melhores propriedades bioativas (Beltrán-Medina *et al.*, 2020; Klingel *et al*., 2020). As potenciais modificações geradas pela fermentação podem resultar no aumento de atividades biológicas favoráveis à saúde, como por exemplo melhorar a homeostase intestinal, com modulação da microbiota local (Machado *et al.*, 2024). Além disso, esses alimentos podem atuar na prevenção de doenças, como diabetes, câncer, dislipidemias e hipertensão, além de exercerem efeitos antioxidantes (Marco *et al.*, 2017; Ruiz Rodríguez *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2020).

No entanto, a aplicação dessas bactérias em matrizes vegetais encontra limitações, já que a composição química de cada substrato influencia diretamente o crescimento microbiano (Filannino; Di Cagno; Gobbetti, 2018). Assim, em relação à composição nutricional, estudos demonstram que a quantidade de carboidratos e aminoácidos disponíveis pode ser limitada em alguns subprodutos do café, o que pode restringir o crescimento microbiano, além de comprometer a produção de metabólitos desejados (Gil-Ramírez *et al.*, 2024; Machado *et al.*, 2023).

Diante dessas restrições, a suplementação com fontes de carbono e de nitrogênio tem sido proposta como alternativa estratégica para garantir viabilidade celular e potencializar os efeitos funcionais da fermentação. Especialmente as fontes de nitrogênio que desempenham papel fundamental para a síntese proteica e o metabolismo microbiano, de modo que essa ausência limita o crescimento das BAL mesmo na presença de açúcares fermentáveis (Garrote Achou *et al*., 2025). Essa abordagem permite compensar carências nutricionais de matrizes como subprodutos do café, equilibrando a relação carbono/nitrogênio além de ampliar a eficiência dos processos fermentativos (Piwowarek *et al*., 2021).

Desse modo, o objetivo deste trabalho concentra-se em analisar a importância de fontes de carbono e de nitrogênio como suplementação para otimização dos processos fermentativos por bactérias do ácido lático, com ênfase no aproveitamento de subprodutos do café como matrizes vegetais.

2. **Materiais e Métodos**

Trata-se de uma revisão narrativa de cunho exploratório realizada entre março e setembro de 2025. A busca bibliográfica teve como objetivo reunir, contextualizar e discutir a literatura disponível sobre o tema. Foram consultadas as bases de dados PubMed, SciELO, Google Acadêmico, ScienceDirect, Scopus e Periódicos CAPES, utilizando os descritores: “bactérias ácido-láticas”, “Lactic Acid Bacteria”, “fontes de carbono”, “carbon sources”, “fontes de nitrogênio”, “nitrogen sources”, “suplementação nutricional”, “nutritional supplementation”, “subprodutos do café”, “coffee by-products” e combinações desses termos com os operadores booleanos “AND” e “OR”. Foram incluídos artigos publicados entre 2011 e 2025, nos idiomas português e inglês que apresentavam informações relevantes sobre o tema. O processo de seleção envolveu leitura de títulos e resumos, seguida da avaliação do texto completo para confirmação da elegibilidade, não sendo realizada comparação sistemática entre os estudos. Foram retirados artigos sem relação direta com o tema, nos quais a palavra-chave

de busca não constituía o foco principal da pesquisa. As informações extraídas dos estudos foram organizadas em categorias temáticas, de acordo com o objetivo principal desta revisão.

3. **Resultados e Discussão**

3.1 Processos fermentativos utilizando bactérias ácido-láticas e matrizes vegetais

As bactérias do ácido lático (BAL) se caracterizam como um conjunto de cocos ou bastonetes gram-positivos não formadores de esporos que produzem vários ácidos orgânicos, como ácido acético, ácido lático, ácido cítrico, ácido succínico e ácido propiônico, como produtos da fermentação (Punia Bangar *et al*., 2022).

As BAL têm um histórico consolidado de aplicação na fermentação de diversos alimentos, destacando-se pela capacidade de metabolizar açúcares, proteínas e compostos fenólicos, promover acidificação e preservação, além de melhorar propriedades funcionais e sensoriais, aumentar a biodisponibilidade de nutrientes e gerar compostos bioativos e aromas desejáveis (Gustaw *et al.*, 2021; Yang *et al*., 2024).

Gêneros frequentemente empregados na fermentação de alimentos incluem *Lactiplantibacillus, Lacticaseibacillus, Levilactobacillus* e outros derivados da recente reclassificação do antigo gênero *Lactobacillus,* bem como*, Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Streptococcus, Enterococcus* e *Weissella* (Mokoena, 2017; Zheng *et al.*, 2020). Esses microrganismos são comuns em leite e queijo e especialmente relevantes por sua presença frequente em produtos lácteos fermentados e também isolados de fontes vegetais como orégano e trigo (Minervini *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2025).

Durante o processo fermentativo, essas bactérias liberam enzimas como amilase, lactato desidrogenase, peptidase, proteinase, α- e β-glicosidases, descarboxilase, ácido fenólico descarboxilase, fenol redutase e tanase, além da cinamoil esterase, capazes de promover alterações em diversos compostos funcionais que podem resultar na transformação das substâncias ativas em formas mais fáceis de serem absorvidas, na degradação de substâncias tóxicas e na capacidade de mascarar sabores indesejáveis (Rouzic *et al*., 2022; Yang *et al.*, 2024).

Nesse contexto, as plantas configuram-se como substratos de grande interesse, uma vez que a literatura descreve estudos que demonstram o potencial da fermentação por bactérias do ácido lático em matrizes vegetais. Dessa forma, Liu *et al.* (2021) observaram que a fermentação do bagaço de maçã por *Lacticaseibacillus rhamnosus* L08 resultou na redução de quercitrina e florizina e no aumento de quercetina e floretina, o que demonstra mecanismos enzimáticos para

quebra de moléculas em outras menores. Tais resultados culminaram em um aumento da atividade antioxidante em comparação ao bagaço não fermentado.

Em substratos como batata-doce e um suco de tomate cereja *Millennium* foi observado o aumento de flavonoides e polifenóis, associados a maior atividade antioxidante após a fermentação, além de melhora sensorial do suco, o qual, fermentado, resultou no aumento das concentrações de licopeno (Shen *et al.,* 2018, Wang *et al.,* 2025).

Esses efeitos também se estendem a subprodutos vegetais menos explorados. Por exemplo, em folhas de abacate, a fermentação com BAL elevou de forma significativa teores de kaempferol, rutina e diidro-p-cumárico, além do conteúdo de flavonoides totais, sendo demonstrada possível ação enzimática de glicosidases e descarboxilases na liberação de fenólicos ligados à matriz vegetal (De Montijo-Prieto *et al.*, 2023).

Logo, combinar a composição de matrizes vegetais com os efeitos da fermentação por BAL pode gerar produtos sustentáveis e com benefícios funcionais, além de se tornar uma opção nutricional viável para atender diferentes demandas alimentares como o veganismo e outras dietas restritivas que acabam por impulsionar a busca por *plant-based products* (produtos à base de plantas) (Da Silva Vale *et al.*, 2023). Porém, destaca-se que a garantia de um substrato com a disponibilidade ideal de nutrientes é muito importante para o desempenho fermentativo das BAL, pois pode impactar na atividade metabólica, no crescimento da biomassa, na viabilidade celular e na produção de ácido lático (Loo *et al.*, 2025).

3.2 Importância do balanço carbono/nitrogênio na fermentação de produtos vegetais

Para o processo fermentativo, a disponibilidade adequada de nutrientes é essencial, tanto para sustentar a multiplicação microbiana quanto para permitir a conversão dos metabólitos dos substratos em ácidos orgânicos, compostos bioativos e componentes voláteis (Li *et al.*, 2022). Desse modo, o crescimento e a atividade metabólica das BAL dependem da relação carbono/nitrogênio que fornece o suprimento indispensável para o desenvolvimento celular e favorece a formação de produtos derivados da fermentação (Piwowarek *et al*., 2021).

Além disso, cada cepa pode apresentar preferências distintas de açúcares e aminoácidos para serem metabolizados, o que demonstra que a eficiência da fermentação depende, entre outros fatores, da composição nutricional do substrato (Garrote Achou *et al.*, 2025). Dessa forma, torna-se essencial avaliar e discutir a influência de fontes de carbono e de nitrogênio no crescimento e metabolismo das bactérias láticas e a necessidade de suplementação em caso de aporte nutricional da matriz inadequado.

3.2.1 Fontes de carbono

Os açúcares são a principal fonte de carbono para as bactérias láticas e a maioria das espécies consegue fermentar açúcares simples, como monossacarídeos e dissacarídeos, os quais são metabolizados de forma eficiente (Abbasiliasi *et al*., 2017). Em contraste, apenas algumas cepas apresentam atividade amilolítica, caracterizada pela produção de amilases que hidrolisam o amido em açúcares fermentáveis (Pallavi; K, 2023).

Assim sendo, existe uma relação direta entre as bactérias ácido-láticas presentes na matriz e os carboidratos disponíveis. Por exemplo, um estudo demonstrou que o consumo de frutose favoreceu o melhor crescimento de *Weissella cibaria* e *Pediococcus acidilactici* (para essa cepa específica, sem diferença significativa em relação à glicose), enquanto para *Lactococcus lactis* as maiores concentrações bacterianas foram alcançadas com xilose e amido (Garrote Achou *et al.*, 2025).

Paralelamente, *Latilactobacillus sakei*, *Limosilactobacillus fermentum* e *Latilactobacillus curvatus* apresentaram capacidade de metabolizar uma ampla variedade de carboidratos, favorecendo a adaptação às diferentes etapas da fermentação, bem como a utilização eficiente dos açúcares disponíveis, seja pela atuação em estágios finais (*L. sakei*), pela conversão de frutose em manitol (*Limosilactobacillus fermentum*) ou pelo metabolismo direcionado a carboidratos típicos de plantas (*Latilactobacillus curvatus*) (Kim *et al*., 2020; Verce; De Vuyst; Weckx, 2020; Terán *et al*., 2018).

Em comparação com outras BAL, *Lactiplantibacillus plantarum* apresenta maior capacidade de utilização de carboidratos, visto que a espécie é conhecida por sua adaptação a uma ampla variedade de ambientes, apresentando uma versatilidade sustentada por um sistema abrangente de genes de absorção e metabolismo de açúcares (Cui *et al*., 2021; Martino *et al.*, 2016).

Essa característica se reflete em estudos aplicados, como a fermentação de chá preto por *Lactiplantibacillus plantarum*, no qual foi observado que os açúcares glicose, frutose, manose e xilose foram progressivamente utilizados, chegando até o esgotamento completo em alguns casos. Esses resultados indicam que a espécie demonstrou capacidade de utilizar não apenas monossacarídeos amplamente disponíveis, como glicose e frutose, mas também manose e xilose, açúcares menos explorados por outras BAL (Li *et al.,* 2022).

Assim sendo, a partir dos estudos analisados, é possível observar a capacidade de assimilação de açúcares por diferentes espécies, o que permite verificar a necessidade de suplementação quando o perfil de açúcares não atende às exigências metabólicas das bactérias

láticas, haja vista o papel central dessas moléculas para o desenvolvimento e metabolismo microbiano. (Garrote Achou *et al.*, 2025). A Tabela 1 apresenta os principais achados de estudos descritos na literatura.

Tabela 1: Resultados de estudos sobre a utilização de açúcares por bactérias ácido-láticas.

Fonte de Carbono utilizada	**Microrganismo(s)**	**Aplicação/Impacto**	**Referência**
Glicose	Diversas BAL; *Pediococcus acidilactici* CECT 9879	Açúcar mais consumido, promove rápido crescimento	Abbasiliasi *et al*., 2017; Garrote Achou *et al*., 2025
Frutose	*Limosilactobacillus fermentum;* *Weissella cibaria* CECT 30731 e *Pediococcus acidilactici* CECT 9879	Conversão em manitol durante fermentação; Maior crescimento em comparação a outros açúcares	Kim *et al*., 2020; Garrote Achou *et al*., 2025
Xilose	*Lactococcus lactis* CECT 30734	Maior crescimento em comparação a outros açúcares	Garrote Achou *et al*., 2025
Mix de açúcares (glicose, frutose, manose, xilose)	*Lactiplantibacillus plantarum*	Capacidade de utilizar vários açúcares, versatilidade	Cui *et al*., 2021; Li *et al*., 2022

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3.2.2 Fontes de nitrogênio

As fontes de nitrogênio também exercem papel importante para o desempenho fermentativo das BAL, pois fornecem aminoácidos e peptídeos necessários à síntese de proteínas e enzimas. Em meios de cultivo comerciais, como o MRS (*de Man*, *Rogosa* e *Sharpe*), essa função é desempenhada por extrato de levedura, peptona de carne e caseína hidrolisada, que também oferecem vitaminas e minerais, garantindo rápido crescimento, alta biomassa e boa viabilidade celular. No entanto, esses ingredientes possuem custo elevado e nem sempre sustentam as exigências de todas as culturas, o que justifica a busca por alternativas mais

acessíveis e sustentáveis, como hidrolisados vegetais e subprodutos agroindustriais, capazes de manter a eficiência fermentativa das BAL (Ayivi *et al.*, 2022).

Diferentes fontes de nitrogênio demonstram impactos distintos sobre o crescimento de bactérias láticas (Tabela 2), mas evidenciam a necessidade desses nutrientes para a garantia do processo fermentativo adequado pelas bactérias do ácido lático. Cada fonte de nitrogênio contém peptídeos diferentes e, logo, cada espécie irá responder de forma diferente a cada fonte de proteína devido à particularidade das enzimas envolvidas (Ayad *et al.*, 2020).

De acordo com a literatura, fontes como o hidrolisado de sementes de ervilha tem se mostrado uma fonte de nitrogênio vegetal promissora. Um estudo com *Sporolactobacillus laevolacticus* DSM 442, verificou que o meio suplementado com o hidrolisado foi capaz de sustentar uma produção de ácido láctico, comparável ao obtido com extrato de levedura (Michalczyk *et al.*, 2021).

Já um estudo com extrato de tamareira indicou que a suplementação do substrato com diferentes fontes de nitrogênio, incluindo peptona, peptona de soja (Phytone Peptone), triptona e peptona protease nº3 (Proteose Peptone Nº3), em concentrações de 0,0; 0,2%; 0,4%; 0,6% e 0,8% (p/v) promoveu maior crescimento de *Limosilactobacillus reuteri* (Ayad *et al.*, 2020). Observou-se que o crescimento bacteriano no meio não suplementado foi muito baixo, enquanto todas as suplementações aumentaram significativamente a densidade celular de forma proporcional à concentração. Entre as fontes testadas, a peptona de soja apresentou o melhor desempenho, permitindo atingir as maiores contagens celulares na concentração de 0,8% (p/v), sendo sugerida como alternativa de baixo custo em comparação ao meio padrão MRS.

Além disso, o *Corn Steep Liquor* (CSL), subproduto do processamento úmido do milho, tem sido amplamente investigado como fonte alternativa de baixo custo. Apesar de não alcançar o mesmo desempenho do extrato de levedura em termos de crescimento celular e pureza óptica do ácido lático (proporção entre isômeros L-(+)-ácido lático e D-(+)-ácido lático), apresenta aminoácidos, vitaminas e minerais suficientes para sustentar a fermentação, sendo considerado um recurso vegetal renovável com potencial para uso industrial (Thitiprasert *et al*., 2024).

Garrote Achou *et al*. (2025) complementa esses achados ao testar diferentes fontes de nitrogênio de origem não animal. Dessa forma, fontes como hidrolisados de arroz, de ervilha e de algodão ultrafiltrado, entre outros, podem ser promissores para promover o crescimento microbiano. Nesse sentido, o hidrolisado de algodão ultrafiltrado apresentou um resultado importante para *Weissella cibaria* e a peptona de soja para *Pediococcus acidilactici* e *Lactococcus lactis*.

Os estudos apresentados demonstram que a disponibilidade de fontes de nitrogênio no substrato a ser fermentado também é fator determinante para o desempenho fermentativo das BAL, uma vez que influenciam diretamente o crescimento microbiano como demonstrado pela literatura. Assim, quando a matriz não apresenta aporte nitrogenado adequado, a suplementação nutricional torna-se uma estratégia necessária para garantir condições nutricionais mínimas e assegurar a eficiência da fermentação.

Tabela 2: Resultados de estudos sobre suplementação de nitrogênio em bactérias ácido-láticas.

Fonte de Nitrogênio	**Origem/Tipo**	**Microrganismo(s)**	**Aplicação/Impacto**	**Referência**
Extrato de levedura, peptona, caseína (MRS)	Animal/microbiano	Diversas BAL	Crescimento rápido, biomassa elevada, mas custo alto	Ayivi *et al*., 2022
Peptona de soja	Vegetal	*Pediococcus acidilactici* CECT 9879 e *Lactococcus lactis* CECT 30734	Impacto significativo no crescimento	Garrote Achou *et al*., 2025
Hidrolisado de algodão ultrafiltrado	Vegetal	*Weissella cibaria* CECT 30731	Alternativa para crescimento	Garrote Achou *et al*., 2025
Hidrolisado de ervilha	Vegetal	*Sporolactobacillus laevolacticus* DSM 442	Produção de ácido lático comparável ao extrato de levedura	Michalczyk *et al*., 2021
Extrato de tamareira suplementado com peptonas (0,2–0,8% p/v)	Vegetal	*Limosilactobacillus reuteri*	Aumento do crescimento microbiano; peptona de soja mais eficiente	Ayad *et al*., 2020
***Corn steep liquor* (CSL)**	Vegetal/subproduto	*Sporolactobacillus terrae* SBT-1	Alternativa de baixo custo; desempenho inferior ao extrato de levedura	Thitiprasert *et al*., 2024

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

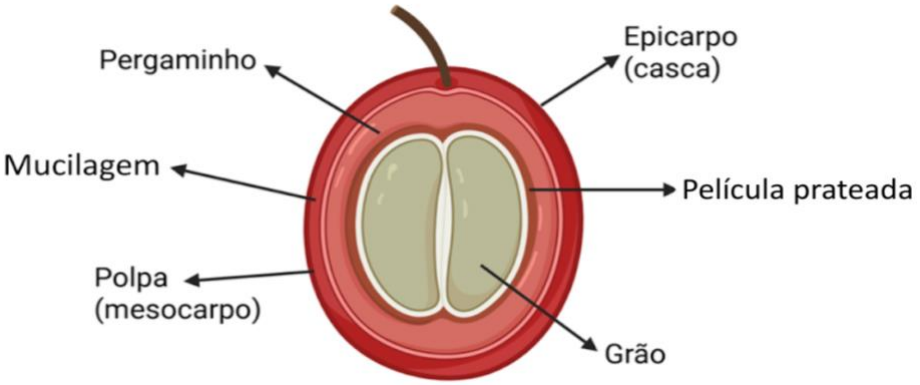
Dessa maneira, haja vista a importância das fontes de carbono e de nitrogênio para o desempenho fermentativo das BAL, torna-se necessário analisar essas exigências nutricionais em matrizes vegetais promissoras para fermentação. Nesse contexto, os subprodutos do café surgem como exemplos de substratos, devido à sua ampla disponibilidade e diversidade de compostos bioativos.

3.3 Subprodutos do café como matrizes fermentativas

Estudos em café têm demonstrado que a fermentação lática pode aumentar a acidez dos grãos verdes, promover a formação de compostos aromáticos como furfurais e preservar a acidez e doçura nos cafés torrados (Wang *et al*., 2020a). Além disso, a adição de cepas bacterianas individuais ou em combinação pode gerar efeitos sinérgicos, aumentando a complexidade do sabor do café (Wang *et al*., 2020b).

Embora os frutos do café sejam a parte mais amplamente utilizada devido à sua destinação para a produção da bebida do café, estudos recentes têm evidenciado, de maneira promissora e sustentável, o potencial de aproveitamento de outras partes da planta (Acidri *et al.*, 2020; Prandi *et al.*, 2021). Essas partes, anteriormente tratadas como resíduos agroindustriais, principalmente partes do fruto do café (Figura 1), vêm sendo valorizadas como subprodutos com valor agregado, apresentando diversas finalidades e propriedades funcionais relevantes.

Figura 1: Fruto do café.



Fonte: Criado em BioRender. Fernandes, M. B. (2025). *BioRender.com*

Na produção cafeeira, após a colheita dos frutos do café, faz-se processamentos para obtenção do café beneficiado (café verde). Dessa maneira, existem diferentes formas de

processamento, como o processamento a seco ou úmido. No processo a seco, imediatamente após serem colhidos, os frutos são espalhados e secos ao sol. Após a secagem, a polpa, o pergaminho e partes da película prateada são removidas com uma máquina de descascar (Esquivel; Jiménez, 2012; Klingel *et al.*, 2020). Já no processamento úmido, a casca é eliminada e a polpa dos frutos do café é removida, ou por meio de processos mecânicos ou fermentativos. Posteriormente, os grãos são lavados com água abundante e secos (Klingel *et al.*, 2020; Serna-Jiménez *et al.*, 2022).

Assim, após esses processamentos, os subprodutos formados como a polpa, a casca, o pergaminho e a película prateada, além das folhas, das flores e da borra de café usada são geralmente descartados e pouco explorados para possíveis aplicações (Iriondo-DeHond; Iriondo-DeHond; Del Castillo, 2020); Durán-Aranguren *et al.*, 2021). Nesse sentido, a adoção de estratégias de *upcycling* para o aproveitamento dos subprodutos do café representa um avanço essencial para a sustentabilidade dessa cadeia produtiva, uma vez que permite a conversão de resíduos de baixo valor econômico em insumos de alto valor agregado (Ufitikirezi *et al*., 2024).

Esses subprodutos surgem como candidatos promissores para aplicação em processos fermentativos, não apenas pela sua ampla disponibilidade, mas também pela diversa composição fitoquímica, que pode ser potencializada pelas bactérias do ácido lático (Beltrán-Medina *et al.*, 2020; Lee *et al*., 2023). Dessa maneira, investigações químicas verificaram uma ampla gama de compostos bioativos em subprodutos da cadeia do café, como xantonas, flavonoides glicosídeos, ácidos clorogênicos, ésteres de ácidos graxos e esteróis, bem como neomangiferina bioativa, kaempferol-3-O-rutinosídeo, lup-20(29)-eno-3-ona (lupenona) e ácido 3,4-dimetoxicinâmico (Rodrigues Da Silva *et al.*, 2022).

Dessa forma, há estudos que demonstraram a utilização desses subprodutos como substratos para processos fermentativos e os respectivos resultados. Por exemplo, na polpa de café, a fermentação por *Lactiplantibacillus plantarum* promoveu a quebra de fenólicos e aumento da atividade antioxidante (Myo; Nantarat; Khat-Udomkiri, 2021). Outro exemplo ainda relacionado à polpa inclui a fermentação por BAL indígenas (*Leuconostoc pseudomesenteroides*) por meio da aeração responsável por aumentar o teor de fenólicos e a atividade antioxidante, resultando em casca mais funcional (Oktaviani *et al.*, 2020). Já nos grãos de café verde, *Lactobacillus johnsonii* converteu seletivamente o ácido cafeico em 4-vinilcatecol em 48 horas, sem formação de derivados indesejados como 4-vinilfenol (Bel-Rhlid *et al*., 2013).

Conforme os achados da literatura, é possível inferir que o emprego do processo fermentativo nos subprodutos do café é mais vantajoso que apenas a extração dos compostos bioativos das matrizes, haja vista que a fermentação pode contribuir diretamente para o aumento da liberação de compostos funcionais conjugados, bem como conversão destes, resultando em produtos mais funcionais e de alto valor agregado. Todavia, a composição nutricional desses subprodutos deve ser analisada, a fim de se verificar a necessidade de suplementação de fontes de carbono, bem como fontes de nitrogênio.

3.4 Suplementação de subprodutos do café empregados em processos fermentativos

Os diferentes subprodutos do café apresentam uma composição química distinta, o que culmina em um perfil nutricional que pode variar entre eles (Iriondo-DeHond; Iriondo-DeHond; Del Castillo, 2020). Alguns dos subprodutos como mucilagem e a polpa, contêm açúcares, incluindo sacarose, glicose e frutose, que servem como fontes essenciais de carbono para o metabolismo microbiano durante a fermentação (Polanía Rivera *et al*., 2024). Também incluem quantidades significativas de proteínas, ácidos orgânicos e minerais como potássio, magnésio e cálcio, que coletivamente apoiam o crescimento e a atividade microbiana (Gil-Gómez; Florez-Pardo; Leguizamón-Vargas, 2024).

Porém, é importante destacar que cada matriz tem uma composição individual e cada subproduto apresenta teores distintos de nutrientes como proteínas, carboidratos, gordura e fibras. Desse modo, a verificação da disponibilidade do teor de açúcares fermentáveis e de aminoácidos livres é fundamental, uma vez que pode ser insuficiente para atender plenamente às exigências metabólicas das bactérias ácido-láticas (Gil-Ramírez *et al*., 2024; Machado *et al*., 2023).

Tal consideração é válida para subprodutos como a borra de café, uma vez que a extração aquosa do pó de café, realizada para o preparo da bebida, remove os compostos solúveis, sendo a borra formada majoritariamente por carboidratos estruturais, com predominância de açúcares polimerizados em estruturas de celulose e hemicelulose (Mussatto *et al.*, 2011).

O mesmo ocorre para a película prateada, subproduto que apresenta um conteúdo significativo de fibras dietéticas, sobretudo insolúveis, o que também implica em uma baixa disponibilidade de açúcares livres, visto que a maior parte dos carboidratos está organizada em polímeros pouco solúveis. Além disso, durante a torrefação, os açúcares redutores ainda presentes na película prateada podem participar de reações de *Maillard* com aminoácidos, para

formação de melanoidinas, reduzindo ainda mais a disponibilidade tanto de açúcares livres quanto de aminoácidos prontos para serem assimilados (Gottstein *et al.*, 2021; Iriondo-DeHond; Iriondo-DeHond; Del Castillo, 2020).

Ademais, um estudo analisou que subprodutos como pergaminho e película prateada apresentam uma quantidade expressiva de carboidratos totais, sendo a maior parte associada a fibras solúveis e insolúveis, mas apenas uma pequena parcela desses valores representa açúcares prontos para serem assimilados para processos fermentativos. Por exemplo, com um teor de fibra alimentar total de mais de 94%, o pergaminho apresenta apenas 3,32% de carboidratos disponíveis, assim como a película prateada que com 65,87% de fibra alimentar total, somente 5,44% correspondem aos açúcares acessíveis ao metabolismo microbiano. Esses dados confirmam que, esses subprodutos concentram açúcares estruturais, entretanto, a fração fermentável é limitada, o que justifica a necessidade de suplementação nutricional para otimizar a fermentação por bactérias do ácido lático (Machado *et al.*, 2023).

Em consonância, em resultados reportados por Frómeta; Sánchez; García (2020), ao analisarem a fração insolúvel em álcool da polpa do café, foi verificada a presença de celulose, hemicelulose e pectina, polissacarídeos estruturais característicos de parede celular, mas pouco assimiláveis por BAL. De modo semelhante, Gil-Ramírez *et al.* (2024), demonstraram que um extrato de polpa de café embora tenha apresentado um teor de 70% de carboidratos totais, continha apenas um pouco mais que 40% de carboidratos disponíveis, sendo a frutose o monossacarídeo principal encontrado.

O perfil de aminoácidos dos subprodutos do café também é importante para fornecer os peptídeos necessários para o uso pelas BAL. Alguns subprodutos, como é o caso da película prateada do café, podem oferecer uma fração proteica relevante, com aminoácidos em níveis consideráveis capazes de sustentar parcialmente o metabolismo das BAL. Entretanto, o perfil disponível não supre integralmente as exigências nutricionais desses microrganismos, uma vez que determinados aminoácidos essenciais, como a metionina, encontram-se ausentes na forma livre ou em concentrações limitantes (Machado *et al.*, 2020).

Além disso, a presença de compostos nitrogenados como cafeína pode ser observada como parte do teor total de proteínas presentes, mas sem refletir de forma genuína o conteúdo de aminoácidos disponíveis para os microrganismos (Prandi *et al.*, 2021). Pode-se inferir também que de acordo com a espécie de café a ser utilizada, os níveis de aminoácidos apresentem diferenças e podem ser passíveis de suplementação, sendo relatado na literatura, por exemplo, que os grãos de café arábica são caracterizados por possuir menores concentrações

de aminoácidos livres em comparação aos grãos do café robusta (Portillo Rodríguez; Arévalo, 2024).

A necessidade de suplementação em matrizes derivadas do café tem sido consistentemente demonstrada em estudos mais recentes na literatura. Yildirim (2025) relatou que bebidas obtidas de grãos de café claros e escuros foram suplementadas com 7% de sacarose, com ou sem a adição de borra como co-substrato, o que se mostrou essencial para sustentar a atividade fermentativa tanto do SCOBY quanto de *Lactiplantibacillus plantarum*.

Sales *et al.* (2024) inferiram de modo indireto a importância da suplementação, visto que partiu da premissa de que a sacarose é indispensável para sustentar o crescimento, justamente por saber que sem fonte de carbono não haveria fermentação significativa. Logo, os resultados demonstram que houve crescimento em virtude da redução progressiva do açúcar ao longo de nove dias, acompanhada por aumento da acidez e formação de ácidos orgânicos.

Verifica-se, contudo, uma arbitrariedade nas concentrações utilizadas nesses diferentes estudos; cada trabalho utiliza parâmetros e porcentagens distintas de suplementos, o que dificulta uma maior padronização e comparação entre as pesquisas. Somado a isso, verifica-se a escassez de experimentos de suplementação em subprodutos do café, o que dificulta a sistematização dessa estratégia.

4. **Conclusões**

Esta revisão demonstra que a disponibilidade adequada de fontes de carbono e de nitrogênio é essencial para otimizar o desempenho fermentativo das bactérias ácido-láticas, pois tem impacto direto tanto na eficiência de crescimento microbiano. Assim, a estratégia de realizar uma suplementação nutricional torna-se um potencial recurso que pode ser utilizado para suprir os déficits nutricionais em substratos a serem fermentados por BAL. No contexto dos subprodutos do café, apesar de apresentarem teores significativos de compostos funcionais, podem necessitar de suprimentos de açúcares e aminoácidos disponíveis em níveis adequados para sustentar o crescimento adequado das bactérias láticas.

Dessa maneira, associar a suplementação nutricional à fermentação ácido-lática é de extrema relevância e se configura como alternativa promissora para atender os requisitos nutricionais de cada espécie e para explorar os subprodutos do café. Apesar disso, o tema ainda é pouco explorado na literatura; faltam estudos que comparem diferentes tipos e concentrações de suplementos, assim como maiores investigações de custo e benefício e padronizações de uso.

5. **Referências**

ABBASILIASI, S. et al. Fermentation factors influencing the production of bacteriocins by lactic acid bacteria: a review. **RSC Advances**, [s. l.], v. 7, n. 47, p. 29395–29420, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1039/C6RA24579J.

ACIDRI, R. *et al.* Phytochemical Profile and Antioxidant Capacity of Coffee Plant Organs Compared to Green and Roasted Coffee Beans. **Antioxidants**, [*s. l.*], v. 9, n. 2, p. 93, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/antiox9020093.

AYAD, A. A. *et al.* Nitrogen Sources Effect on Lactobacillus reuteri Growth and Performance Cultivated in Date Palm (Phoenix dactylifera L.) By-Products. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 6, n. 3, p. 64, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation6030064.

AYIVI, R. D. *et al.* The impact of alternative nitrogen sources on the growth and viability of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. **Journal of Dairy Science**, [*s. l.*], v. 105, n. 10, p. 7986–7997, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2022-21971.

BEL-RHLID, R. *et al.* Biotransformation of caffeoyl quinic acids from green coffee extracts by Lactobacillus johnsonii NCC 533. **AMB Express**, [*s. l.*], v. 3, n. 1, p. 28, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1186/2191-0855-3-28.

BELTRÁN-MEDINA, E. A. *et al.* Evaluation of the Use of a Coffee Industry By-Product in a Cereal-Based Extruded Food Product. **Foods**, [*s. l.*], v. 9, n. 8, p. 1008, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods9081008.

CUI, Y. *et al.* The Carbohydrate Metabolism of Lactiplantibacillus plantarum. **International Journal of Molecular Sciences**, [*s. l.*], v. 22, n. 24, p. 13452, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijms222413452.

DA SILVA VALE, A. *et al.* Exploring Microbial Diversity of Non-Dairy Fermented Beverages with a Focus on Functional Probiotic Microorganisms. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 9, n. 6, p. 496, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation9060496.

DE MONTIJO-PRIETO, S. *et al.* Impact of Lactic Acid Bacteria Fermentation on Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Avocado Leaf Extracts. **Antioxidants**, [*s. l.*], v. 12, n. 2, p. 298, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/antiox12020298.

DURÁN-ARANGUREN, D. *et al.* Scientometric Overview of Coffee By-Products and Their Applications. **Molecules**, [*s. l.*], v. 26, n. 24, p. 7605, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules26247605.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, [*s. l.*], v. 46, n. 2, p. 488–495, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028.

FILANNINO, P.; DI CAGNO, R.; GOBBETTI, M. Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth. **Current Opinion in Biotechnology**, [*s. l.*], v. 49, Food biotechnology Plant biotechnology, p. 64–72, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.07.016.

FRÓMETA, R. A. R.; SÁNCHEZ, J. L.; GARCÍA, J. M. R. Evaluation of coffee pulp as substrate for polygalacturonase production in solid state fermentation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, [*s. l.*], p. 117, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i2.2068.

GARROTE ACHOU, C. *et al.* Evaluation of Different Nutritional Sources in Lactic Acid Bacteria Fermentation for Sustainable Postbiotic Production. **Foods**, [*s. l.*], v. 14, n. 4, p. 649, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods14040649.

GIL-GÓMEZ, J. A.; FLOREZ-PARDO, L. M.; LEGUIZAMÓN-VARGAS, Y. C. Valorization of coffee by-products in the industry, a vision towards circular economy. **Discover Applied Sciences**, [*s. l.*], v. 6, n. 9, p. 480, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s42452-024-06085-9.

GIL-RAMÍREZ, A. *et al.* Unveiling the Nutritional Profile and Safety of Coffee Pulp as a First Step in Its Valorization Strategy. **Foods**, [*s. l.*], v. 13, n. 18, p. 3006, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods13183006.

GOTTSTEIN, V. *et al.* Coffee Silver Skin: Chemical Characterization with Special Consideration of Dietary Fiber and Heat-Induced Contaminants. **Foods**, [*s. l.*], v. 10, n. 8, p. 1705, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods10081705.

GUSTAW, K. *et al.* New Insight into Bacterial Interaction with the Matrix of Plant-Based Fermented Foods. **Foods**, [*s. l.*], v. 10, n. 7, p. 1603, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods10071603.

IRIONDO-DEHOND, A.; IRIONDO-DEHOND, M.; DEL CASTILLO, M. D. Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. **Biomolecules**, [*s. l.*], v. 10, n. 9, p. 1219, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/biom10091219.

KIM, K. H. *et al.* Genomic and metabolic features of Lactobacillus sakei as revealed by its pan-genome and the metatranscriptome of kimchi fermentation. **Food Microbiology**, [*s. l.*], v. 86, p. 103341, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103341.

KLINGEL, T. *et al.* A Review of Coffee By-Products Including Leaf, Flower, Cherry, Husk, Silver Skin, and Spent Grounds as Novel Foods within the European Union. **Foods**, [*s. l.*], v. 9, n. 5, p. 665, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods9050665.

LEE, Y.-G. *et al.* Value-Added Products from Coffee Waste: A Review. **Molecules**, [*s. l.*], v. 28, n. 8, p. 3562, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules28083562.

LI, R. *et al.* The investigation on the characteristic metabolites of Lactobacillus plantarum RLL68 during fermentation of beverage from by-products of black tea manufacture. **Current Research in Food Science**, [*s. l.*], v. 5, p. 1320–1329, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.07.014.

LIU, Lihua *et al.* Biotransformation of Polyphenols in Apple Pomace Fermented by β-Glucosidase-Producing Lactobacillus rhamnosus L08. **Foods**, [*s. l.*], v. 10, n. 6, p. 1343, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods10061343.

LOO, J. S. *et al.* Comprehensive Review of Strategies for Lactic Acid Bacteria Production and Metabolite Enhancement in Probiotic Cultures: Multifunctional Applications in

Functional Foods. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 11, n. 5, p. 241, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation11050241.

MACHADO, M. *et al.* Bioactive Potential and Chemical Composition of Coffee By-Products: From Pulp to Silverskin. **Foods**, [*s. l.*], v. 12, n. 12, p. 2354, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods12122354.

MACHADO, M. *et al.* Coffee by-products: An underexplored source of prebiotic ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [*s. l.*], v. 64, n. 20, p. 7181–7200, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2181761.

MACHADO, S. *et al.* A study on the protein fraction of coffee silverskin: Protein/non-protein nitrogen and free and total amino acid profiles. **Food Chemistry**, [*s. l.*], v. 326, p. 126940, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126940.

MARCO, M. L. *et al.* Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. **Current Opinion in Biotechnology**, [*s. l.*], v. 44, p. 94–102, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010.

MARTINO, M. E. *et al.* Nomadic lifestyle of *Lactobacillus plantarum* revealed by comparative genomics of 54 strains isolated from different habitats. **Environmental Microbiology**, [*s. l.*], v. 18, n. 12, p. 4974–4989, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1462-2920.13455.

MICHALCZYK, A. K. *et al.* Influence of Nitrogen Sources on D-Lactic Acid Biosynthesis by Sporolactobacillus laevolacticus DSM 442 Strain. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 7, n. 2, p. 78, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation7020078.

MINERVINI, F. *et al.* Lactic Acid Bacteria in Durum Wheat Flour Are Endophytic Components of the Plant during Its Entire Life Cycle. **Applied and Environmental Microbiology**, [*s. l.*], v. 81, n. 19, p. 6736–6748, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1128/aem.01852-15.

MOKOENA, M. P. Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [*s. l.*], v. 22, n. 8, p. 1255, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules22081255.

MUSSATTO, S. I. *et al.* A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. **Carbohydrate Polymers**, [*s. l.*], v. 83, n. 2, p. 368–374, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.063.

MYO, H.; NANTARAT, N.; KHAT-UDOMKIRI, N. Changes in Bioactive Compounds of Coffee Pulp through Fermentation-Based Biotransformation Using Lactobacillus plantarum TISTR 543 and Its Antioxidant Activities. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 7, n. 4, p. 292, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation7040292.

OKTAVIANI, L. *et al.* Fermentation of coffee pulp using indigenous lactic acid bacteria with simultaneous aeration to produce cascara with a high antioxidant activity. **Heliyon**, [*s. l.*], v. 6, n. 7, p. e04462, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04462.

PALLAVI, R.; K, M. K. An overview: Industrial application of amylolytic lactic acid bacteria. **The Pharma Innovation Journal**, [*s. l.*], v. 12, n. 10, p. 101–104, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376398238_An_overview_Industrial_application_of_amylolytic_lactic_acid_bacteria.

PIWOWAREK, K. *et al.* Use of Propionibacterium freudenreichii T82 Strain for Effective Biosynthesis of Propionic Acid and Trehalose in a Medium with Apple Pomace Extract and Potato Wastewater. **Molecules**, [*s. l.*], v. 26, n. 13, p. 3965, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules26133965.

POLANÍA RIVERA, A. M. *et al.* From Waste to Taste: Coffee By-Products as Starter Cultures for Sustainable Fermentation and Improved Coffee Quality. **Sustainability**, [*s. l.*], v. 16, n. 23, p. 10763, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su162310763.

PORTILLO RODRÍGUEZ, O. R.; ARÉVALO, A. C. The coffee bean nitrogenous compounds. A critical review of contemporary scientific literature. *In*: 22nd LACCEI international multi-conference for engineering, education and technology (LACCEI 2024): "sustainable engineering for a diverse, equitable, and inclusive future at the service of education, research, and industry for a society 5.0.", 2024. **Proceedings of the 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2024): "Sustainable Engineering for a Diverse, Equitable, and Inclusive Future at the Service of Education, Research, and Industry for a Society 5.0."** [*S. l.*]: Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2024. Disponível em: https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/meta/FP501.html. Acesso em: 21 set. 2025.

PRANDI, B. *et al.* Extraction and Chemical Characterization of Functional Phenols and Proteins from Coffee (Coffea arabica) By-Products. **Biomolecules**, [*s. l.*], v. 11, n. 11, p. 1571, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/biom11111571.

PUNIA BANGAR, S. *et al.* Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach. **Food Bioscience**, [*s. l.*], v. 46, p. 101615, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101615.

RODRIGUES DA SILVA, M. *et al.* Metabolite characterization of fifteen by-products of the coffee production chain: From farm to factory. **Food Chemistry**, [*s. l.*], v. 369, p. 130753, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130753.

ROUZIC, M. L. et al. Lactobacillus use for plant fermentation: New ways for plant-based product Vvalorization. In: Lactobacillus – a multifunctional genus. [S. l.]: **IntechOpen**, 2022. Disponível em: https://www.intechopen.com/chapters/81934. Acesso em: 31 jul. 2025.

RUIZ RODRÍGUEZ, L. G. *et al.* Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. **Food Research International**, [*s. l.*], v. 140, p. 109854, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854.

SALES, A. L. *et al.* Volatilome, Microbial, and Sensory Profiles of Coffee Leaf and Coffee Leaf-Toasted Maté Kombuchas. **Foods**, [*s. l.*], v. 13, n. 3, p. 484, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods13030484.

SERNA-JIMÉNEZ, J. A. *et al.* A Review on the Applications of Coffee Waste Derived from Primary Processing: Strategies for Revalorization. **Processes**, [*s. l.*], v. 10, n. 11, p. 2436, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/pr10112436.

SHEN, Y. *et al.* Increases in Phenolic, Fatty Acid, and Phytosterol Contents and Anticancer Activities of Sweet Potato after Fermentation by *Lactobacillus acidophilus*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [*s. l.*], v. 66, n. 11, p. 2735–2741, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05414.

SILVA, J. F. M. *et al.* Searching for antibiotic-susceptible bioprotective lactic acid bacteria to control dangerous biological agents in artisanal cheese. **Food Microbiology**, [*s. l.*], v. 130, p. 104762, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104762.

TERÁN, L. C. *et al.* Phylogenomic Analysis of Lactobacillus curvatus Reveals Two Lineages Distinguished by Genes for Fermenting Plant-Derived Carbohydrates. **Genome Biology and Evolution**, [*s. l.*], v. 10, n. 6, p. 1516–1525, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1093/gbe/evy106.

THITIPRASERT, S. *et al.* Association between organic nitrogen substrates and the optical purity of d-lactic acid during the fermentation by Sporolactobacillus terrae SBT-1. **Scientific Reports**, [*s. l.*], v. 14, n. 1, p. 10522, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-024-61247-4.

UFITIKIREZI, J. D. D. M. *et al.* Agricultural Waste Valorization: Exploring Environmentally Friendly Approaches to Bioenergy Conversion. **Sustainability**, [*s. l.*], v. 16, n. 9, p. 3617, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su16093617.

USDA. **Enzymes, Microorganisms, and Yeast Handling: Limited Scope Technical Report.** 2024. Disponível em:https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/2024LimitedScopeTechnicalReportEnzymesMicroorganismsAndYeastHandling.pdf. Acesso em: 06 set. 2025.

VERCE, M.; DE VUYST, L.; WECKX, S. Comparative genomics of Lactobacillus fermentum suggests a free-living lifestyle of this lactic acid bacterial species. **Food Microbiology**, [*s. l.*], v. 89, p. 103448, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103448.

WANG, C. *et al*. Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by Lactococcus lactis subsp. cremoris. **LWT**, v. 120, p. 108930, 1 fev. 2020a. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109452.

WANG, C. *et al*. Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by Saccharomyces cerevisiae and Pichia kluyveri: Part II. Mixed cultures with or without lactic acid bacteria. **Food Research International**, v. 136, p. 109452, out. 2020b. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109588.

WANG, H. *et al.* Characterizing metabolites and biotransformation in lactic acid bacteria fermented Millennium cherry tomato juice using integrated analytical tools. **Food Chemistry**, [*s. l.*], v. 492, p. 145447, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145447.

WU, C. *et al.* Effects of lactic acid fermentation-based biotransformation on phenolic profiles, antioxidant capacity and flavor volatiles of apple juice. **LWT**, [*s. l.*], v. 122, p. 109064, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109064.

YANG, X. *et al.* Effect of Lactic Acid Bacteria Fermentation on Plant-Based Products. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 10, n. 1, p. 48, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation10010048.

YILDIRIM, R. M. Fermentation of Light and Dark Bean Coffee Brews with SCOBY and Lactic Acid Bacteria. **Fermentation**, [*s. l.*], v. 11, n. 3, p. 158, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation11030158.

ZHENG, J. *et al.* A taxonomic note on the genus Lactobacillus: Description of 23 novel genera, emended description of the genus Lactobacillus Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, [*s. l.*], v. 70, n. 4, p. 2782–2858, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107.

6. **Declaração de conflito de interesse**

Não possuímos conflitos de interesse de natureza financeira, comercial, política, acadêmica ou pessoal que possam influenciar de forma inadequada a elaboração, análise, interpretação ou publicação deste manuscrito.