

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS, ALIMENTOS E NUTRIÇÃO  
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN: O impacto da fermentação natural**

ISABELE RODRIGUES DA SILVA

CAMPO GRANDE - MS

2026

ISABELE RODRIGUES DA SILVA

PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN: O impacto da fermentação natural

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Thaisa Carvalho Volpe Balbinoti

Campo Grande MS

2026

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
<b>3. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>8</b>
3.1. FERMENTAÇÃO NATURAL: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN.....	9
3.2. IMPACTOS DA FERMENTAÇÃO NATURAL NA PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN.....	11
3.2.1. Qualidade Sensorial.....	11
3.2.2. Valor Nutricional.....	12
3.2.3. Potencial Funcional.....	14
3.2.4. Conceito de Clean Label.....	16
3.2.5. Sustentabilidade.....	18
3.3 MATÉRIAS-PRIMAS ISENTAS DE GLÚTEN APLICADAS À PANIFICAÇÃO.....	20
3.4. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	21
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## RESUMO

A panificação sem glúten tem se destacado como uma área de crescente interesse científico e tecnológico, impulsionada tanto pelo maior reconhecimento clínico dos transtornos relacionados ao glúten quanto pelo aumento da demanda por produtos isentos dessa rede proteica. No entanto, a ausência do glúten representa um desafio significativo para a indústria de panificação, uma vez que compromete propriedades estruturais essenciais da massa, como elasticidade, retenção de gases e qualidade sensorial do produto final. Nesse contexto, a fermentação natural surge como uma alternativa promissora, capaz de melhorar características tecnológicas, nutricionais e funcionais de produtos sem glúten. O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica integrativa, realizada a partir da análise de artigos científicos, com o objetivo de investigar o impacto da fermentação natural na panificação sem glúten. Foram abordados aspectos relacionados à qualidade sensorial, valor nutricional, potencial funcional, conceito de *clean label* e sustentabilidade. Os resultados evidenciam que a fermentação natural contribui significativamente para a melhoria da textura, volume e aroma dos produtos, além de aumentar a biodisponibilidade de nutrientes e promover a formação de compostos bioativos. Adicionalmente, essa tecnologia permite a redução do uso de aditivos artificiais, atendendo às demandas atuais dos consumidores por alimentos mais naturais. Apesar dos avanços observados, ainda existem lacunas na literatura, especialmente relacionadas à padronização dos processos fermentativos, à variabilidade microbiológica e à compreensão das interações entre microrganismos e matrizes sem glúten. Dessa forma, destaca-se a necessidade de estudos que aprofundem o conhecimento sobre a aplicação da fermentação natural nesse contexto. Portanto, que a fermentação natural representa uma estratégia inovadora e promissora para o desenvolvimento de produtos panificados sem glúten com melhor qualidade sensorial, nutricional e funcional, contribuindo para atender tanto às necessidades de consumidores com restrições alimentares quanto às demandas da indústria por produtos diferenciados e de maior valor agregado.

**Palavras-chave:** Processos Fermentativos; Matrizes sem Glúten; Qualidade Sensorial; *Clean Label*; Sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A panificação ocupa um papel central na alimentação humana, sendo responsável pela produção de alimentos amplamente consumidos, como pães, bolos e biscoitos, presentes diariamente na dieta de diversas populações ao redor do mundo (CANELLA-RAWLS, 2012; MANZA et al., 2025).

Historicamente, o pão é considerado um dos alimentos mais antigos da humanidade, com registros desde o período neolítico, evidenciando sua relevância cultural, social e econômica ao longo do tempo (CANELLA-RAWLS, 2012). Além de seu valor simbólico, a panificação constitui um importante setor da indústria alimentícia, movimentando cadeias produtivas e atendendo à demanda constante por alimentos práticos e acessíveis (CANELLA-RAWLS, 2012; NAQASH et al., 2017).

Nos últimos anos, observa-se um crescimento significativo na demanda por produtos sem glúten, impulsionado tanto por questões médicas quanto por tendências de consumo (SAPONE et al., 2012; LUDVIGSSON et al., 2013; NAQASH et al., 2017). Do ponto de vista clínico, condições como a doença celíaca, alergia ao trigo e sensibilidade ao glúten não celíaca têm levado à exclusão do glúten da dieta de muitos indivíduos (SAPONE et al., 2012; LUDVIGSSON et al., 2013). Além disso, houve um aumento no interesse por dietas associadas à saúde e bem-estar, o que tem ampliado o consumo de produtos sem glúten mesmo entre pessoas sem diagnóstico clínico (HASSAN et al., 2024; MUSIIENKO et al., 2025; NAQASH et al., 2017). Pesquisas recentes indicam que a popularização do movimento *clean label* e a valorização de alimentos naturais e livres de aditivos artificiais influenciam diretamente o aumento do consumo de produtos sem glúten (ASIOLI et al., 2017; ASCHEMANN-WITZEL et al., 2019; MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021). Dessa forma, a dieta sem glúten deixou de ser exclusivamente terapêutica e passou a integrar estilos de vida associados à saúde e qualidade de vida (HASSAN et al., 2024; MUSIIENKO et al., 2025).

Esse cenário reflete diretamente no mercado alimentício, que apresenta crescimento contínuo no desenvolvimento e comercialização de produtos destinados ao público que busca alimentos sem glúten. Dados recentes apontam que o mercado global de produtos sem glúten deverá ultrapassar US\$ 14 bilhões em 2025, impulsionado tanto pelo aumento de diagnósticos de doença celíaca, alergia ao trigo

e sensibilidade ao glúten não celíaca quanto pela crescente dos consumidores que associam a dieta sem glúten à saúde, bem-estar e qualidade de vida (GRAND VIEW RESEARCH, 2025; HASSAN et al., 2024).

Estudos demonstram que a ausência do glúten continua sendo um desafio na indústria de panificação, pois compromete propriedades fundamentais da massa, como elasticidade, retenção de gases e estrutura do miolo, resultando em produtos com menor volume, textura inadequada e baixa aceitação sensorial (DEMIRKESEN et al., 2010; VALLONS et al., 2011; MANZA et al., 2025). Como alternativa, diversos trabalhos científicos têm investigado o uso de ingredientes e tecnologias para minimizar essas limitações e melhorar a qualidade dos produtos sem glúten, como a incorporação de amidos modificados, hidrocoloides e proteínas vegetais. O uso combinado de tais ingredientes tem contribuído com maior maciez, aumento do volume específico e melhor aceitação sensorial em produtos panificados sem glúten (SCIARINI et al., 2012; HORSTMANN et al., 2017; HASSAN et al., 2024).

Ademais, estudos têm demonstrado que o uso de farinhas alternativas, como de arroz, sorgo e pseudocereais, pode contribuir para o aumento do valor nutricional dos produtos, embora ainda apresente limitações estruturais (BASSINELLO et al., 2017; AGRÉGAN et al., 2023).

Além disso, a aplicação de enzimas, emulsificantes e aditivos tecnológicos tem sido amplamente empregada na tentativa de compensar a ausência da rede de glúten e melhorar a qualidade dos produtos panificados sem glúten (SCIARINI et al., 2012; BORGES; SALAS-MELLADO, 2016; HORSTMANN; LYNCH; ARENDT, 2017). Contudo, embora esses ingredientes promovam avanços tecnológicos importantes, muitos produtos ainda apresentam limitações sensoriais, como textura inadequada, sabor residual e baixa aceitabilidade pelos consumidores (NAQASH et al., 2017; MUSIIENKO et al., 2025).

Mais recentemente, a fermentação natural tem sido investigada como uma alternativa promissora para melhorar as propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais de produtos sem glúten (RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023; OLOJEDE et al., 2022; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023). Estudos demonstram que esse processo pode aumentar o volume específico, melhorar a textura e promover o desenvolvimento de compostos aromáticos, contribuindo para maior aceitação pelo consumidor (WOO et al., 2023; MOTA et al., 2025). Além disso, a fermentação

natural favorece a formação de compostos bioativos e a redução de fatores antinutricionais, agregando valor funcional aos produtos (OLOJEDE et al., 2022).

No entanto, apesar do crescente número de estudos sobre fermentação natural aplicada à panificação sem glúten, observa-se que há escassez de trabalhos de revisão que sistematizam e analisem criticamente os avanços científicos nessa área. Dessa forma, torna-se necessário consolidar o conhecimento disponível, identificar lacunas e compreender melhor o potencial dessa tecnologia no desenvolvimento de produtos inovadores.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica integrativa, o impacto da fermentação natural na panificação sem glúten, com ênfase em seus efeitos sobre a qualidade tecnológica, sensorial, nutricional e funcional dos produtos. A relevância da pesquisa se justifica tanto pelo potencial de contribuição para consumidores com restrições alimentares, quanto pelo interesse crescente da indústria alimentícia no desenvolvimento de produtos sem glúten com maior qualidade, aceitação e apelo comercial. Além disso, a fermentação natural se destaca como uma estratégia alinhada ao conceito de *clean label*, à inovação tecnológica e à sustentabilidade, ampliando as possibilidades de desenvolvimento de alimentos mais naturais e de maior valor agregado.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica integrativa, realizada por meio da identificação, seleção, análise e síntese de artigos científicos sobre a aplicação da fermentação natural na panificação sem glúten.

A busca foi conduzida nas bases de dados Periódicos CAPES, SciELO e ScienceDirect, PubMed, considerando publicações em português e inglês, publicadas a partir de 2010. Para a pesquisa, foram utilizados os descritores *baking*, *natural fermentation*, *gluten-free*, *clean label*, *bread* e *sourdough*, empregados de forma isolada e combinada com o operador booleano AND.

Após a triagem dos estudos com base na leitura dos títulos e resumos, foram selecionados 49 artigos científicos para compor a revisão. Os estudos foram analisados e organizados em categorias temáticas relacionadas à qualidade

sensorial, valor nutricional, potencial funcional, conceito de *clean label* e sustentabilidade.

O trabalho foi desenvolvido com o apoio de inteligência artificial (ChatGPT), exclusivamente para o aprimoramento da escrita, revisão da organização textual e auxílio na conferência de referências bibliográficas. O uso da ferramenta ocorreu de forma ética e responsável, sem comprometer a autoria intelectual, a análise crítica e os resultados apresentados no estudo.

### **3. DESENVOLVIMENTO**

Os produtos à base de cereais estão entre os alimentos mais consumidos no Brasil e no mundo, destacando-se pães, bolos, biscoitos e outros itens amplamente presentes na alimentação cotidiana (AGRÉGAN et al., 2023). Em sua maioria, esses produtos são elaborados com cereais que contêm glúten em sua composição, principalmente trigo, centeio e cevada, rede proteica responsáveis pelas propriedades tecnológicas fundamentais da massa, como elasticidade, coesão e retenção de gases (DEMIRKESEN et al., 2010). Contudo, com o aumento dos casos de sensibilidade alimentar e de condições associadas ao consumo dessa proteína, tem-se observado um crescimento significativo na demanda por produtos sem glúten, impulsionado tanto por indivíduos com doença celíaca, alergia ao trigo e sensibilidade ao glúten não celíaca quanto por consumidores que associam dietas sem glúten à saúde e ao bem-estar (SAPONE et al., 2012; HASSAN et al., 2024; BIESIEKIERSKI et al., 2025).

A produção de alimentos sem glúten representa um importante desafio tecnológico, pois exige o desenvolvimento de matérias-primas e estratégias capazes de compensar a ausência dessa proteína (DEMIRKESEN et al., 2010; VALLONS; RYAN; ARENDT, 2011; SCIARINI et al., 2012; NAQASH et al., 2017). Além disso, os consumidores esperam que pães e outros produtos sem glúten apresentem características físicas, tecnológicas e sensoriais semelhantes às dos produtos convencionais (HASSAN et al., 2024; MUSIIENKO et al., 2025). Nesse contexto, torna-se frequente o uso de aditivos, como emulsificantes, gomas, produtos lácteos e fibras alimentares, com a finalidade de substituir funções tecnológicas essenciais do glúten, especialmente aquelas relacionadas às propriedades viscoelásticas da massa (DEMIRKESEN et al., 2010; MA et al., 2025; MANZA et al., 2025). Estudos

recentes demonstram que a ausência da rede de glúten compromete diretamente a estabilidade da massa, a retenção de gases e o desenvolvimento do volume específico dos produtos panificados, resultando frequentemente em produtos com textura inadequada, baixa maciez e reduzida aceitação sensorial (MUSIIENKO et al., 2025).

Assim, o crescimento contínuo da demanda por produtos sem glúten, impulsionado por indivíduos com doença celíaca, alergias alimentares ou por consumidores que optam por dietas isentas dessa proteína, reforça a necessidade de inovação no desenvolvimento de produtos com melhor qualidade tecnológica, nutricional e sensorial (NAQASH et al., 2017; HASSAN et al., 2024). Nesse cenário, diferentes estudos têm investigado o uso de farinhas alternativas e ingredientes funcionais, como pseudocereais, leguminosas e proteínas vegetais, visando melhorar a estrutura da massa, aumentar o valor nutricional e favorecer a aceitabilidade dos produtos sem glúten (AGRÉGAN et al., 2023; MA et al., 2025).

Nesse contexto, a fermentação natural surge como uma inovação tecnológica promissora para o desenvolvimento de produtos sem glúten, ao oferecer potencial para melhorar características tecnológicas, sensoriais e nutricionais, além de atender à demanda por alimentos mais naturais e de maior valor agregado (RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023; OLOJEDE et al., 2022).

### 3.1. FERMENTAÇÃO NATURAL: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN

A fermentação natural, também chamada de fermentação por massa madre, levain ou *sourdough*, consiste em um processo biotecnológico no qual microrganismos presentes naturalmente na matriz ou adicionados como culturas iniciadoras, atuam na transformação metabólica dos substratos presentes na massa, promovendo modificações estruturais, sensoriais e nutricionais relevantes (WOO et al., 2023; CARBÓ et al., 2019).

Diferentemente da fermentação convencional, que utiliza culturas puras de leveduras comerciais, como *Saccharomyces cerevisiae*, a fermentação natural envolve microrganismos mais diversos e interativos, resultando em processos fermentativos mais lentos, porém mais complexos do ponto de vista bioquímico (RAMOS et al., 2021). Essa complexidade permite maior produção de ácidos

orgânicos, compostos voláteis e metabólitos bioativos, impactando diretamente as características sensoriais e funcionais dos produtos (PACULARU-BURADA et al., 2020; OLOJEDE et al., 2022).

A microbiota da fermentação natural é composta principalmente por bactérias ácido-láticas e leveduras, cuja composição varia conforme a matéria-prima, as condições de fermentação e o uso ou não de culturas iniciadoras (WOO et al., 2023). Essas populações microbianas desempenham papel essencial nos processos bioquímicos, como a degradação de carboidratos, produção de ácido láctico e acético, síntese de compostos aromáticos e liberação de nutrientes bioativos, incluindo peptídeos e compostos fenólicos (NISSEN et al., 2020; DINGEO et al., 2020; BARTA et al., 2022 ; NASSER; HAMMOOD, 2019).

No contexto da panificação sem glúten, a fermentação natural é considerada uma inovação tecnológica relevante, uma vez que contribui para compensar a ausência da rede de glúten, responsável pela estrutura e retenção de gases na massa (RAMOS et al., 2021). Através da produção de metabólitos microbianos e polímeros estruturantes, a fermentação natural melhora as propriedades reológicas e tecnológicas da massa (RAMOS et al., 2021; MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021). A fermentação natural também tem um impacto significativo no valor nutricional dos produtos sem glúten. Entre os principais benefícios, destaca-se o aumento da biodisponibilidade de nutrientes, a síntese de compostos bioativos e a redução de fatores antinutricionais, como o ácido fítico (NASSER; HAMMOOD, 2019; WANG et al., 2024). Esse processo ocorre devido à intensa atividade metabólica das bactérias ácido-láticas e leveduras, que promovem modificações bioquímicas capazes de melhorar a digestibilidade de proteínas e carboidratos, além de favorecer a liberação de minerais anteriormente complexados por compostos antinutricionais (PACULARU-BURADA et al., 2020; WANG et al., 2024). Além disso, a incorporação de pseudocereais associada à fermentação natural resulta em produtos com maior teor de proteínas, fibras e compostos fenólicos, promovendo benefícios à saúde e melhorando o perfil nutricional (PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023).

Portanto, de forma consolidada, os estudos demonstram que a fermentação natural melhora as propriedades sensoriais e tecnológicas dos produtos, além de aumentar seu valor nutricional e funcional (WOO et al., 2023; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023). No entanto, os resultados ainda são contraditórios quanto ao impacto

da fermentação em parâmetros como textura, volume e comportamento reológico da massa, variando de acordo com a composição das matérias-primas, os microrganismos utilizados e as condições de processamento (FARKAS et al., 2021; RAMOS et al., 2021; OLOJEDE et al., 2022; KOVÁCS et al., 2021; SCHOENLECHNER et al., 2023). Além disso, destacam-se importantes lacunas, como a necessidade de padronização das culturas iniciadoras, uma melhor compreensão das interações entre a microbiota e a matriz sem glúten e um maior número de estudos sobre a vida útil e a estabilidade do produto (RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023; PACULARU-BURADA et al., 2020; KOVÁCS et al., 2021).

### 3.2. IMPACTOS DA FERMENTAÇÃO NATURAL NA PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN

#### 3.2.1. Qualidade Sensorial

A qualidade sensorial é um dos principais fatores que influenciam a aceitação de produtos sem glúten pelos consumidores (MUSIIENKO et al., 2025; HASSAN et al., 2024; NAQASH et al., 2017 ). Em pães elaborados sem a presença do glúten, características como textura, maciez, aroma, sabor e aparência costumam ser prejudicadas devido à ausência da rede proteica responsável pela estrutura da massa (TONETTO et al., 2023). Nesse contexto, a fermentação natural tem sido estudada como uma alternativa tecnológica capaz de melhorar esses atributos sensoriais. Segundo Tonetto et al. (2023) e Turksoy, Guzel e Guzel (2024), a ação de bactérias ácido-láticas e leveduras promove maior desenvolvimento de aroma, sabor e maciez dos produtos. A Tabela 1 apresenta estudos que avaliaram parâmetros texturais, tecnológicos e sensoriais em produtos sem glúten obtidos por fermentação natural.

Tabela 1 - Impacto da fermentação natural na qualidade sensorial de produtos de panificação sem glúten

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Produto</b>	<b>Principais resultados referente à Qualidade Sensorial</b>
MONTEMURRO;	2021	Pão sem glúten <i>clean label</i> com	O produto apresentou boas propriedades texturais e maior qualidade global, com uso de fermentação

PONTONIO; RIZZELLO		farinha de milho e arroz, enriquecido com chia, linhaça e psílio	natural e agentes estruturantes naturais, aproximando-se da proposta <i>clean label</i> .
SILVA et al.	2021	Pães sem glúten com farinha de arroz integral, feijão carioca e feijão-caupi	As massas com farinhas de feijão apresentaram maior expansão, e alguns pães apresentaram menor firmeza e dureza, indicando melhoria em atributos estruturais associados à qualidade sensorial.
TONETTO et al.	2023	Pão “zero glúten” com fermento natural de farinha de arroz	O fermento natural de farinha de arroz contribuiu para agregar sabor, melhorar o aroma e aumentar a vida de prateleira do pão sem glúten, sem causar alterações tecnológicas significativas no produto.
TURKSOY; GUZEL; GUZEL	2024	Pão sem glúten de sorgo fermentado naturalmente, enriquecido com proteína vegetal e fibra	A fermentação natural foi associada à melhoria de propriedades texturais, funcionais e estruturais do pão de sorgo sem glúten.

### 3.2.2. Valor Nutricional

O valor nutricional dos produtos panificados sem glúten está diretamente relacionado à composição das matérias-primas utilizadas e às transformações promovidas durante o processamento (RAMOS et al., 2021; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; NISSEN et al., 2020; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024). Em geral, produtos sem glúten elaborados predominantemente com amidos refinados ou farinha de arroz podem apresentar menor teor de proteínas, fibras, minerais e compostos bioativos quando comparados a produtos convencionais à base de trigo (MOURÃO, 2024; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024; SILVA, 2021). Nesse contexto, a associação entre farinhas alternativas, leguminosas, pseudocereais e fermentação natural tem sido estudada como estratégia para melhorar o perfil nutricional desses alimentos (Tabela 2).

A fermentação natural pode contribuir para a melhoria nutricional dos produtos sem glúten por meio da ação metabólica de bactérias ácido-láticas e leveduras, que promovem modificações bioquímicas na matriz alimentar (RAMOS et al., 2021; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023). Entre os efeitos relatados na literatura, destacam-se a melhora da digestibilidade proteica, a maior disponibilidade de minerais, a redução de fatores antinutricionais e o aumento do teor ou da

acessibilidade de compostos de interesse nutricional, dependendo da matéria-prima e das condições fermentativas empregadas (SILVA et al., 2021; RAMOS et al., 2021; OLOJEDE et al., 2022; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023).

Além disso, a incorporação de ingredientes como farinhas de leguminosas, sorgo, quinoa, grilo, chia, linhaça e psílio pode favorecer o enriquecimento nutricional de pães sem glúten, especialmente em relação ao teor de proteínas, fibras alimentares e compostos fenólicos (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024). Dessa forma, a fermentação natural não atua isoladamente, mas em associação com a escolha adequada das matérias-primas, contribuindo para o desenvolvimento de produtos com melhor composição nutricional e maior valor agregado (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; SCHOENLECHNER et al., 2023).

Tabela 2 - Impacto da fermentação natural no valor nutricional de produtos de panificação sem glúten

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Produto</b>	<b>Principais resultados referente ao Valor Nutricional</b>
NISSEN et al.	2020	Pão sem glúten fermentado naturalmente e enriquecido com farinha de grilo	A farinha de grilo contribuiu para a fortificação proteica do pão sem glúten e para o aumento da atividade antioxidante, associando enriquecimento nutricional e potencial funcional.
SILVA et al.	2021	Pães sem glúten elaborados com farinha de arroz integral, feijão carioca e feijão-caupi	Os pães com farinhas de feijão apresentaram maiores teores de cinzas, proteínas e fibras alimentares, além de menor teor de carboidratos digestíveis. A digestibilidade proteica também foi superior em formulações com feijão.
MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO	2021	Pão sem glúten clean label com farinha de milho e arroz, enriquecido com chia, linhaça e psílio	O produto apresentou teor proteico relevante, digestibilidade proteica in vitro de 76,9%, baixo teor de açúcares e gorduras na matéria seca, indicando melhor perfil nutricional em comparação a produtos sem glúten convencionais.
OLOJEDE et al.	2022	Pão de sorgo sem glúten elaborado com fermentação natural e culturas	Os pães fermentados apresentaram maior teor de proteína bruta, cinzas e fibra alimentar em relação ao controle, demonstrando o potencial da

		selecionadas	fermentação natural para melhorar o perfil nutricional de pães sem glúten.
PEÑALVER; ROS; NIETO	2023	Pão funcional sem glúten elaborado com pseudocereais, fermentação natural e enriquecimento com <i>Moringa oleifera</i>	O uso de pseudocereais e ingredientes funcionais associado à fermentação natural contribuiu para o desenvolvimento de um pão sem glúten com melhor composição nutricional e maior potencial de aplicação como alimento funcional.
SCHOENLECHNER et al.	2023	Pães sem glúten fermentados naturalmente elaborados com frações de quinoa e sorgo	A moagem e fracionamento de quinoa e sorgo permitiram obter frações com diferentes composições químicas, aplicadas em pães sem glúten por tecnologia de fermentação natural.
TURKSOY; GUZEL; GUZEL	2024	Pão sem glúten de sorgo fermentado naturalmente, enriquecido com proteína vegetal e fibra alimentar	A fermentação natural associada ao enriquecimento da formulação contribuiu para melhorar as propriedades nutricionais do pão de sorgo.

### 3.2.3. Potencial Funcional

Além da melhoria nutricional, a fermentação natural pode conferir potencial funcional aos produtos panificados sem glúten, especialmente pela formação, liberação ou aumento da disponibilidade de compostos bioativos durante o processo fermentativo (PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; NISSEN et al., 2020; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024; OLOJEDE et al., 2022). Nesse caso, o foco não está apenas na composição centesimal do alimento, mas nos possíveis efeitos associados à presença de compostos fenólicos, peptídeos bioativos, ácidos orgânicos, metabólitos microbianos e compostos com atividade antioxidante (MOURÃO, 2024; TURKSOY, 2024).

A ação conjunta de bactérias ácido-láticas e leveduras pode favorecer alterações na matriz alimentar capazes de reduzir fatores antinutricionais, aumentar a atividade antioxidante, modular a digestibilidade do amido e contribuir para maior estabilidade microbiológica dos produtos (RAMOS et al., 2021; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024). Esses efeitos dependem da composição da farinha ou mistura de farinhas, da microbiota fermentativa, do tempo de fermentação, das condições de processamento e da presença de ingredientes funcionais na formulação (PACULARU-BURADA et al., 2020; OLOJEDE et al., 2022).

No contexto da panificação sem glúten, esse potencial funcional é especialmente relevante, pois permite agregar valor a produtos que, tradicionalmente, apresentam limitações tecnológicas, sensoriais e nutricionais (Tabela 3). Assim, a fermentação natural pode contribuir para o desenvolvimento de alimentos sem glúten mais complexos do ponto de vista bioquímico, com maior potencial funcional e tecnológico, com melhor alinhamento às demandas atuais por alimentos naturais, funcionais e de maior valor agregado (NISSEN et al., 2020; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; TONETTO et al., 2023).

Tabela 3 - Compostos bioativos, atividade antioxidante e estabilidade em produtos de panificação sem glúten obtidos por fermentação natural

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Produto</b>	<b>Principais resultados referente ao Potencial Funcional</b>
PACULARU-BURADA et al.	2020	Massas fermentadas sem glúten com bactérias ácido-láticas selecionadas	O estudo avaliou cepas selvagens de bactérias ácido-láticas como promotoras de pós-bióticos em massas fermentadas sem glúten, demonstrando o potencial desses microrganismos para gerar metabólitos de interesse funcional.
NISSEN et al.	2020	Pão sem glúten fermentado naturalmente e enriquecido com farinha de grilo	A associação entre fermentação natural e farinha de grilo favoreceu o aumento da atividade antioxidante e modificou o perfil de compostos voláteis, indicando potencial funcional e sensorial do produto.
SILVA et al.	2021	Pães sem glúten com farinha de arroz integral, feijão carioca e feijão-caupi	As formulações com farinhas de feijão apresentaram maior disponibilidade de nutrientes e melhor composição em fibras e proteínas, podendo contribuir para o desenvolvimento de produtos sem glúten com maior valor funcional.
OLOJEDE et al.	2022	Massa fermentada sem glúten elaborada com bactérias ácido-láticas e leveduras de sorgo nigeriano	O estudo destacou alterações reológicas, texturais e nutricionais em massas fermentadas sem glúten, evidenciando o potencial da microbiota selecionada para melhorar propriedades funcionais da matriz alimentar.
PEÑALVER; ROS; NIETO	2023	Pão funcional sem glúten com pseudocereais, fermentação natural e <i>Moringa oleifera</i>	A combinação de pseudocereais, fermentação natural e ingrediente funcional contribuiu para o desenvolvimento de um pão sem glúten com maior potencial bioativo e funcional.
TONETTO et al.	2023	Pão “zero glúten” produzido com	A fermentação natural favoreceu a estabilidade do produto e contribuiu para

		fermento natural de farinha de arroz	aumento da vida útil, aspecto relacionado ao potencial funcional e tecnológico das bactérias ácido-láticas na panificação sem glúten.
TURKSOY; GUZEL; GUZEL	2024	Pão sem glúten de sorgo fermentado naturalmente	A fermentação natural contribuiu para o aumento da capacidade antioxidante e do teor de compostos fenólicos, reforçando o potencial funcional do pão de sorgo sem glúten.

#### 3.2.4. Conceito de *Clean Label*

A rotulagem de alimentos é um instrumento essencial para garantir transparência ao consumidor e subsidiar escolhas alimentares mais seguras. No Brasil, a Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003, estabelece que todos os alimentos industrializados devem informar, obrigatoriamente, em seus rótulos e embalagens, a presença ou ausência de glúten, por meio das expressões “contém glúten” ou “não contém glúten” (BRASIL, 2003). Essa exigência tem especial relevância para indivíduos com doença celíaca, uma vez que a exposição ao glúten pode desencadear respostas adversas, tornando indispensável o acesso claro e confiável a essa informação (LUDVIGSSON et al., 2013; SAPONE et al., 2012; BRASIL, 2003).

Nesse contexto de maior atenção à composição e à transparência dos alimentos, destaca-se a crescente valorização dos chamados rótulos “limpos” ou *clean label*. Embora ainda não exista uma definição única e regulamentada para o termo, o conceito está geralmente associado à formulação de alimentos com menor número de ingredientes, redução ou ausência de aditivos artificiais, conservantes sintéticos e componentes com nomenclaturas pouco familiares ao consumidor (ASIOLI et al., 2017; CHOI et al., 2024). Assim, produtos *clean label* tendem a ser percebidos como mais naturais, simples e saudáveis, ainda que muitos aditivos tradicionalmente utilizados sejam regulamentados e cumpram funções tecnológicas importantes na segurança, estabilidade e qualidade dos alimentos (CHOI et al., 2024).

A consolidação dessa tendência está relacionada à mudança no comportamento dos consumidores, que demonstram crescente preocupação com a composição dos alimentos, o grau de processamento, a presença de aditivos e a

clareza das informações presentes na rotulagem (ASCHEMANN-WITZEL et al., 2019). Segundo Choi et al. (2024), os consumidores modernos esperam alimentos seguros, naturais, minimamente processados e com maior transparência quanto aos ingredientes utilizados. Dessa forma, a indústria de alimentos tem buscado estratégias tecnológicas capazes de atender a essas expectativas sem comprometer atributos essenciais, como segurança microbiológica, estabilidade, qualidade sensorial e viabilidade tecnológica dos produtos (ASIOLI et al., 2017; CHOI et al., 2024).

Entre as estratégias estudadas, destacam-se a substituição de aditivos sintéticos por ingredientes naturais, o uso de culturas fermentativas, fermentados microbianos, conservantes naturais e compostos bioativos de origem vegetal (CHOI et al., 2024; ASIOLI et al., 2017; ASCHEMANN-WITZEL; VARELA; PESCHEL, 2019; CANTERO-BAHILLO et al., 2024). Além de favorecerem a simplificação da lista de ingredientes, essas alternativas podem desempenhar funções tecnológicas e funcionais simultaneamente, contribuindo para o desenvolvimento de alimentos com maior apelo de naturalidade e potencial valor agregado (CANTERO-BAHILLO et al., 2024; PAPAGIANNI et al., 2023; MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; DUFOUR et al., 2022).

No caso específico dos produtos de panificação sem glúten, o desenvolvimento de formulações alinhadas ao conceito *clean label* representa um desafio ainda maior. A ausência do glúten compromete propriedades fundamentais da massa, como estrutura, elasticidade, retenção de gases, volume e textura do produto final. Por esse motivo, formulações sem glúten frequentemente dependem da adição de hidrocoloides, emulsificantes e outros aditivos tecnológicos para compensar essas limitações estruturais (SCIARINI et al., 2012; BORGES; SALAS-MELLADO, 2016; HORSTMANN; LYNCH; ARENDT, 2017; NAQASH et al., 2017).

Diante desse cenário, a fermentação natural apresenta-se como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de produtos panificados sem glúten com perfil *clean label*. Esse processo pode contribuir para melhorar as características tecnológicas e sensoriais dos produtos, além de possibilitar a redução ou substituição de aditivos sintéticos comumente empregados nessas formulações, como hidrocoloides e emulsificantes (RAMOS et al., 2021; SCARTON et al., 2021). Assim, a fermentação natural favorece a obtenção de alimentos com

rótulos mais simples, maior apelo de naturalidade e melhor alinhamento às demandas atuais dos consumidores (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021).

Nesse mesmo sentido, ingredientes naturais como linhaça e psílio podem ser incorporados às formulações sem glúten como agentes estruturantes, contribuindo para a retenção de água, formação da massa, melhoria da textura e estabilidade do produto final (PAPAGIANNI et al., 2023). Além de desempenharem funções tecnológicas relevantes, esses ingredientes reforçam a proposta de substituição de aditivos artificiais por alternativas de origem natural, fortalecendo o desenvolvimento de produtos sem glúten com características compatíveis ao conceito *clean label* (CHOI et al., 2024).

### 3.2.5. Sustentabilidade

A sustentabilidade na panificação envolve a adoção de estratégias capazes de melhorar a eficiência dos processos, reduzir perdas, otimizar o uso de matérias-primas e manter a qualidade tecnológica e nutricional dos produtos finais (CAPPELLI; CINI, 2021; NADI; GÓRNICKI, 2022). Na cadeia produtiva de farinhas, pães, massas e produtos de panificação, a inovação tecnológica tem sido apontada como uma ferramenta importante para aumentar a sustentabilidade, a produtividade e a qualidade dos alimentos (CAPPELLI; CINI, 2021).

No contexto da panificação sem glúten, a sustentabilidade também está associada à diversificação das matérias-primas utilizadas, especialmente por meio do emprego de pseudocereais, cereais menores, leguminosas e fontes amiláceas alternativas (AGRÉGAN et al., 2023; SCHOENLECHNER et al., 2023). Esses ingredientes podem contribuir para reduzir a dependência de formulações baseadas predominantemente em amidos refinados, além de ampliar o valor nutricional dos produtos sem glúten, principalmente quanto ao teor de proteínas, fibras, minerais e compostos bioativos (AGRÉGAN et al., 2023; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; SCHOENLECHNER et al., 2023).

A aplicação da fermentação natural em matrizes sem glúten pode favorecer o aproveitamento tecnológico dessas matérias-primas alternativas, uma vez que a atividade de bactérias ácido-láticas e leveduras promove transformações

bioquímicas capazes de modificar textura, aroma, sabor e composição funcional dos produtos panificados (RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023; OLOJEDE et al., 2022). Estudos com quinoa, sorgo e pseudocereais indicam que a combinação entre matérias-primas alternativas e fermentação natural apresenta potencial para o desenvolvimento de produtos sem glúten mais nutritivos e diversificados (SCHOENLECHNER et al., 2023; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023).

Outro aspecto relevante é o uso de ingredientes naturais com função tecnológica, como psílio, linhaça, chia e lentilha germinada, que podem auxiliar na estruturação da massa, retenção de água e melhoria da textura dos produtos sem glúten (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; PAPAGIANNI et al., 2023). Essa estratégia é importante porque formulações sem glúten frequentemente dependem da adição de hidrocoloides, emulsificantes e outros aditivos tecnológicos para compensar a ausência da rede de glúten e melhorar volume, estrutura e maciez dos produtos (SCIARINI et al., 2012; NAQASH et al., 2017; HORSTMANN; LYNCH; ARENDT, 2017).

Nesse sentido, a fermentação natural pode contribuir para formulações com maior apelo *clean label*, especialmente quando associada a ingredientes naturais capazes de desempenhar funções tecnológicas e nutricionais na matriz alimentar (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; PAPAGIANNI et al., 2023; DUFOUR et al., 2022). O uso de amidos nativos ou fermentados, como o amido de mandioca ceroso fermentado, também tem sido investigado como alternativa para o desenvolvimento de ingredientes sem glúten e com perfil *clean label* aplicáveis à panificação e a produtos expandidos (DUFOUR et al., 2022).

Além da composição da formulação, a fermentação natural pode contribuir para a estabilidade dos produtos por meio da produção de ácidos orgânicos e metabólitos associados à atividade de bactérias ácido-láticas, os quais podem influenciar a qualidade microbiológica e a vida útil de produtos panificados (RAMOS et al., 2021; PACULARU-BURADA et al., 2020; TONETTO et al., 2023). Esse aspecto é relevante para a sustentabilidade, pois a ampliação da vida útil e a manutenção da qualidade dos produtos podem contribuir para a redução de perdas e desperdícios ao longo da cadeia produtiva (CAPPELLI; CINI, 2021; TONETTO et al., 2023).

Dessa forma, a fermentação natural aplicada à panificação sem glúten apresenta potencial para integrar inovação tecnológica, aproveitamento de

matérias-primas alternativas, redução da dependência de aditivos sintéticos, melhoria nutricional e aumento da estabilidade dos produtos (RAMOS et al., 2021; MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; DUFOUR et al., 2022; SCHOENLECHNER et al., 2023). No entanto, para consolidar essa tecnologia como estratégia sustentável em escala industrial, ainda são necessários estudos sobre padronização do processo fermentativo, desempenho tecnológico em diferentes matrizes, custos de produção, vida útil e impactos ao longo da cadeia produtiva (CAPPELLI; CINI, 2021; NADI; GÓRNICKI, 2022; RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023).

### 3.3 MATÉRIAS-PRIMAS ISENTAS DE GLÚTEN APLICADAS À PANIFICAÇÃO

O glúten corresponde a uma rede proteica formada principalmente por gliadinas e gluteninas, presente no trigo e relacionada a proteínas similares encontradas em centeio e cevada (STANLEY; LINDA, 2009; SAPONE et al., 2012; LUDVIGSSON et al., 2013). Na panificação, essa rede é responsável por conferir elasticidade à massa, reter os gases formados durante a fermentação e favorecer o volume e a estrutura do miolo dos pães (STANLEY; LINDA, 2009).

Na produção de pães sem glúten, a retirada dessa proteína representa um desafio tecnológico, pois compromete a retenção de gás, a elasticidade da massa, o volume e a textura do produto final (VALLONS; RYAN; ARENDT, 2011; NAQASH et al., 2017). Por isso, é necessário utilizar matérias-primas e ingredientes capazes de auxiliar na estruturação da massa e na melhoria das características sensoriais dos produtos (SCIARINI et al., 2012).

Entre as matérias-primas naturalmente isentas de glúten, destaca-se a farinha de arroz, amplamente utilizada por apresentar sabor suave, coloração clara e boa aceitação em produtos panificados (NAQASH et al., 2017). O arroz (*Oryza sativa*) é rico em amido, fonte de energia, e contém proteínas, vitaminas e minerais importantes para a alimentação humana (BASSINELLO; LUZ; FERREIRA, 2017).

O amido também desempenha papel importante na panificação sem glúten, pois apresenta propriedades espessantes, gelificantes, estabilizantes e capacidade de retenção de umidade (SCIARINI et al., 2012). Essas características contribuem para melhorar a textura, a estrutura e a maciez dos produtos. O uso de amidos

modificados também pode favorecer aspectos como volume, cor e qualidade sensorial (HORSTMANN; LYNCH; ARENDT, 2017).

Outras alternativas incluem o trigo sarraceno, o sorgo e o grão-de-bico. O trigo sarraceno é um pseudocereal naturalmente isento de glúten, rico em proteínas e aminoácidos essenciais, como lisina, histidina, valina e leucina (LUKSIC et al., 2016). O sorgo apresenta bom perfil nutricional, com proteínas, fibras, vitaminas do complexo B, minerais e compostos bioativos, como ácidos fenólicos, antocianinas, taninos e fitoesteróis (AGRÉGAN et al., 2023).

A farinha de grão-de-bico, por sua vez, destaca-se pelo teor de proteínas e por suas propriedades funcionais (SANTOS, 2021). Sua utilização pode contribuir para a estruturação da massa, a retenção de gás e o aumento do volume dos pães sem glúten (SANTOS, 2021). Além disso, pode atuar como ingrediente natural com capacidade emulsificante, auxiliando na substituição parcial de aditivos industriais (KAHRAMAN et al., 2018).

Apesar dessas alternativas, os produtos panificados sem glúten ainda podem apresentar limitações, como menor volume, textura mais firme e maior tendência ao esfarelamento. Nesse contexto, a fermentação natural surge como estratégia complementar, pois pode melhorar a estrutura, a elasticidade, o sabor, o aroma e a aceitação sensorial dos produtos sem glúten (WOO et al., 2023; MOTA et al., 2025).

### 3.4. PERSPECTIVAS FUTURAS

As perspectivas futuras para a aplicação da fermentação natural na panificação sem glúten estão relacionadas à necessidade de desenvolver produtos com melhor qualidade tecnológica, maior valor nutricional, boa aceitação sensorial e viabilidade de produção em escala industrial (RAMOS et al., 2021; NAQASH et al., 2017; HASSAN et al., 2024). Embora os estudos analisados indiquem avanços importantes, a variabilidade das matérias-primas sem glúten e da microbiota fermentativa ainda representa um desafio para a padronização dos processos e para a reprodução dos resultados em diferentes formulações (RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023; KOVÁCS et al., 2021).

Uma das principais tendências é o desenvolvimento de culturas iniciadoras específicas para matrizes sem glúten, compostas por bactérias ácido-láticas e

leveduras selecionadas de acordo com suas funções tecnológicas e metabólicas (PACULARU-BURADA et al., 2020; WOO et al., 2023). A seleção dessas culturas pode favorecer maior controle da fermentação, produção de ácidos orgânicos, formação de compostos aromáticos, liberação de metabólitos bioativos e melhoria da estabilidade dos produtos (PACULARU-BURADA et al., 2020; RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023).

Outra perspectiva relevante é a associação entre fermentação natural e ingredientes funcionais, como pseudocereais, leguminosas, sementes, fibras alimentares e compostos bioativos de origem vegetal (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; PAPAGIANNI et al., 2023). Essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de produtos sem glúten com maior teor de proteínas, fibras e compostos fenólicos, além de melhorar propriedades tecnológicas e sensoriais da matriz panificada (SILVA et al., 2021; TURKSOY; GUZEL; GUZEL, 2024; SCHOENLECHNER et al., 2023).

O uso de pseudocereais e cereais alternativos, como quinoa, sorgo, trigo sarraceno e outras fontes vegetais naturalmente isentas de glúten, também se apresenta como caminho promissor para ampliar a diversidade de formulações sem glúten (AGRÉGAN et al., 2023; LUKSIC et al., 2016; SCHOENLECHNER et al., 2023). Esses ingredientes apresentam potencial nutricional e funcional, mas sua aplicação em panificação ainda exige ajustes tecnológicos para melhorar estrutura, retenção de gases, textura e aceitação sensorial dos produtos finais (NAQASH et al., 2017; SCIARINI et al., 2012; SCHOENLECHNER et al., 2023).

Também se destacam as pesquisas voltadas ao desenvolvimento de produtos sem glúten com perfil *clean label*, uma vez que consumidores têm demonstrado maior interesse por alimentos com listas de ingredientes mais simples, naturais e reconhecíveis (ASIOLI et al., 2017; ASCHEMANN-WITZEL; VARELA; PESCHEL, 2019). Nesse contexto, a fermentação natural, associada a ingredientes como psílio, linhaça, chia, lentilha germinada e amidos fermentados, pode contribuir para reduzir a dependência de aditivos sintéticos sem comprometer a qualidade tecnológica dos produtos (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; PAPAGIANNI et al., 2023; DUFOUR et al., 2022).

Apesar do potencial observado, ainda são necessários estudos que avaliem com maior profundidade a vida útil, a estabilidade microbiológica, o comportamento reológico das massas, a digestibilidade dos nutrientes e a aceitação sensorial dos

produtos por consumidores celíacos e não celíacos (RAMOS et al., 2021; MUSIIENKO et al., 2025; WOO et al., 2023). Além disso, a aplicação industrial da fermentação natural em produtos sem glúten exige pesquisas sobre escalabilidade, padronização das culturas fermentativas, controle das condições de processo e viabilidade econômica das formulações (KOVÁCS et al., 2021; RAMOS et al., 2021; WOO et al., 2023).

Do ponto de vista da sustentabilidade, futuras pesquisas também devem considerar o aproveitamento de matérias-primas alternativas, o uso de ingredientes locais, a redução de desperdícios e a avaliação dos impactos da cadeia produtiva de produtos panificados sem glúten (CAPPELLI; CINI, 2021; NADI; GÓRNICKI, 2022; DUFOUR et al., 2022). A integração entre fermentação natural, inovação em ingredientes e sustentabilidade pode contribuir para o desenvolvimento de produtos sem glúten mais nutritivos, funcionais, estáveis e alinhados às demandas contemporâneas da indústria e dos consumidores (MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; HASSAN et al., 2024; SCHOENLECHNER et al., 2023).

Dessa forma, a fermentação natural tende a ocupar papel estratégico no futuro da panificação sem glúten, não apenas como alternativa tecnológica para minimizar os efeitos da ausência do glúten, mas também como ferramenta para desenvolver produtos com melhor qualidade sensorial, maior valor nutricional, potencial funcional e maior alinhamento às tendências de clean label e sustentabilidade (RAMOS et al., 2021; PEÑALVER; ROS; NIETO, 2023; MONTEMURRO; PONTONIO; RIZZELLO, 2021; DUFOUR et al., 2022).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A panificação sem glúten permanece como desafio tecnológico para a engenharia de alimentos, pois a ausência da rede de glúten compromete diretamente a estrutura da massa, a retenção de gases, o volume, a textura e a aceitação sensorial dos produtos. Ao mesmo tempo, o crescimento da demanda por alimentos sem glúten, impulsionado por necessidades clínicas e por novas tendências de consumo, reforça a importância de estratégias capazes de melhorar a qualidade desses produtos.

Nesse contexto, a fermentação natural destaca-se como uma alternativa promissora e multifuncional. A atuação conjunta de bactérias ácido-láticas e

leveduras favorece transformações bioquímicas capazes de melhorar atributos tecnológicos, sensoriais e nutricionais, contribuindo para maior maciez, desenvolvimento de aroma e sabor, aumento da biodisponibilidade de nutrientes e formação ou liberação de compostos bioativos. Além disso, essa tecnologia pode colaborar para a redução do uso de aditivos sintéticos, aproximando os produtos sem glúten das tendências de *clean label*, naturalidade e sustentabilidade.

Os estudos analisados indicam que a fermentação natural apresenta potencial relevante para agregar valor à panificação sem glúten, especialmente quando associada ao uso de farinhas alternativas, pseudocereais, leguminosas, fibras e ingredientes naturais com função tecnológica e nutricional. No entanto, ainda existem desafios importantes, como a padronização das culturas fermentativas, o controle da variabilidade microbiológica, a estabilidade dos produtos, a vida útil e a aplicação em escala industrial.

Dessa forma, conclui-se que a fermentação natural representa uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento de produtos panificados sem glúten de maior qualidade, com melhor perfil nutricional, potencial funcional e maior alinhamento às demandas atuais do mercado. O avanço das pesquisas nessa área pode contribuir não apenas para ampliar as opções disponíveis a consumidores com restrições alimentares, mas também para impulsionar a inovação, a sustentabilidade e a competitividade da indústria de panificação sem glúten.

## REFERÊNCIAS

AGRÉGAN, R. *et al.* The effects of processing technologies on nutritional and anti-nutritional properties of pseudocereals and minor cereal. *Food and Bioprocess Technology*, v. 16, n. 5, p. 961-986, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02936-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-022-02936-8>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ASCHEMANN-WITZEL, J.; VARELA, P.; PESCHEL, A. O. Consumers' categorization of food ingredients: do consumers perceive them as "clean label" producers expect? An exploration with projective mapping. *Food Quality and Preference*, v. 71, p. 117-128, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.06.003>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329318300405>. Acesso em: 10 nov. 2025.

ASIOLI, D. *et al.* Making sense of the “clean label” trends: a review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, v. 99, p. 58-71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996917303435>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BARTA, D. G. *et al.* Biotechnological processes that simulate the natural fermentation process of bee bread and therapeutic properties: a review. *Frontiers in Nutrition*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.871896>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35571893/>. Acesso em: 20 jan. 2026.

BASSINELLO, P. Z.; LUZ, T. C. L. A.; FERREIRA, C. M. *Farinha de arroz: alternativa alimentar e econômica*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1082938/1/CNPAF2017doc315.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

BIESIEKIERSKI, J. R. *et al.* *Non-coeliac gluten sensitivity*. *The Lancet*, Londres, v. 405, n. 10484, 2025. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(25\)01533-8/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(25)01533-8/abstract). Acesso em: 11 maio 2026.

BORGES, V. C.; SALAS-MELLADO, M. Influence of  $\alpha$ -amilase, trehalose, sorbitol, and polysorbate 80 on the quality of gluten-free bread. *International Food Research Journal*, v. 23, p. 1973-1979, 2016. Disponível em: [http://ifrj.upm.edu.my/23%20\(05\)%202016/\(19\).pdf](http://ifrj.upm.edu.my/23%20(05)%202016/(19).pdf). Acesso em: 16 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003. Obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de

controle da doença celíaca. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 maio 2003.

CANELLA-RAWLS, S. Pão: arte e ciência. São Paulo: SENAC, 2012.

CAPPELLI, A.; CINI, E. Challenges and opportunities in the production chains of wheat flour, pasta, bread and bakery products: a systematic review of innovations and improvement strategies to increase product sustainability, productivity and quality. *Sustainability*, v. 13, n. 5, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052608>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2608>. Acesso em: 20 jan. 2026.

CANTERO-BAHILLO, E. *et al.* Combination of Fenugreek and Quinoa Husk as Sources of Steroidal and Triterpenoid Saponins: Bioactivity of Their Co-Extracts and Hydrolysates. *Foods*, v. 13, p. 562, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13040562>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/4/562>. Acesso em: 15 maio 2026.

CARBÓ, R. *et al.* *Elaboration of a spontaneous gluten-free sourdough with a mixture of amaranth, buckwheat, and quinoa flours analyzing microbial load, acidity, and pH.* *Food Science and Technology International*, v. 26, n. 4, p. 337–344, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/10820132198953>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013219895357>. Acesso em: 12 jan. 2026.

CHOI, D. *et al.* Comprehensive review of clean-label antimicrobials used in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 23, n. 2, e13263, 2024. DOI: 0.1111/1541-4337.13263. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.13263>. Acesso em: 19 maio. 2026.

DEMIRKESEN, I. *et al.* Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, v. 96, p. 295-303, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877409003860>. Acesso em: 15 set. 2025.

DINGEO, C. *et al.* Teff Type-I sourdough to produce gluten-free muffin. *Microorganisms*, v. 8, n. 8, p. 1219, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081219>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/8/1219>. Acesso em: 20 fev. 2026.

DUFOUR, D. *et al.* Native and fermented waxy cassava starch as a novel gluten-free and clean label ingredient for baking and expanded product development. *Food & Function*, v. 13, p. 9254-9265, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1039/D2FO00048B>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/fo/d2fo00048b>. Acesso em: 05 fev. 2026.

FARKAS, A. *et al.* A comparative study on the rheological and baking behavior of gluten-free pasta treated with enzymes and enriched with arabinoxylans. *Journal of Cereal Science*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103292>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521021001338>. Acesso em: 05 jan. 2026.

GRAND VIEW RESEARCH. *Gluten-free products market size report*. 2025. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-products-market>. Acesso em: 11 maio 2026

HORSTMANN, S. W.; LYNCH, K. M.; ARENDT, E. K. Starch characteristics linked to gluten-free products. *Foods*, v. 6, n. 4, p. 29, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods6040029>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28383504/>. Acesso em: 16 set. 2025.

HASSAN, M. *et al.* *Perceptions towards gluten free products among consumers: A narrative review*. *Applied Food Research*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100441>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502224000532?via%3Dihub>. Acesso em: 10 maio 2026.

KAHRAMAN, G. *et al.* Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours. *LWT*, v. 98, p. 276-282, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364381830690X>. Acesso em: 10 nov. 2025.

KOVÁCS, A. *et al.* Evaluation of a baking product with gluten-free natural fermentation. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2021.30005>. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/446/17/S1/article-p37.xml>. Acesso em: 10 jan. 2026.

LUDVIGSSON, J. F. *et al.* The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, v. 62, n. 1, p. 43-52, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2011-301346>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22345659/>. Acesso em: 16 set. 2025.

LUKSIC, L. *et al.* Transformation of rutin and quercetin during the preparation of buckwheat sourdough bread. *Journal of Cereal Science*, v. 69, p. 71-76, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016300248>. Acesso em: 17 jan. 2025.

MONTEMURRO, M.; PONTONIO, E.; RIZZELLO, C. G. Development of a gluten-free bread “clean-label” to meet consumer demand. *Foods*, v. 10, n. 2, p. 462, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10020462>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/2/462>. Acesso em: 05 jan. 2026.

MOTA, S. R. *et al.* Sensory analysis of breads with different fermentation methods. *Research, Society and Development*, 2025. DOI:

<https://doi.org/10.33448/rsd-v14i1.47924>. Disponível em:  
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/47924>. Acesso em: 15 jan. 2026.

MOURÃO, R. J. R. *et al.* Princípios e benefícios da fermentação natural na panificação: uma revisão abrangente. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 10, n. 12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i12.16671>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16671>. Acesso em: 10 maio 2026

MANZA, F. *et al.* *Non-Celiac Gluten/Wheat Sensitivity—State of the Art*. *Nutrients*, v. 17, n. 2, 2025. DOI: [10.3390/nu17020220](https://doi.org/10.3390/nu17020220). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/17/2/220>. Acesso em: 11 maio 2026.

MA, Y. *et al.* *A comprehensive review of gluten-free foods*. *Trends in Food Science & Technology*, v. 156, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.112261>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X25012214>. Acesso em: 11 maio 2026.

MUSIIENKO, D. *et al.* *Comparison of sensory quality perceptions of gluten-free products*. *Frontiers in Nutrition*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1683571>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2025.1683571/full>. Acesso em 10 maio 2026.

NADI, F.; GÓRNICKI, K. Evaluation of the sustainability of the wheat-bread chain based on the second law of thermodynamics: a case study. *Sustainability*, v. 14, n. 21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142114229>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/14229>. Acesso em: 15 jan. 2026.

NAQASH, F. *et al.* Gluten-free baking: combating the challenges: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 66, p. 98-107, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415301230>. Acesso em: 16 set. 2025.

NASSER, J. M.; HAMMOOD, E. K. Effect of natural phytase, fermentation and baking processes on the degradation of phytic acid in wheat bread. *Iraqi Journal of Science*, v. 60, n. 9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24996/ijfs.2019.60.9.4>. Disponível em: <https://ijfs.uobaghdad.edu.iq/index.php/eijs/article/view/1070>. Acesso em: 15 jan. 2026.

NISSEN, L. *et al.* Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: antioxidant improvement and volatilome characterization. *Food Chemistry*, v. 333, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127410. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814620312723?via%3Dihub>. Acesso em: 10 maio 2026

OLOJEDE, A. O. *et al.* Evaluation of the flour of acha in the production of gluten-free cookies with natural fermentation. *International Journal of Food Science & Technology*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15842>. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.15842>. Acesso em: 20 jan. 2026.

OLOJEDE, A. O. *et al.* Rheological, textural and nutritional properties of gluten-free sourdough made with functionally important lactic acid bacteria and yeast from Nigerian sorghum. *LWT - Food Science and Technology*, v. 165, 113670, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113670>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822006053>. Acesso em: 10 fev. 2026.

PACULARU-BURADA, B. *et al.* Selection of wild lactic acid bacteria strains as promoters of postbiotics in gluten-free sourdoughs. *Microorganisms*, v. 8, n. 5, p. 674, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050674>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/5/674>. Acesso em: 08 fev. 2026.

PAPAGIANNI, E. *et al.* Flaxseeds and lentil seeds germinated as functional ingredients in the development of nutritionally enriched gluten-free breads

“clean-label”. *Food Hydrocolloids for Health*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100165>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667025923000493>. Acesso em: 25 jan. 2026.

PEÑALVER, R.; ROS, G.; NIETO, G. Development of gluten-free functional bread with natural fermentation using pseudocereals and enriched with *Moringa oleifera*. *Foods*, v. 12, n. 21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12213920>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/21/3920>. Acesso em: 02 fev. 2026.

RAMOS, L. *et al.* Sourdough biotechnology applied to gluten-free baked goods: rescuing the tradition. *Foods*, v. 10, n. 7, p. 1498, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10071498>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/7/1498>. Acesso em: 20 fev. 2026.

SAPONE, A. *et al.* Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*, v. 10, n. 1, p. 13, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-13>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22313950/>. Acesso em: 06 set. 2025.

SANTOS, F. G. *et al.* *Potential of chickpea and psyllium in gluten-free breadmaking: Assessing bread's quality, sensory acceptability, and glycemic and satiety indexes.* *Food Hydrocolloids*, v. 113, p. 106487, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106487>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X20328617?via%3Di%3Dhub>. Acesso em: 10 jan. 2026.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Incorporation of several additives into gluten free breads: effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, v. 111, n. 4, p. 590-597, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877412001434>. Acesso em: 16 set. 2025.

SCHOENLECHNER, R. *et al.* Dry fractionation and gluten-free bread baking with natural fermentation from quinoa and sorghum. *Foods*, v. 12, n. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12163125>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3125>. Acesso em: 02 fev. 2026.

STANLEY, P. C.; LINDA, S. Y. *Tecnologia da panificação*. Barueri: Manole, 2009.

SILVA, J. D. R. *et al.* Production of sourdough and gluten-free bread with brown rice and carioca and cowpea beans flours: biochemical, nutritional and structural characteristics. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23992>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23992>. Acesso em: 11 maio 2026.

SCARTON, M. *et al.* Lime juice and enzymes in clean label pan bread: baking quality and preservative effect. *Journal of Food Science and Technology*, v. 58, p. 167-176, 2021. DOI: 10.1007/s13197-020-04693-y. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33897018/>. Acesso em: 15 maio 2026.

TONETTO, T. C. *et al.* Propriedades tecnológicas de pão “zero glúten” produzido com fermento natural de farinha de arroz. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, Curitiba, v. 16, n. 49, 2023. DOI: 10.55905/rdelosv16.n49-017. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1136>. Acesso em: 11 maio 2026.

TURKSOY, S.; GUZEL, M.; GUZEL, N. Effect of sourdough addition on gluten-free sorghum bread fortified with plant-based protein and dietary fiber: Functional, textural, and structural properties. *Cereal Chemistry*, v. 101, p. 518–529, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/cche.10752>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cche.10752>. Acesso em: 11 maio 2026.

VALLONS, K. J. R.; RYAN, L. A. M.; ARENDT, E. K. Promoting structure formation by high pressure in gluten-free flours. *LWT - Food Science and Technology*, v. 44, n. 7, p. 1672-1680, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.024>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643810004019>. Acesso em: 16 set. 2025.

WANG, Z. *et al.* Impact of sourdough fermentation on nutrient transformation and associated health benefits in cereal foods. *Current Research in Food Science*, v. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100742>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927124000686?via%3Dihub>. Acesso em: 11 jan. 2026.

WOO, S.-H. *et al.* Characterization of acid-lactic bacteria and grain yeasts as initiating crops for gluten-free natural fermentation. *Foods*, v. 12, n. 23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12234367>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/23/4367>. Acesso em: 05 fev. 2026.