



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE GASTRONOMIA
CURSO DE BACHARELADO EM GASTRONOMIA

BRENO LUCCA

**MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO APLICADOS AO *SOURDOUGH*: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA SOBRE IMPACTOS NA QUALIDADE DE PÃES**

JOÃO PESSOA

2025

BRENO LUCCA

**MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO APLICADOS AO *SOURDOUGH*: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA SOBRE IMPACTOS NA QUALIDADE DE PÃES**

Trabalho de conclusão de curso que será apresentado à Coordenação do Bacharelado em Gastronomia do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gastronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Estefânia Fernandes Garcia

JOÃO PESSOA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L934m Lucca, Breno.

Métodos de conservação aplicados ao sourdough: uma
revisão sistemática sobre impactos na qualidade de pães
/ Breno Lucca. - João Pessoa, 2025.
33 f. : il.

Orientação: Estefânia Fernandes Garcia.
TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Sourdough desidratado. 2. Panificação. 3. Análise
de qualidade. I. Garcia, Estefânia Fernandes. II.
Título.

UFPB/CTDR

CDU 664.65

BRENO LUCCA

**MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO APLICADOS AO *SOURDOUGH*: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA SOBRE IMPACTOS NA QUALIDADE DE PÃES**

Trabalho de Conclusão de Curso que será apresentado à Coordenação do Curso de Gastronomia do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gastronomia.

Data: 23/04/2025

Resultado: APROVADO

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 ESTEFANIA FERNANDES GARCIA
Data: 01/05/2025 15:33:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Estefânia Fernandes Garcia

Documento assinado digitalmente
 INGRID CONCEICAO DANTAS GONCALVES
Data: 03/05/2025 09:56:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Ingrid C. Dantas Gonçalves

Documento assinado digitalmente
 MARCELO LIMA DOS SANTOS
Data: 03/05/2025 11:51:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcelo Lima Santos

JOÃO PESSOA

2025

RESUMO

Métodos de conservação do *sourdough* apresentam-se como solução promissora para escalabilidade industrial do produto, preservando propriedades sensoriais e funcionais. Esta revisão sistemática de 10 estudos (2015–2023) destaca o *spray-drying* como técnica mais viável, mantendo a preservação do pão e atributos sensoriais equivalentes ao *sourdough* fresco. Em contraste, secagem em estufa e liofilização mostraram inconsistências, com equilíbrio entre ganhos estruturais e perdas sensoriais, enquanto o congelamento demonstrou dependência crítica de reidratação para evitar textura compacta. Desafios críticos incluem falta de padronização metodológica (70% dos estudos não descrevem parâmetros de secagem), limitando reprodutibilidade. Tendências apontam que concentrações acima de 10% comprometem textura, enquanto concentrações menores melhoram a qualidade geral. Os achados confirmam que a secagem controlada replica benefícios tradicionais, mas lacunas metodológicas e variabilidade exigem protocolos otimizados. Pesquisas futuras devem focar em resistência de cepas e estratégias custo-efetivas para consolidar o *sourdough* seco como alternativa sustentável na panificação moderna.

Palavras-chave: Sourdough desidratado; panificação; análise de qualidade

ABSTRACT

Drying methods for sourdough (natural fermentation starter) present a promising solution for industrial scalability while preserving sensory and functional properties. This systematic review of 10 studies (2015–2023) highlights spray-drying as the most viable technique, maintaining bread preservation and sensory attributes comparable to fresh sourdough. In contrast, oven-drying and freeze-drying showed inconsistencies, balancing structural gains with sensory trade-offs, while freezing exhibited texture compromises unless rehydration was applied. Critical challenges include a lack of methodological standardization (70% of studies omitted drying parameters), limiting reproducibility. Trends indicate that concentrations above 10% degrade texture, while lower concentrations enhance quality. The findings confirm that controlled drying replicates traditional benefits, but methodological gaps and variability demand optimized protocols. Future research should focus on strain resilience and cost-effective strategies to solidify dried sourdough as a sustainable alternative in modern baking.

Keywords: Dry sourdough; breadmaking; quality analysis

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. MODELO TEÓRICO | 8 |
| 2.1 Sourdough: Fundamentação conceitual, qualidades e limitações | 8 |
| 2.2 Técnicas de conservação: Importância e definição de métodos | 10 |
| 3. METODOLOGIA | 12 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 13 |
| 4.1 Caracterização dos artigos | 13 |
| 4.2 Avaliação dos resultados-chave por método de conservação | 19 |
| 4.2.1 <i>Oven-dry</i> | 20 |
| 4.2.2 <i>Freeze-dry</i> | 21 |
| 4.2.3 <i>Spray-dry</i> | 22 |
| 4.2.4 <i>Freezing</i> | 23 |
| 4.2.5 Conservação não especificada..... | 24 |
| 4.3 Análise das conclusões | 26 |
| 5. CONCLUSÃO | 30 |
| 6. REFERÊNCIAS | 31 |

1. INTRODUÇÃO

O fermento natural da panificação chamado de *sourdough* é uma mistura composta por farinha e água, e microrganismos naturalmente presentes nas matérias primas e no ambiente de produção (ARENDRT et al., 2007). A sua preparação apresenta uma complexidade de obtenção e manutenção, a qual é justificada pela lista de benefícios no resultado final de quando é utilizada. O uso do *sourdough* confere ao produto final melhorias tecnológicas e nutricionais (ARORA et al., 2021).

Deste modo, avanços de pesquisa também surgiram para elucidar as propriedades do *sourdough* e trazer maneiras de aumentar sua viabilidade de aplicação em grandes escalas produtivas, sendo uma delas a aplicação de uma importante técnica de conservação de alimentos: a retirada ou imobilização da água. Embora a literatura sobre a aplicação de *sourdough* em panificação seja ampla, poucos estudos focam em sua viabilidade através de métodos de desidratação quando comparado, por exemplo à secagem de microrganismos (ALBAGLI et al., 2021) e especialmente quando se busca manutenção de propriedades sensoriais. Esta limitação impacta diretamente o avanço da aplicação de *sourdough* em larga escala, uma vez que técnicas inadequadas podem comprometer o produto final.

A hipótese do estudo é de que a aplicação de métodos de conservação no *sourdough* possibilita a produção de pães com características sensoriais similares aos elaborados com *sourdough* fresco, preservando sabor, aroma e textura, graças à manutenção das propriedades bioquímicas e da atividade dos microrganismos, como bactérias ácido-láticas. Além disso, acredita-se que o uso de secagem estende a vida útil do *sourdough*, sem comprometer a qualidade final, ao mesmo tempo que mantêm os benefícios à saúde associados à digestibilidade e ao perfil nutricional dos pães. Adicionalmente, sugere-se que a escolha de técnicas de conservação específicas influencia diretamente as propriedades físico-químicas do *sourdough* e as interações entre seus componentes, resultando em variações sensoriais que podem impactar a aceitação do consumidor, destacando a importância da otimização dos processos para equilibrar eficiência industrial e qualidade do produto final.

Ao abordar essa lacuna, a pesquisa não apenas contribuirá para o conhecimento acadêmico, mas também poderá oferecer soluções práticas para a indústria da panificação. A implementação bem-sucedida de métodos de conservação poderia transformar a maneira como o *sourdough* é utilizado, tornando o processo escalonável (MARCO et al., 2022), e consequentemente acessível a um público mais amplo. Além disso, a identificação de técnicas que preservem a qualidade do produto pode ajudar a consolidar a posição do *sourdough*,

aumentando sua aplicação industrial como uma alternativa viável e competitiva em um mercado em constante evolução. A aplicação de métodos de conservação do *sourdough* também pode desempenhar um papel importante na democratização do acesso a produtos de alta qualidade, permitindo que tanto pequenos produtores quanto indústrias menores adotem essas práticas. A inovação tecnológica, preservando métodos tradicionais, agrega valor cultural e econômico à produção de pães artesanais, além de proporcionar uma solução viável para um mercado em crescimento.

Considerando a crescente relevância das aplicações de *sourdough* em escala industrial, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre impacto na qualidade de pães que utilizem *sourdough* de farinha de trigo processada com métodos de conservação, visando elucidar as consequências da retirada e/ou imobilização de água do *sourdough* no produto final. Esta revisão aborda os principais métodos de conservação utilizados em artigos, e analisa como esses processos preservam as propriedades físico-químicas, e microbiológicas dos pães, bem como suas características sensoriais — incluindo fatores-chave como sabor, aroma e textura.

2. MODELO TEÓRICO

2.1 *Sourdough*: Fundamentação conceitual, qualidades e limitações

O *sourdough* apresenta benefícios sensoriais e nutricionais notáveis, além de um importante valor histórico na panificação. A seguir, serão sintetizadas as principais características e limitações do *sourdough*, servindo de base para a análise dos efeitos dos métodos de conservação no desempenho do fermento.

Em sua composição, é formado por farinha de trigo e água, que é fermentada por leveduras e bactérias ácido lácticas, gerando compostos como ácido láctico, ácido acético, etanol e CO₂, que são os principais agentes que modificam as características organolépticas, como o sabor ácido característico, aroma e volume (PAPADIMITRIOU et al., 2019). O *sourdough* pode ser obtido através de fermentação espontânea da própria microbiota – método mais tradicional, ou com culturas introduzidas à mistura no início do processo. A obtenção através da fermentação espontânea é uma forma mais tradicional de início de cultura, em que após a mistura da farinha com a água, essa massa deve ter contato com o ambiente externo em temperatura ambiente e desse modo, o *sourdough* começa com uma pluralidade de microrganismos que se estabilizam a partir de 5-7 dias (WECKX et al., 2010). Com o consumo

dos nutrientes presentes na farinha, a mistura em poucos dias passa por mudanças na composição microbiológica com eliminação dos microrganismos mais sensíveis ao ambiente ácido e manutenção das espécies que melhor se adaptam àquele sistema comensal (VUYST, VANCANNEYT, 2007).

Ao longo do processo a cultura precisa ser alimentada com mais água e farinha periodicamente para manter o ecossistema balanceado em nutrientes, acidez, e maturação da fermentação, e precisa ser conservado em temperatura adequada para a microbiota. A alimentação contínua, propagação ou *backslopping* é um processo essencial, tipicamente, para um *sourdough* a ser mantida ao longo do tempo (GÄNZLE; RIPARI, 2016). Após a estabilização, a biodiversidade diminui consideravelmente, e poucas espécies de microrganismos formam a maior parte do sistema. Já a inoculação com uma cultura iniciadora reduz o período de estabilização, porque as espécies desejadas já são inseridas no início do processo em altas concentrações (VUYST, VANCANNEYT, 2007). A propagação do *sourdough* é delicada e deve ser ideal para que a atividade e maturação da fermentação seja ótima no momento de sua aplicação.

Na literatura, os *sourdoughs* são classificados em tipos I, II, III e IV. Tipo I é o *sourdough* tradicional, obtido pela fermentação espontânea (microrganismos do ambiente, matérias primas e ferramentas de produção) e alimentado por alguns dias até atingir a estabilidade microbiana. Tipo II é o *sourdough* comercial, caracterizado como uma massa líquida de farinha e água inoculada com uma cultura, para acelerar a estabilização da população de microrganismos, o que reduz significativamente o tempo de produção e torna desnecessário o *backslopping* inicial. Quando um método de secagem é aplicado a um *sourdough* tipo II, o fermento que resulta é classificado como *sourdough* Tipo III. Ainda, a combinação dos tipos I e II, resulta no Tipo IV, que utiliza tanto a inoculação de cultura, como o *backslopping* no seu desenvolvimento (PAPADIMITRIOU et al., 2019).

Historicamente, a fermentação natural também desempenhou um papel essencial na evolução da panificação, sendo amplamente utilizada desde as primeiras civilizações (ARORA et al., 2021). Com o tempo, o desenvolvimento de técnicas mais modernas e o surgimento de novos ingredientes e aditivos transformaram o cenário da produção de pães. Esses avanços resultaram em produtos com características desejáveis, como maior durabilidade, e a um custo reduzido, principalmente pela eliminação do *backslopping*. Nessa transição, o *sourdough* foi amplamente substituído por fermentos como o fermento biológico seco (*Saccharomyces cerevisiae*), que oferece maior praticidade e menor manutenção em comparação à utilização de *sourdough* (DE VUYST, KERREBROECK, LEROY, 2017). No entanto, apesar dessa

modernização, a fermentação natural não foi completamente abandonada. O público ainda valoriza o apelo gastronômico dos pães artesanais e tradicionais, reconhecendo os benefícios de tempos de fermentação mais longos, que resultam em sabores mais complexos, além da utilização da acidificação natural como método de conservação, em contraposição ao uso de aditivos químicos (CATZEDDU, 2019).

A panificação com *sourdough* representa uma prática que, além de ser um patrimônio cultural, é amplamente reconhecida por suas propriedades organolépticas e benefícios à saúde. A utilização de fermentação natural não apenas promove um sabor e aroma complexos nos pães, mas também resulta em produtos mais nutritivos e de maior durabilidade (ARORA et al., 2021). Estas características são geradas por algumas interações dos microrganismos do fermento, que incluem a hidrólise do amido (melhorias observadas na reologia, características organolépticas, e digestibilidade) e acidificação da massa (melhoria na conservação, resistência antifúngica, complexidade de sabor, biodisponibilidade de nutrientes e degradação de fatores antinutricionais) (ALBAGLI et al., 2021).

No entanto, a produção de *sourdough* usando métodos tradicionais ainda enfrenta desafios, especialmente em escalas maiores, onde a manutenção do fermento fresco pode ser difícil e custosa (CAGLAR, ERMIS, DURAK, 2020). As condições delicadas se devem à composição do fermento natural apresentar alta atividade de água e elevada concentração de microrganismos, o que pode trazer risco de contaminação ou gerar alta variabilidade e inconsistências no resultado final dos pães produzidos.

2.2 Técnicas de conservação: Importância e definição de métodos

A conservação de alimentos tem desempenhado um papel crucial na segurança alimentar, prolongando a vida útil dos produtos e permitindo sua distribuição em larga escala. Dentre os diversos métodos de conservação, a secagem é uma das técnicas mais antigas e amplamente utilizadas. Seu objetivo é reduzir a umidade dos alimentos a níveis que inibam a atividade microbiana e enzimática, prevenindo a deterioração (NIJHUIS et al., 1996). Essa técnica não apenas prolonga a validade dos alimentos, como também facilita seu armazenamento e transporte, especialmente em situações com infraestrutura limitada para refrigeração.

Existem diferentes métodos de secagem de alimentos, que variam desde técnicas tradicionais até processos industriais altamente controlados. O método natural de secagem ao ar livre, por exemplo, é um dos mais antigos, mas depende de condições climáticas específicas

e pode apresentar maior risco de contaminação. Já a secagem por ar quente (*hot-air drying*, ou *convection-drying* ou *oven-drying*), realizada em estufas ou secadores, utiliza transferência de calor para evaporar os líquidos do alimento e fluxo de ar para remover vapor, e é amplamente usada em ambientes industriais, permitindo controle da temperatura, tempo e fluxo de ar (BRENNAN, 2011).

Além disso, há técnicas mais avançadas, como a liofilização (*freeze-drying*), na qual o alimento é congelado em temperaturas negativas (-40 °C ou menos) e a água é removida por sublimação, preservando melhor suas características sensoriais e nutricionais. Esta técnica difere de um congelamento tradicional pois tem a etapa essencial da sublimação (transformação do gelo em gás diretamente), facilitada pelo uso de sistema com vácuo. Após a sublimação ainda há uma elevação da temperatura gradualmente, mas mantendo a pressão baixa, para remover qualquer umidade residual. Por sua complexidade, é uma técnica de secagem possivelmente dispendiosa e demorada, mas extremamente eficaz em manter propriedades essenciais do alimento para futura reidratação. (REY; MAY, 2011).

Existe também o método de secagem por atomização (*spray-drying*), que consiste em dispersar o material (através de pressão, energia centrífuga, dispersão por ar ou ultrassom) em partículas de tamanho ideal em uma câmara com fluxo de ar aquecido que evapora rapidamente a umidade das gotículas, de forma que passe por secagem. Após separação do vapor, o resultado é um pó que posteriormente pode ser restaurado, dependendo do material. Neste método é importante o controle dos tamanhos das partículas para que sequem sem grandes danos térmicos, assim como o ritmo de dispersão, fluxo e temperatura do gás (PATEL, 2009).

Os efeitos da secagem nos alimentos podem variar de acordo com o método utilizado e a natureza do produto. A remoção de água reduz o volume e o peso dos alimentos, facilitando o armazenamento, mas também pode alterar sua textura, cor e sabor. Métodos como a liofilização minimizam essas alterações, preservando a estrutura celular dos alimentos e mantendo boa parte dos nutrientes. No entanto, processos de secagem com altas temperaturas, como a secagem por ar quente, podem degradar vitaminas, e propriedades antioxidantes e microbiológicas sensíveis ao calor. No caso do *sourdough*, quanto maior for a temperatura empregada, maior será a perda de viabilidade dos microrganismos essenciais à fermentação. Assim, a escolha do método ideal depende do equilíbrio entre a preservação da qualidade sensorial e nutricional e a viabilidade econômica do processo (KROKIDA, MAROULIS, 2000).

A aplicação de métodos de secagem no *sourdough* visa a sua preservação, sendo a viabilidade da microbiota um ponto crucial. A liofilização é frequentemente apontada como um método eficaz para manter a viabilidade celular (MARCO et al; 2022). Este método, que

emprega baixas temperaturas e vácuo, minimiza os danos aos microrganismos em comparação com outros processos. Por outro lado, a secagem por atomização, embora considerada adequada para produção em larga escala, pode levar a uma redução na contagem de células viáveis devido às altas temperaturas de saída, segundo Albagli et al. (2021). No entanto, Marco et al. (2022) destacam que a utilização de agentes protetores durante ambos os processos de secagem pode aumentar significativamente a sobrevivência das bactérias ácido-láticas (BAL) e leveduras presentes no *sourdough*, prolongando sua vida útil. A escolha do método de secagem e a otimização dos seus parâmetros, incluindo a possível adição de crioprotetores e estabilizantes, são, portanto, determinantes para a preservação da microbiota funcional do *sourdough*.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi elaborado através de pesquisa nas bases de dados Google Scholar, Scielo, Pubmed e Portal de periódicos da Capes. Para a busca inicial, utilizando a busca avançada de cada base de dados foi utilizada a seguinte configuração: O trabalho científico deveria conter (em todo o título e corpo) obrigatoriamente a palavra “*sourdough*”, além de uma das seguintes palavras-chave para limitar o tema: “*dry, dried, drying, freeze, froze, frozen, freezing, lyophilization, spray, sprayed, spraying, type-III*”. A busca também se limitou ao intervalo de publicação entre 2015 e 2025. Esta busca resultou no total de aproximadamente 1.000 resultados. Ao ler os títulos, foram critérios de exclusão os que utilizavam farinhas alternativas à de trigo, ou que não tratavam diretamente de analisar impacto qualitativo na utilização de *sourdough* seco. Essa primeira exclusão resultou em uma lista de 18 artigos. Estes trabalhos foram lidos a fim de identificar compatibilidade com o tema proposto. A exclusão de alguns trabalhos foi justificada pela não utilização de artigos de revisão, e de artigos que não avaliassem o impacto qualitativo de pães utilizando o *sourdough* seco, apesar de tratar do assunto em outra perspectiva. Destes 18, o total de 10 artigos foram selecionados para serem lidos na íntegra e analisados.

Para compilação dos dados, as informações relevantes para a pesquisa foram fichadas e organizadas em tabelas para facilitar observação de possíveis tendências, e concordâncias ou discordâncias entre os trabalhos. Foram atribuídos números identificadores na ordem em que os artigos foram encontrados. E catalogados o título dos artigos, ano de publicação, número de citações, objetivo, métodos de secagem analisados, origem do *sourdough* desidratado, concentração do *sourdough* analisado, testes aplicados aos pães (produto final), resultados-chave dos testes, conclusões (segmentando com o tema) e observações gerais.

Tabela 1- Metadados dos artigos analisados

| Nº | Título | Ano de publicação | Nº citações |
|----|--|-------------------|-------------|
| 1 | Spray-dried and freeze-dried sourdough powders: Properties and evaluation of their use in breadmaking | 2021 | 46 |
| 2 | Stabilization of sourdough starter by spray drying technique: New breadmaking perspective. | 2018 | 57 |
| 3 | Quality Properties of Wheat Breads Incorporated with Dried Sourdoughs Produced with Different Fermentation and Drying Methods. | 2018 | 19 |
| 4 | Effects of Dry Sourdough on Bread-Making Quality and Acrylamide Content. | 2021 | 13 |
| 5 | Effect of Commercial Dried Sourdoughs on Structural Characteristics of Wheat Bread. | 2019 | 8 |
| 6 | Effect of dry sourdough addition in wheat flour on dynamic rheological properties and bread quality. | 2021 | 2 |
| 7 | Shelf-life extension of leavened bakery products by using bio-protective cultures and type-III sourdough. | 2023 | 17 |
| 8 | Process parameters and technological quality of french rolls produced with dry sourdough to reduce sodium. | 2015 | 7 |
| 9 | The Effect of Sea Salt, Dry Sourdough and Fermented Sugar as Sodium Chloride Replacers on Rheological Behavior of Wheat Flour Dough. | 2020 | 8 |
| 10 | Free Sorting and Association Task: A Variant of the Free Sorting Method Applied to Study the Impact of Dried Sourdough as an Ingredient on the Related Bread Odor. | 2017 | 12 |

Fonte: Dados da pesquisa

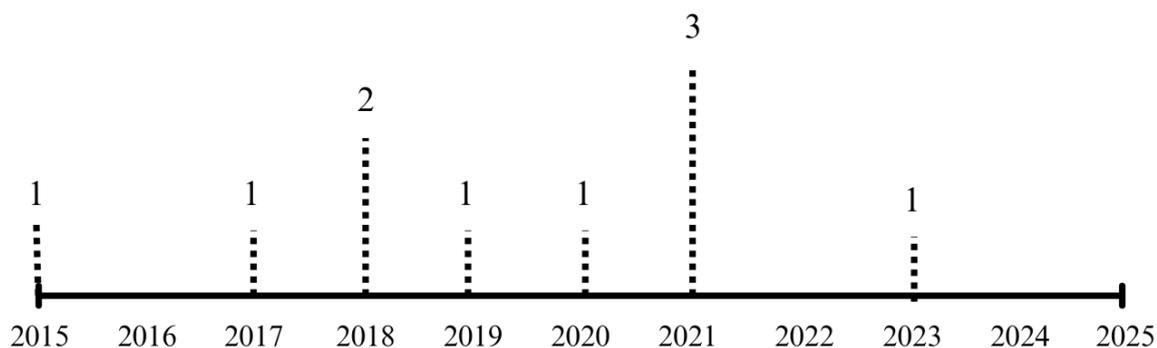
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos artigos

Os 10 artigos reunidos foram cuidadosamente lidos, e fichados. Todos eles em seus títulos e objetivos citam a palavra *sourdough*, assim como propõem análises para avaliar efeitos na elaboração de produtos de panificação elaborados com *sourdough* processado com método(s) de secagem. Como podemos observar na Figura 1, o intervalo de publicação dos artigos foi entre 2015 e 2023, sendo 1 em 2015, 1 em 2017, 2 em 2018, 1 em 2019, 1 em 2020,

3 em 2021 e 1 em 2023. Observamos que 70% dos estudos foram publicados entre 2018 e 2021, o que sugere um pico de interesse recente na área, possivelmente justificada pela demanda por ingredientes naturais e redução de aditivos químicos.

Figura 1 - Linha do tempo das publicações analisadas



Fonte: Dados da pesquisa

Quanto ao número de citações, os mais notáveis foram os estudos 2, 1 e 3 com 57, 46 e 19 citações, respectivamente. Os 3 artigos mais citados também são os que testam e comparam diferentes métodos de conservação (o 2 compara 4 métodos, o 1 compara 2 métodos, e o 3 compara 3 métodos.), além de especificarem os métodos de conservação utilizados, produzirem o próprio *sourdough* seco, e utilizarem-no em maior concentração. Isso aponta para uma qualidade descritiva de metodologia, além de análises complexas mais valorizada pelos pares, pois permitem comparar vantagens e desvantagens dos métodos de conservação no mesmo estudo. Do total de 10 artigos, alguns dos mais recentes (de 2021 e 2023) já acumulam um número considerável de citações (por exemplo, o estudo número 1 de 2021 com 46 citações, e o estudo 7 de 2023 com 17 citações). Isso indica que, mesmo sendo mais recentes, esses trabalhos estão tendo repercussão na comunidade.

Os artigos menos citados (6, 8, 9 e 5, respectivamente) são os que demonstraram resultados mais inconclusivos, nas quais as amostras com *sourdough* apresentaram pouca diferença com amostras sem sua presença, ou que não conseguiram demonstrar relevância estatística para os diferentes resultados em cada teste. Esse padrão sugere que a clareza e a relevância dos achados, bem como a capacidade de realizar comparações significativas entre métodos, são fatores determinantes para o reconhecimento dos estudos na área. Também reforça que estudos com metodologia descritiva detalhada e comparativa, que empregam *sourdough*

produzido *in loco* em concentrações mais elevadas, tendem a ser mais citados. Essa tendência aponta para a importância de um delineamento metodológico robusto e de análises abrangentes dos métodos de conservação de *sourdough* na panificação, aspecto fundamental para o avanço e a padronização dessa área de pesquisa.

Ainda, os artigos mais recentes apresentaram análises propostas mais condizentes com tendências de consumo, buscando estudar extensão de vida de prateleira, diminuição dos níveis de acrilamida (possivelmente tóxico) e redução da concentração de cloreto de sódio, estes objetivos sendo buscados através do uso do *sourdough* seco, revelando tendências modernas de consumo saudável de alimentos. Os métodos de conservação obtidos foram *freeze-dry* (liofilização), *freezing* (congelamento), *oven-dry* (secagem em forno ou estufa), e *spray-dry* (secagem por atomização). Estes foram obtidos de 4 artigos, os 6 restantes não especificaram métodos de secagem aplicados ao *sourdough*, e o único utilizado em todos os artigos que especificaram seus métodos foi o *spray-dry*. Acredita-se que este é o mais citado por ser um processo mais econômico, e mais facilmente escalonável do que liofilização, por exemplo (PATEL, 2009). A falta de especificação nos outros trabalhos indica lacuna metodológica na descrição dos processos realizados.

Além disso, apenas 3 artigos produziram seu próprio *sourdough*, e os 7 restantes analisaram produtos feitos com *sourdough* comercial. A ênfase em *spray-dry*, e *sourdough* comercial dos artigos reflete um viés para soluções industriais dos estudos encontrados.

Quanto ao intervalo de concentrações trabalhadas nos estudos, estas foram separadas em 3 faixas: faixa baixa ($\leq 3\%$), média ($<10\%$), e alta ($\geq 10\%$). Na faixa baixa foram trabalhados 5 valores (0,5%, 1%, 1,45%, 2% e 3%) na faixa média 6 valores (4%, 5%, 6%, 7%, 8,54% e 9%) na faixa alta 4 valores (10%, 12%, 15% e 20%). O valor que mais se repetiu foi o de 3%, sendo analisado em 4 estudos, seguido pelo valor de 1% avaliado em 3 estudos, e 2%, 4% 5% e 6% avaliados em 2 estudos. Os outros valores não se repetiram. Sendo assim, a faixa baixa domina os estudos, apresentando 11 ocorrências, enquanto a média apresenta 9 ocorrências e a faixa alta apresenta 4 ocorrências.

Tabela 2 - Aspectos metodológicos dos artigos

| Nº | Objetivo | Métodos de conservação | Origem do <i>sourdough</i> | Concentração de <i>sourdough</i> (em relação à farinha) |
|----|--|---|----------------------------|---|
| 1 | <p>Produzir pós de fermento natural utilizando diferentes métodos de secagem, caracterizá-los e avaliar seu uso potencial em formulações de pães de fermento natural. Para isso, dois métodos distintos (<i>freeze-dry</i> e <i>spray-dry</i>) foram empregados para obter os pós de fermento natural desidratados. Pães de fermento natural foram produzidos utilizando as amostras de pó de fermento natural, e as propriedades físico-químicas dos pães foram avaliadas.</p> | <i>Spray-dry</i> <i>Freeze-dry</i> | Própria | 3%, 6%, 9%, 15% |
| 2 | <p>Produzir pães utilizando um fermento natural estabilizado, evitando o uso de fermento biológico. Para isso, diferentes técnicas, como <i>spray-dry</i>, <i>freezing</i>, <i>oven-dry</i> e <i>freeze-dry</i>, foram testadas para a estabilização do fermento natural. Experimentos de panificação, utilizando os fermentos naturais estabilizados, foram realizados, e a capacidade de fermentação da massa, bem como as características sensoriais dos pães, foram avaliadas.</p> | <i>Spray-dry</i> <i>Freeze-dry</i> <i>Freezing</i> <i>Oven-dry</i> | Própria | 20% |
| 3 | <p>Avaliar o efeito do fermento natural desidratado nas propriedades físico-químicas e nas características sensoriais do pão. Dois tipos de <i>fermentação</i>, fermentação espontânea (SPF) e fermentação com adição de cultivo de bactérias ácido lácticas (STF), foram realizados na produção do fermento natural. A secagem foi conduzida em <i>freeze-dryer</i>, <i>spray-dryer</i> e em estufa. Garantiu-se a proteção da vitalidade microbiana dos fermentos naturais desidratados durante os processos de secagem. Os pós de fermento natural foram utilizados em proporções de 3%, 6% e 12% na fórmula do pão, e os resultados foram comparados com o pão controle.</p> | <i>Spray-dry</i> <i>Freeze-dry</i> <i>Oven-dry</i> | Própria | 3%,6%, 12% |

Tabela 2 - Aspectos metodológicos dos artigos

| Nº | Objetivo | Métodos de conservação | Origem do <i>sourdough</i> | Concentração de <i>sourdough</i> (em relação à farinha) |
|----|---|------------------------|----------------------------|---|
| 4 | Investigar a possibilidade de reduzir o teor de acrilamida em amostras de pão elaboradas a partir de farinha de trigo com alta taxa de extração, por meio da adição de fermento natural desidratado à receita do pão. | Não especificado | Comercial | 1%, 2%, 3%, 4% |
| 5 | Investigar o efeito da adição de três diferentes fermentos naturais desidratados comerciais nas características estruturais do pão de trigo. Foram avaliadas a reologia, a textura e as características físico-químicas tanto da massa quanto do pão final. Amostras controle foram preparadas utilizando fermento biológico panificável desidratado comum (100% <i>Saccharomyces cerevisiae</i>). | Não especificado | Comercial | 7% |
| 6 | Investigar o efeito da adição de fermento natural desidratado à farinha de trigo e analisar as propriedades reológicas dinâmicas e a qualidade do pão, por meio da avaliação do volume do pão, porosidade, elasticidade, características texturais e sensoriais. | Não especificado | Comercial | 1%, 2%, 3%, 4% |
| 7 | Caracterizar o efeito combinado de culturas bioprotetoras multicepas e de <i>sourdough</i> tipo III na extensão da vida útil de amostras de massa de pizza e focácia. Uma abordagem multi-ômica foi aplicada para avaliar as principais alterações químicas, microbiológicas e metabolômicas ocorridas durante as fases de armazenamento. | <i>Spray-dry</i> | Comercial | 1% |
| 8 | Avaliar os efeitos do uso de fermento natural desidratado na redução de sódio em pães franceses, em relação aos parâmetros do processo e à qualidade tecnológica do produto final. | Não especificado | Comercial | 1,45%, 5%, 8,54%, 10% |

Tabela 2 - Aspectos metodológicos dos artigos

| Nº | Objetivo | Métodos de conservação | Origem do <i>sourdough</i> | Concentração de <i>sourdough</i> (em relação à farinha) |
|----|---|------------------------|----------------------------|---|
| 9 | Investigar os efeitos dos fatores de formulação — sal marinho, fermento natural desidratado e açúcar fermentado — como substitutos do cloreto de sódio na farinha de trigo, sobre as propriedades reológicas de mistura, extensão, gelatinização e fermentação da massa, avaliadas por meio dos equipamentos Farinógrafo, Extensógrafo, Amilógrafo e Reofermentômetro. | Não especificado | Comercial | 0,50% |
| 10 | Avaliar a precisão do método de classificação livre e associação na relação entre duas categorias de produtos (fermento natural desidratado e pão), além de demonstrar se essa similaridade pode ser avaliada tanto entre o fermento natural desidratado e o pão quanto entre o pão e o fermento natural desidratado. Essa avaliação envolveu análises da diversidade do fermento natural desidratado, seu impacto no pão e a comparação dos descritores gerados. | Não especificado | Comercial | 5% |

Fonte: Dados da pesquisa

A revisão identificou 45 testes diferentes aplicados aos pães (produto final), e estes foram separados em 5 categorias:

- a) Propriedades físicas e estruturais: (salto de forno, volume, volume específico, peso, formato, abertura do corte, altura do corte, porosidade, número de alvéolos, tamanho dos alvéolos, distribuição dos alvéolos, análise de coloração);
- b) Propriedades de textura: (textura, firmeza do miolo, dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, resiliência);
- c) Propriedades químicas e microbiológicas: (pH, acidez titulável total, atividade de água, umidade, perda de umidade, atividade antioxidante, nível de acrilamida,

quantificação de lipídios, quantificação de proteínas, quantificação de carboidratos, quantificação de cinzas, quantificação de fibras, valor energético, determinação de micotoxinas e metais pesados, caracterização das proteínas, contagem total de microrganismos viáveis, análise microbiológica, análise qualitativa e quantitativa de DNA, análise dos ácidos orgânicos voláteis) ;

- d) Propriedades de *shelf-life*: (grau de envelhecimento, concentração de O₂, concentração de CO₂, enumeração do crescimento de mofo, e *shelf-life*);
- e) Propriedades sensoriais: (análise sensorial).

A categoria predominante é a de Propriedades físicas e estruturais, que está presente em 9 dos 10 estudos, tendo como principais testes volume (6/10), análise de coloração (5/10) e volume específico (3/10). Propriedades sensoriais apareceram em 6 dos 10 estudos, assim como Propriedades de textura, que tiveram como principal teste a coesividade (4/10). Propriedades químicas e microbiológicas apareceram em 5 dos 10 estudos e propriedades de *shelf-life* em 3 dos 10.

4.2 Avaliação dos resultados-chave por método de conservação

A análise comparativa dos métodos de secagem revela *trade-offs* marcantes entre desempenho estrutural, aceitação sensorial e funcionalidade. O *oven-dry* destacou-se por inconsistência, apresentando maior volume específico acompanhando aumento de concentração (no estudo 3) e retenção de umidade superior, assim como bem avaliado sensorialmente. E na concentração de 20% (no estudo 2) apresentou textura compacta e notas baixas em aparência e sabor. Já o *freeze-dry* apresentou redução do envelhecimento e atividade antioxidante relevante com vantagem para a *shelf-life*, mas comprometeu volume e coloração, além de resultados sensoriais inconsistentes.

O *spray-dry* emergiu como o método mais equilibrado: manteve aceitação sensorial próxima ao controle quando comparado, maior atividade antioxidante e controle eficaz de mofo em concentrações baixas e altas, além de estender a *shelf-life* em 10 dias e preservar estrutura de alvéolos, embora com redução de volume em altas concentrações. Por fim, o *freezing* mostrou-se dependente de reidratação para evitar textura compacta, com desempenho sensorial variável. Enquanto o *spray-dry* foi o mais analisado acima de todos, apresenta-se ideal para

aplicações industriais que priorizam equilíbrio entre qualidade e funcionalidade, o *oven-dry* atende nichos focados em volume máximo, desde que compensem deficiências sensoriais.

O baixo número de estudos com método de secagem explicitamente descrito dificultou a conclusão de diferenciação mais profunda entre os métodos, apesar de ainda permitir enxergar padrões na utilização de *sourdough* desidratado no geral. Recomenda-se padronização de concentrações e a descrição detalhada de métodos como essenciais para avançar na comparação e otimização dessas técnicas.

Os estudos com secagem não especificada revelaram padrões: concentrações $\leq 3\%$ geralmente aumentaram o volume (estudos 4, 6, 9), enquanto $\geq 4\%$ tiveram efeito negativo (estudos 4, 6). Avaliações sensoriais paradoxais foram observadas, como a amostra 4% (estudo 4) sendo a mais bem avaliada em sabor, apesar do volume reduzido, sugerindo que fatores como aroma e maciez compensaram defeitos estruturais. Efeitos físicos/estruturais consistentes incluíram escurecimento da coloração (estudos 4, 8, 9) e redução de firmeza/gomosidade (Estudos 4, 6), indicando potencial para pães macios. No entanto, a ausência de especificação do método de secagem dificultou a identificação de padrões claros. Por exemplo, o Estudo 8 relatou variação extrema no volume específico sem correlação com concentração, e o Estudo 10 destacou a influência única do perfil aromático do *sourdough* seco, independentemente do método. Esses resultados reforçam a necessidade de transparência metodológica. Enquanto o *spray-dry* (único método amplamente especificado) mostrou-se ideal para aplicações industriais, os estudos não especificados sugerem que concentrações baixas ($\leq 3\%$) tendem a ser mais seguras para evitar comprometimento sensorial, efeitos positivos isolados (ex.: redução de acrilamida no Estudo 4) podem mascarar *trade-offs* estruturais, e a falta de padronização limita a comparabilidade e reprodução dos resultados.

4.2.1 *Oven-dry*

No estudo 2:

- a) Propriedades Físicas e Estruturais;
 - textura compacta na versão reidratada.

- b) Propriedades de Textura;
 - diminuição da elasticidade.

c) Propriedades Sensoriais;

- notas significativamente mais baixas em sabor, textura e aparência vs. controle.

No estudo 3:

a) Propriedades Físicas e Estruturais;

- maior volume específico (12% + fermentação espontânea);
- sem efeito significativo na coloração.

b) Propriedades Químicas e Microbiológicas:

- atividade antioxidante significativamente maior (crescente com concentração).
- melhor controle de mofo em concentrações >6%.

c) Propriedades de Textura:

- menor elasticidade vs. controle.

d) Propriedades de *Shelf-Life*:

- maior umidade (sem diferença entre fermentação espontânea e com starter) e menor perda de umidade vs. controle.

e) Propriedades Sensoriais:

- melhor avaliação em sabor/aroma (junto com *freeze-dry*).

4.2.2 *Freeze-dry*

No estudo 1:

a) Propriedades Físicas e Estruturais:

- redução de volume específico (mais acentuada que *spray-dry*).
- escurecimento da coloração com aumento de concentração.

b) Propriedades de *Shelf-life*:

- menor grau de envelhecimento (exceto em 3%).

No estudo 2:

- a) Propriedades Físicas e Estruturais:
 - disposição mediana de alvéolos.

- b) Propriedades Sensoriais:
 - notas significativamente mais baixas em sabor, textura e aparência vs. controle.

No estudo 3:

- a) Propriedades Físicas e Estruturais:
 - sem efeito significativo na coloração.

- b) Propriedades Químicas e Microbiológicas:
 - segunda maior atividade antioxidante (após *spray-dry*).
 - controle de mofo a partir de 3%.

- c) Propriedades Sensoriais:
 - melhor avaliação em sabor/aroma (junto com *oven-dry*).

4.2.3 *Spray-dry*

No estudo 1:

- a) Propriedades Físicas e Estruturais:
 - redução de volume específico em concentrações $\geq 9\%$.
 - escurecimento da coloração com aumento de concentração do *sourdough* desidratado.

- b) Propriedades de *Shelf-life*:
 - menor grau de envelhecimento (exceto em 3%).

No estudo 2:

- a) Propriedades Físicas e Estruturais:
 - estrutura de alvéolos igual ao controle.

b) Propriedades de Textura:

- textura homogênea.

c) Propriedades Sensoriais:

- aceitação sensorial semelhante ao controle (versão reidratada).

No estudo 3:

a) Propriedades Físicas e Estruturais:

- aumento de volume específico quando combinado *sourdough* seco e fermentação inoculada.

b) Propriedades Químicas e Microbiológicas:

- maior atividade antioxidante (inoculada + espontânea).
- controle de mofo em todas as faixas de concentração.

No estudo 7:

a) Propriedades Químicas e Microbiológicas:

- redução de mofo/leveduras e população microbiana heterogênea.
- maior presença de *Bacillus* (4x vs. controle).
- sem diferenças nutricionais vs. controle.

b) Propriedades de *Shelf-Life*:

- *shelf-life* estendida em 10 dias.
- atividade de água mais baixa e umidade estável vs. controle.

4.2.4 Freezing

No estudo 2:

a) Propriedades Físicas e Estruturais:

- textura compacta (sem reidratação).

b) Propriedades Sensoriais:

- aceitação sensorial boa (versão reidratada).
- notas significativamente mais baixas em sabor, textura e aparência (sem reidratação).

4.2.5 Conservação não especificada

No estudo 4:

a) Propriedades Físicas e Estruturais:

- volume maior em 1%, 2%, 3%, mas redução em 4%;
- porosidade aumentou com *sourdough*, porém sem relação com concentração;
- escurecimento da coloração (sem diferença entre concentrações).

b) Propriedades de Textura:

- firmeza e gomosidade diminuíram (tendência acompanhou a concentração).

c) Propriedades Químicas e Microbiológicas:

- níveis de acrilamida menores vs. controle, mas sem relação com concentração;

d) Propriedades Sensoriais:

- melhores avaliações: 2% > 1% > 3% > Controle;
- pior avaliação: 4% (sabor, aparência, cheiro, textura).

No estudo 5:

a) Propriedades Químicas e Microbiológicas:

- pH menor (amostras A e B vs. controle);
- atividade de água sem diferença significativa.

b) Propriedades de Textura:

- dureza significativamente menor (A e B < controle);
- elasticidade, coesividade e resiliência sem diferença significativa.

No estudo 6:

a) Propriedades Físicas e estruturais:

- volume maior em 1%, 2%, 3% vs. controle; 4% menor;
- porosidade seguiu a mesma tendência do volume.

b) Propriedades de Textura:

- elasticidade e *springiness* aumentaram levemente (sem significância estatística);
- *cohesiveness* e gomosidade diminuíram levemente (sem significância estatística).

c) Propriedades Sensoriais:

- amostra 4% foi a mais bem avaliada (exceto em aparência, vencida por 3%).

No estudo 8:

a) Propriedades Físicas e estruturais:

- salto de forno reduzido, mas concentrações 1,45% e 5% ainda foram satisfatórias;
- volume específico variou sem correlação com concentração;
- abertura do corte ideal em 5% e 8,54%; altura do corte reduzida com aumento de sal + *sourdough*;
- coloração mais escura vs. controle.

b) Propriedades de Textura:

- sem efeito significativo na textura.

No estudo 9:

a) Propriedades Físicas e Estruturais:

- volume, porosidade e elasticidade levemente maiores vs. controle.

b) Propriedades de Textura:

- *springiness*, *cohesiveness* e resiliência levemente maiores; firmeza menor.

c) Propriedades Sensoriais:

- coloração mais escura e melhor avaliação em todas as categorias vs. controle.

No estudo 10:

a) Propriedades Sensoriais:

- associação correta entre *sourdough* e pães na maioria das amostras;
- efeitos únicos no perfil aromático, com descritores compartilhados entre *sourdough* e pães (exceto "*sulfur*" e "*spicy*").

4.3 Análise das conclusões

A análise das conclusões dos artigos revisados revela um alinhamento geral entre os objetivos propostos e os resultados alcançados, embora com nuances críticas. Nos estudos focados em métodos de secagem específicos, como *spray-dry* (Estudos 1 e 2) e *freeze-dry* (Estudo 1), os objetivos de avaliar propriedades físico-químicas e sensoriais foram cumpridos, destacando-se o *spray-dry* como o método mais equilibrado para aplicações industriais, devido à aceitação sensorial próxima ao controle e à extensão da *shelf-life*. Por outro lado, o *oven-dry* (Estudo 3) mostrou eficácia em maximizar o volume específico (12% com fermentação espontânea), mas enfrentou limitações sensoriais, como textura compacta, que restringem sua aplicação em mercados premium.

Portanto, para uma comparação mais ampla, outra revisão sistemática aponta que a escolha do melhor método de secagem possibilita uma boa viabilidade celular, e a aplicação de agentes protetores resulta em um *sourdough* tipo III viável (MARCO et al., 2022). Marco et al., (2022) observaram que a otimização dos parâmetros do processo também leva a um aumento da viabilidade celular. Em relação aos métodos específicos, essa revisão sistemática destaca que a liofilização (*freeze-drying*), com suas baixas temperaturas e vácuo, e a secagem por atomização (*spray-drying*), com o curto tempo de exposição da amostra, preservam melhor os nutrientes e a viabilidade dos microrganismos. Adicionalmente, Marco et al., (2022) sugerem que o *spray-dry* é uma técnica promissora que pode substituir a liofilização para a produção em larga escala de *sourdough* tipo III, considerando os custos operacionais e a produção contínua. Contudo, ressalta-se a necessidade de mais estudos para otimizar a sobrevivência microbiana nesse método.

Nos estudos analisados voltados para benefícios à saúde, como a redução de acrilamida (Estudo 4) e cloreto de sódio (Estudo 8), alcançaram resultados parciais. No Estudo 4, concentrações de 1 a 2% de *sourdough* desidratado reduziram a acrilamida em 63%, mas concentrações acima de 4% aumentaram precursores do composto, indicando um limite seguro para aplicação. Já no Estudo 8, a substituição de 5% de NaCl por *sourdough* seco permitiu

redução de 17% a 45% no sódio, porém a falta de validação sensorial detalhada deixa lacunas sobre a aceitação prática.

Padrões consistentes emergiram: concentrações $\leq 3\%$ foram associadas a benefícios estruturais e sensoriais (Estudos 4, 6), enquanto concentrações altas ($\geq 10\%$) comprometeram volume e textura. Paradoxalmente, no Estudo 6, a amostra com 4% de *sourdough* seco foi a mais bem avaliada sensorialmente, sugerindo que atributos como aroma e maciez compensaram defeitos estruturais. Esses achados ressaltam a complexidade das interações entre concentração, método de secagem e percepção do consumidor.

Apesar do progresso, lacunas metodológicas persistem. A ausência de padronização em alguns dos estudos — como a falta de descrição de parâmetros de secagem— dificulta a reprodução e comparação de resultados, e como citado, foi ponto negativo na análise da relevância dos artigos (pelo número de citações).

Tabela 3 - Síntese das conclusões

| Nº | Conclusões |
|----|--|
| 1 | Os pães produzidos com pós de fermento natural apresentaram menor volume específico e valores de dureza mais elevados. Além disso, a adição de pós de fermento natural (DSD) em níveis mais altos demonstrou efeitos positivos no envelhecimento do pão. A <i>shelf-life</i> das amostras de pão foi ampliada com a incorporação do DSD na massa. Portanto, os pós de fermento natural podem ser utilizados como ingredientes funcionais em formulações de massa de pão. |
| 2 | Concluiu-se que o fermento natural desidratado por <i>spray-dry</i> quando adequadamente reativado, pode ser utilizado com sucesso para a produção de pães, eliminando o uso de ativador de fermento biológico e resultando em produtos com características sensoriais comparáveis àquelas obtidas com fermentos naturais frescos. |

Tabela 3 - Síntese das conclusões

| Nº | Conclusões |
|----|--|
| 3 | <p>O volume dos pães aumentou significativamente em função da taxa de uso do fermento natural desidratado (DSD). A utilização de DSD afetou positivamente o volume e volume específico dos pães. Além disso, promoveu um aumento no teor de umidade e retenção de umidade, especialmente no 2º e 6º dias de vida útil, o que pode ser interpretado como desaceleração na perda de água. Esse resultado representa uma melhoria significativa na <i>shelf-life</i> do produto e contribui para a redução do desperdício de pão, ao retardar o envelhecimento.</p> <p>Os valores a* aumentaram conforme a quantidade de DSD utilizada. Essa observação foi confirmada pelas preferências dos julgadores ao final da análise sensorial: as pontuações totais dos pães com DSD foram superiores às do pão controle.</p> |
| 4 | <p>Foram testadas diferentes combinações de métodos de fermentação e secagem. Em geral, o fermento produzido por fermentação espontânea (SPF) apresentou desempenho superior ao produzido com adição de cultivo iniciador de bactérias lácticas (STF). <i>Spray-dry</i> produziu melhores resultados para o STF, enquanto a secagem <i>oven-dry</i> foi mais eficaz para o SPF.</p> <p>Os resultados obtidos foram positivos, indicando que o uso de DSD é viável para otimizar processos produtivos sem comprometer a qualidade.</p> <p>Todas as amostras de pão em que fermento natural desidratado (SD) foi adicionado à farinha apresentaram melhores características físicas em comparação ao pão controle. Todos os parâmetros texturais avaliados diminuíram com o aumento da quantidade de fermento natural desidratado na receita. As medidas de cor indicaram um escurecimento mais pronunciado na casca do pão do que no miolo após a adição de SD.</p> |
| 5 | <p>A adição de baixos níveis de fermento natural desidratado à farinha de trigo é uma opção eficaz para reduzir a acrilamida em pães, além de melhorar sua qualidade tecnológica e sensorial.</p> <p>O pão preparado com este fermento natural desidratado apresentou propriedades de textura semelhantes ao pão controle. O maior valor de dureza provavelmente está relacionado a uma maior resistência desenvolvida pela matriz de glúten, resultando em miolo mais macio em comparação aos pães elaborados com outros fermentos naturais.</p> |

Tabela 3 - Síntese das conclusões

| Nº | Conclusões |
|----|--|
| 6 | <p>Sobre a qualidade do pão, o volume do pão aumentou gradualmente quando baixos níveis de fermento natural desidratado (DSD) foram incorporados à receita, mas diminuiu com a adição de quantidades maiores.</p> <p>Em relação às propriedades texturais, os pães com DSD apresentaram maior elasticidade em comparação à amostra controle. Já na análise sensorial, os pães com maiores quantidades de fermento foram os mais apreciados pelos painelistas.</p> |
| 7 | <p>A abordagem utilizada permitiu aumentar em 10 dias adicionais a <i>shelf-life</i> de dois diferentes produtos de panificação. O método aqui aplicado, baseado na combinação de culturas bioprotetoras e <i>sourdough</i> tipo III, resultou na produção de um produto pré-assado microbiologicamente estabilizado, graças ao enriquecimento com compostos antimicrobianos de rótulo limpo desde as fases iniciais do preparo da massa e durante todo o período de fermentação.</p> |
| 8 | <p>A comparação entre as características da amostra de pão otimizada (obtida por meio do teste de panificação) e a amostra controle não indica diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras. No entanto, a amostra otimizada apresentou melhores características sob os aspectos físico e textural, além de uma coloração mais escura e maior aceitação pelos painelistas na avaliação sensorial.</p> |
| 9 | <p>Para os parâmetros de salto de forno e altura do corte, resultados desejáveis foram alcançados com concentrações intermediárias de NaCl, porém com menores quantidades de fermento natural desidratado (DS). Os parâmetros de cor, que foram mais influenciados pelo DS, também apresentaram resultados adequados nessas condições.</p> |
| 10 | <p>DS pode ser uma alternativa para a redução de sódio em pães franceses, já que, com concentrações próximas a 5% de DS, foi possível reduzir os níveis de NaCl de 1,8% (referência: farinha) para valores entre 1% e 1,5%, o que corresponde a uma redução de 17% a 45%.</p> <p>Os resultados destacam que o fermento natural desidratado (DSD) pode modificar o aroma do pão, mesmo quando adicionado em pequenas quantidades à massa, e que tanto o DSD quanto o pão compartilham características de aroma na maioria dos produtos selecionados. Por fim, fica evidente que a análise sensorial aplicada diretamente ao fermento desidratado pode ser utilizada para otimizar sua formulação e processamento, garantindo resultados alinhados às expectativas de qualidade.</p> |

Fonte: Dados da pesquisa.

Esta análise demonstra que, embora os estudos revisados tenham cumprido seus objetivos ao relacionar métodos de secagem a propriedades específicas do pão, lacunas metodológicas e inconsistências nas concentrações testadas limitam a generalização dos achados. O *spray-dry* confirmou-se como o método mais robusto para aplicações industriais, enquanto concentrações $\leq 3\%$ emergiram como seguras para equilíbrio entre funcionalidade e aceitação sensorial. Paradoxalmente, resultados como a preferência por amostras com 4% (apesar de defeitos estruturais) revelam a necessidade de abordagens integradas que considerem múltiplos atributos simultaneamente. A padronização de protocolos e a inclusão sistemática de análise sensorial são passos críticos para consolidar a *sourdough* seca como alternativa viável na panificação moderna, conforme evidenciado pelas tendências e limitações discutidas nesta seção.

5. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a secagem da *sourdough* é viável para aplicação industrial, com resultados sensoriais e tecnológicos comparáveis aos do *sourdough* fresco quando métodos adequados são utilizados. O *spray-drying* destacou-se por equilibrar eficiência e qualidade, preservando aroma, textura e propriedades de conservação, apresentando potencial de equivalência com *sourdough* fresco, mesmo em concentrações moderadas (3–6%). Contudo, concentrações acima de 10% comprometeram volume e firmeza dos pães, independentemente do método.

A hipótese inicial foi parcialmente confirmada: técnicas como liofilização e *spray-drying* mantiveram propriedades essenciais, mas a falta de padronização nos protocolos de secagem limitou a generalização dos resultados. Além disso, a secagem em estufa (*oven-dry*) mostrou-se inconsistente, com variações sensoriais que dependem da concentração e tipo de fermentação.

Em síntese, a pesquisa reforça que o *sourdough* seco pode replicar as qualidades da versão fresca desde que métodos controlados e concentrações ideais sejam adotados, oferecendo uma alternativa prática para escalar produções sem sacrificar tradição ou aceitação do consumidor. Para isso, são necessários mais estudos que aprofundem a padronização de protocolos e avaliem interações entre métodos de secagem, concentrações e características sensoriais em diferentes contextos.

6. REFERÊNCIAS

ALBAGLI, G. et al. How dried sourdough starter can enable and spread the use of sourdough bread. **LWT**, v. 149, p. 111888, set. 2021.

ARENDRT. Impact of sourdough on the texture of bread. **Food Microbiology**, v. 24, n. 2, p. 165–174, 1 abr. 2007.

ARORA, K. et al. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 108, n. 1, p. 71–83, fev. 2021.

CAGLAR, N.; ERMIS, E.; DURAK, M. Z. Spray-dried and freeze-dried sourdough powders: Properties and evaluation of their use in breadmaking. **Journal of Food Engineering**, v. 292, p. 110355, mar. 2021.

CALASSO, M. et al. Shelf-life extension of leavened bakery products by using bio-protective cultures and type-III sourdough. **LWT**, v. 177, p. 114587, mar. 2023.

CATZEDDU, P. Sourdough Breads. **Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention**, p. 37–46, 2011.

CODINĂ, G. G.; SARION, C.; DABIJA, A. Effects of Dry Sourdough on Bread-Making Quality and Acrylamide Content. **Agronomy**, v. 11, n. 10, p. 1977, 30 set. 2021.

DE VUYST, L.; VAN KERREBROECK, S.; LEROY, F. Microbial Ecology and Process Technology of Sourdough Fermentation. **Advances in Applied Microbiology**, p. 49–160, 2017.

DE VUYST, L.; VANCANNEYT, M. Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria. **Food Microbiology**, v. 24, n. 2, p. 120–127, abr. 2007.

ERTOP, M. H. et al. Quality Properties of Wheat Breads Incorporated with Dried Sourdoughs Produced with Different Fermentation and Drying Methods. **Food Science and Technology Research**, v. 24, n. 6, p. 971–980, 2018.

- GÄNZLE, M.; RIPARI, V. Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality. **International Journal of Food Microbiology**, v. 239, p. 19–25, dez. 2016.
- LAFUENTE, C. et al. Enhancing Bread Quality and Extending Shelf Life Using Dried Sourdough. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie/Food science & technology**, p. 116379–116379, 1 jun. 2024.
- MARCO, I. D. et al. A systematic review of drying methods and their impact on technological characteristics of sourdough type III. **Biotechnology Research and Innovation**, v. 6, n. 1, p. e2022003, 2022.
- NIJHUIS, H. H. et al. Research Needs and Opportunities in the Dry Conservation of Fruits and Vegetables. **Drying Technology**, v. 14, n. 6, p. 1429–1457, 1 jan. 1996.
- NOGUEIRA, A.; STEEL, C. J. Process Parameters and Technological Quality of French Rolls Produced with Dry Sourdough to Reduce Sodium. **Cereal Chemistry**, v. 93, n. 2, p. 138–144, 30 set. 2015.
- PAPADIMITRIOU, K. et al. Sourdough Bread. **Innovations in Traditional Foods**, p. 127–158, 2019.
- PÉTEL, C. et al. Free Sorting and Association Task: A Variant of the Free Sorting Method Applied to Study the Impact of Dried Sourdough as an Ingredient on the Related Bread Odor. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 4, p. 985–992, 7 mar. 2017.
- PRINCIPATO, L. et al. Effect of commercial dried sourdoughs on structural characteristics of wheat bread. **Chemical engineering transactions**, v. 75, n. 75, p. 349–354, 15 jun. 2019.
- RATTI, C. Hot Air and freeze-drying of high-value foods: a Review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 4, p. 311–319, set. 2001.
- REALE, A. et al. Stabilization of sourdough starter by spray drying technique: New breadmaking perspective. **LWT**, v. 99, p. 468–475, 6 out. 2018.

STRUYF, N. et al. Bread Dough and Baker's Yeast: An Uplifting Synergy. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 850–867, 28 jul. 2017.

VOINEA, A. Effect of Dry Sourdough Addition in Wheat Flour on Dynamic Rheological Properties and Bread Quality. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, v. 27, n. 1, p. 9–14, 2021.

VOINEA, A.; STROE, S.-G.; CODINĂ, G. G. The Effect of Sea Salt, Dry Sourdough and Fermented Sugar as Sodium Chloride Replacers on Rheological Behavior of Wheat Flour Dough. **Foods**, v. 9, n. 10, p. 1465, 14 out. 2020.

WECKX, S. et al. Lactic acid bacteria community dynamics and metabolite production of rye sourdough fermentations share characteristics of wheat and spelt sourdough fermentations. **Food Microbiology**, v. 27, n. 8, p. 1000–1008, dez. 2010.

Krokida, M., Maroulis, Z. Quality changes during drying of food materials. **Drying Technology in Agriculture and Food Sciences**. [S.L], 2000, Cap. 7, p. 61–68.

BRENNAN, J. G. Evaporation and Dehydration. **Food Processing Handbook**, p. 77–130, 16 nov. 2011.

REY, L.; MAY, J. C. **Freeze drying/lyophilization of pharmaceutical and biological products**. New York; London: Informa Healthcare, 2011.

PATEL, R. P. Spray drying technology: an overview. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 10, p. 44–47, 20 out. 2009.