

JOSÉ GUILHERME PRADO MARTIN  
JULIANO DE DEA LINDNER

# MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS FERMENTADOS



**Blucher**

# MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS FERMENTADOS

Organizadores

José Guilherme Prado Martin

Juliano De Dea Lindner

*Microbiologia de alimentos fermentados*

© 2022 José Guilherme Prado Martin e Juliano De Dea Lindner

Editora Edgard Blücher Ltda.

*Publisher* Edgard Blücher

*Editor* Eduardo Blücher

*Coordenação editorial* Jonas Eliakim

*Produção editorial* Thaís Costa

*Preparação de texto* Ana Maria Fiori

*Diagramação* Claudia Fatel Lino

*Revisão de texto* Évia Yasumaru

*Capa* Leandro Cunha

*Imagem da capa* iStockphoto

---

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

---

Martin, José Guilherme Prado

Microbiologia de alimentos fermentados / José Guilherme Prado Martin, Juliano de Dea Lindner. - São Paulo : Blucher, 2022.

704 p. : il.

Bibliografia

978-65-5506-132-1 (impresso)

978-65-5506-133-8 (digital)

1. Alimentos - Microbiologia 2. Alimentos fermentados I. Título II. Lindner, Juliano de Dea

22-1012

CDD 576

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Alimentos - Microbiologia

# CONTEÚDO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b>	<b>11</b>
<b>SOBRE OS AUTORES</b>	<b>13</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>21</b>
<b>PREFÁCIO</b>	<b>25</b>
<b>1. ALIMENTOS FERMENTADOS: PASSADO, PRESENTE E FUTURO</b>	<b>29</b>
<b>2. ALIMENTOS FERMENTADOS: PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E DE SAÚDE</b>	<b>63</b>
<b>3. DO PROCESSO FERMENTATIVO</b>	<b>111</b>
<b>4. CULTURAS MICROBIANAS PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS FERMENTADOS</b>	<b>137</b>
<b>5. ALIMENTOS PROBIÓTICOS</b>	<b>163</b>

<b>6. LEITES FERMENTADOS</b>	<b>223</b>
<b>7. MICROBIOLOGIA DA FERMENTAÇÃO DE QUEIJOS</b>	<b>249</b>
<b>8. MICROBIOLOGIA DA FERMENTAÇÃO DE VEGETAIS</b>	<b>277</b>
<b>9. LEGUMINOSAS FERMENTADAS</b>	<b>331</b>
<b>10. FERMENTAÇÕES DE CACAU E CAFÉ</b>	<b>379</b>
<b>11. MICROBIOLOGIA E PRODUÇÃO DE PÃES DE FERMENTAÇÃO NATURAL</b>	<b>413</b>
<b>12. PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS</b>	<b>461</b>
<b>13. PRODUTOS FERMENTADOS DE PESCADO</b>	<b>493</b>
<b>14. PRODUTOS FERMENTADOS À BASE DE MANDIOCA</b>	<b>525</b>
<b>15. BEBIDAS ALCOÓLICAS FERMENTADAS</b>	<b>559</b>
<b>16. BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS FERMENTADAS</b>	<b>587</b>
<b>17. MICROBIOLOGIA DA FERMENTAÇÃO DE VINAGRE</b>	<b>653</b>
<b>18. MÉTODOS MOLECULARES PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO</b>	<b>669</b>
<b>19. PRODUÇÃO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS E ENZIMAS POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO</b>	<b>685</b>

## CAPÍTULO 1

# Alimentos fermentados: passado, presente e futuro

*José Guilherme Prado Martin,<sup>1</sup>*

*Juliano De Dea Lindner<sup>2</sup>*

### 1.1 INTRODUÇÃO

Alimentos fermentados fazem parte da dieta humana desde tempos bastante remotos. Diferentes tipos de processos fermentativos são amplamente utilizados na produção de grande diversidade de produtos, como a fermentação láctica, relacionada à produção de derivados lácteos e vegetais, por exemplo; a fermentação alcoólica – certamente a mais antiga a ser dominada –, intimamente ligada à produção de vários tipos de bebidas alcoólicas; a acética, imprescindível para a produção de vinagre e bebidas não alcoólicas, dentre outras.

Inicialmente, é necessário que se compreenda a definição da palavra *fermentação*. Bioquimicamente, diz respeito ao processo anaeróbio gerador de ATP no qual compostos orgânicos atuam como doadores e aceptores de elétrons. Essa definição atende bem principalmente às fermentações láctica e alcoólica, utilizadas na produção de queijos, leites e vegetais fermentados, bem como de uma grande variedade de bebidas. Contudo, não se aplica corretamente a outros produtos, em relação aos quais

---

<sup>1</sup> Laboratório de Microbiologia de Produtos Fermentados (FERMICRO), Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

fermentação tem um sentido mais amplo e inclui reações não relacionadas diretamente à definição supracitada – é o caso do impacto do metabolismo aeróbio de *Aspergillus oryzae* (*koji*) nas transformações de substratos à base de leguminosas ou cereais (por exemplo, pasta e molho de soja, saquê etc.). Por isso, um painel formado por especialistas do mundo todo foi criado em 2019 para reformular a definição de alimentos fermentados e descrever seu papel na saúde humana. A definição proposta é mais ampla que a bioquímica: alimentos fermentados são aqueles “produzidos por meio do crescimento microbiano desejado a partir de conversões enzimáticas dos componentes alimentares” (MARCO *et al.*, 2021). Esse grupo propôs, ainda, uma classificação para alimentos fermentados, baseada na presença ou ausência de microrganismos vivos, como se pode ver na Figura 1.1.



**Figura 1.1** – Classificação de alimentos fermentados com base na presença ou ausência de microrganismos vivos. Fonte: baseada em Marco *et al.* (2021).

Além dessa nova classificação acerca dos alimentos fermentados, destacamos aqui a proposta de reorganização do gênero *Lactobacillus*, publicada em 2020 (ZHENG *et al.*, 2020). A partir de uma abordagem polifásica, considerando-se aspectos genotípicos, fenotípicos e ecológicos, esse gênero foi reclassificado em 23 novos gêneros (*Holzappelia*, *Amylolactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Latilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Liquorilactobacillus*,

*Ligilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Fructilactobacillus*, *Acetilactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Secundilactobacillus* e *Lentilactobacillus*), além de *Lactobacillus delbrueckii* e *Paralactobacillus*. Essa nova classificação foi, portanto, utilizada em todos os capítulos deste livro.

São vários os fatores que influenciam na transformação da matéria-prima em alimentos fermentados (Figura 1.2). Quando pensamos na microbiota fermentadora, por exemplo, podemos diferenciar, de início, a atividade de microrganismos autóctones, naturalmente presentes na matéria-prima (importantes para a fermentação de chucrute), daquela desempenhada por microrganismos intencionalmente adicionados à matéria-prima – como os fermentos naturais ou industrializados (culturas *starter*) utilizados na produção de pães tradicionais e queijos. As enzimas microbianas são parte importante do processo de fermentação, uma vez que atuam no substrato quebrando (catabolizando) partículas complexas em produtos menores, com destaque para as amilases, proteases e lipases. Além das enzimas de origem microbiana, há também uma grande diversidade de enzimas vegetais e animais, presentes naturalmente em grãos (como as amilases da farinha), em tecidos musculares de peixes (como as enzimas endógenas importantes para a produção de peixes fermentados) e no leite (como a plasmina).

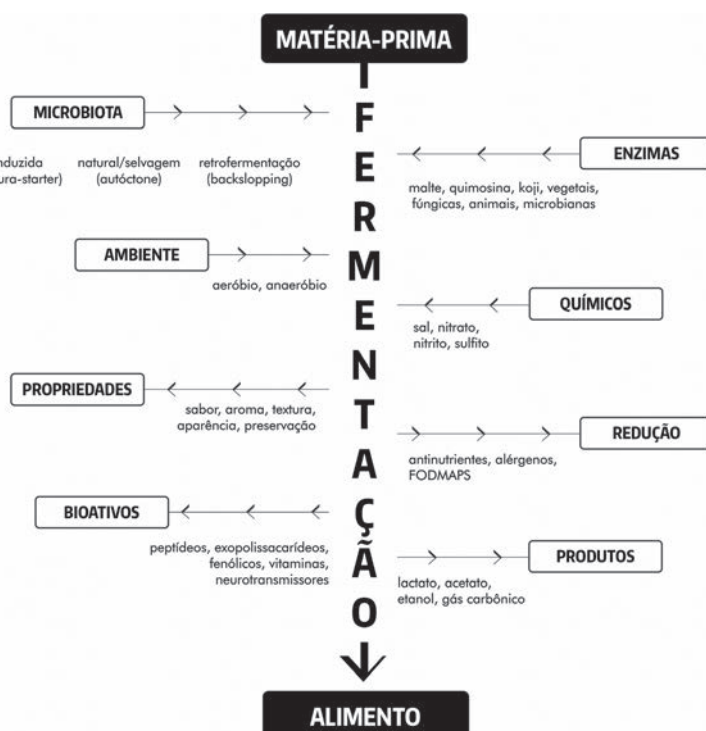


Figura 1.2 – Fatores envolvidos na transformação da matéria-prima em alimentos fermentados.

Fonte: adaptada de Marco *et al.* (2017).



Quanto aos ingredientes básicos, destaca-se o sal: além de exercer a função de condimentação, é imprescindível para a seleção de microrganismos de interesse e inibição de bactérias deterioradoras e patogênicas. Concentrações relativamente elevadas são necessárias para a lactofermentação de vegetais, como picles e chucrute, e também para a produção de molho de soja. Nitratos e nitritos, componentes dos sais de cura empregados na elaboração de embutidos cárneos, também conferem efeito protetivo contra patógenos de importância em alimentos, como *Clostridium botulinum*. Além disso, o ambiente exerce papel importante na seleção, especialmente quanto à disponibilidade de oxigênio; a maior parte das bactérias e leveduras é anaeróbia facultativa, diferentemente de fungos filamentosos e bactérias acéticas, que necessitam de oxigênio para se multiplicarem.

Selecionados os grupos microbianos de interesse e conferidas todas as condições necessárias para o desenvolvimento da fermentação, a matéria-prima passa a ser transformada. Adquire, ao longo do tempo, as características típicas que tanto desejamos, como sabores e aromas complexos decorrentes da produção de ácidos orgânicos (especialmente láctico e acético), além de etanol; tem a aparência modificada, adquirindo novas cores ou preservando padrões de coloração desejáveis no produto final; e, por fim, adquire textura característica, podendo se tornar mais cremosa (por exemplo, em decorrência da atividade proteolítica em queijos finos, como no francês Camembert, no português Serra da Estrela etc.), manter-se crocante (como se observa em produtos vegetais, por exemplo, no caso do *kimchi* coreano), ou, ainda, adquirir padrões exóticos ao paladar ocidental, como aqueles decorrentes da formação de filamentos proteicos durante a fermentação da soja para produção do *natto* japonês.

Como benefícios do processo fermentativo, podemos destacar a formação de compostos bioativos, com reconhecida atividade benéfica ao organismo. O incremento de vitaminas observado ao longo da fermentação da *kombucha* constitui um bom exemplo disso; o mesmo podemos dizer dos exopolissacarídeos (EPS) produzidos por bactérias ácido-láticas (BAL) na fermentação do *kefir*. Moléculas bioativas são, ainda, encontradas em diferentes produtos à base de soja, como no *tempeh*, de origem indonésia. Este, além de ter seu conteúdo de isoflavonas aumentado pela ação de *Rizhopus oligosporus*, fungo de micélio branco característico, sofre uma redução expressiva no conteúdo de antinutrientes (especialmente fitatos) que podem interferir na absorção de outros nutrientes da dieta ou, ainda, gerar efeitos indesejáveis quando consumidos por determinados consumidores. A redução de substâncias alergênicas (como o glúten) e oligossacarídeos, dissacarídeos, monossacarídeos e polióis fermentáveis (FODMAP) em pães também é um exemplo dos benefícios atribuídos à fermentação – estes últimos podem causar problemas digestivos (dor abdominal, diarreia, distensão abdominal etc.) num número surpreendente de pessoas, particularmente aquelas com síndrome do intestino irritável (MENEZES *et al.*, 2021).

Neste capítulo, serão abordados alguns aspectos relacionados à história da fermentação de alimentos, com eventos-chave ocorridos no decorrer de milhares de anos. Discutiremos a importância da fermentação de alimentos para a cultura de determinadas populações e vamos, ainda, apresentar os motivos que levam o homem a fermentar e os aspectos de segurança que esse tipo de processo deve envolver. Afinal, se essa prática tem persistido ao longo de milênios, não há dúvidas acerca da importância de seus benefícios para a humanidade.

## 1.2 ALIMENTOS FERMENTADOS: DOS PRIMÓRDIOS AOS DIAS ATUAIS

São muitas as versões referentes ao surgimento de alguns alimentos fermentados. Os processos de conservação de alimentos primitivos, como salga, secagem e fermentação, foram desenvolvidos por povos muito antigos, cujo registro, na maior parte das vezes, é incompleto. É fato que a comida escrita – aquela devidamente registrada, documentada em livros e registros históricos, por exemplo –, em contraposição à oral, nos revela com maiores detalhes os meios de produção, proporções, tempo de preparo, dentre outras informações relevantes. Quando pensamos, então, no surgimento de determinados alimentos fermentados, os únicos indícios disponíveis advêm de estudos arqueológicos, com hipóteses propostas a partir de evidências encontradas *in loco*, como estruturas fossilizadas e artefatos materiais.

Compreender, portanto, o fazer, as práticas antigas de produção, só é possível pela relação desses achados com suas respectivas funções no processo produtivo. Receptáculos de pedra, por exemplo, podem nos fornecer um indicativo dos locais onde bebidas eram produzidas; jarros, providos de tampa, nos trazem a ideia de manutenção, condicionamento, conservação dos alimentos ao longo do tempo; espátulas, colheres, pilões nos permitem relacionar o uso desses utensílios com processos de mexedura e moagem. No entanto, o alimento, o produto final, é efêmero; escapa-nos, pois, a possibilidade de visualização do que, de fato, era consumido – à exceção de alimentos extremamente conservados, como pães fossilizados de cerca de 1500 a.C. expostos em museus mundo afora. Felizmente, o desenvolvimento de novas técnicas na prática arqueológica permitiu um melhor entendimento acerca dos processos produtivos de alimentos, principalmente daqueles obtidos por meio da fermentação, possibilitando a elaboração de diferentes teorias relacionadas ao surgimento de certos produtos fermentados.

Dentre tantas histórias, quais correspondem, de fato, à realidade, não sabemos precisar muito bem. Mas são, por si só, um verdadeiro tratado sobre a relação do homem com o alimento e com os microrganismos – ainda que, à época, nem se sabia da existência desses seres microscópicos. Como não se deliciar com a história do surgimento dos leites fermentados e queijos? Diz a lenda que populações nômades costumavam transportar utensílios e alimentos perecíveis em bolsas

produzidas a partir de estômagos de animais que eram abatidos para consumo da carne. Mal sabiam que esse tecido animal era rico em enzimas proteolíticas, em especial a renina, que é capaz de clivar sequências de aminoácidos da caseína, a proteína envolvida no processo de coagulação do leite para produção do queijo. Certo dia, ao transportarem leite em uma dessas bolsas, ao término da caminhada, observaram que havia se formado uma massa relativamente compacta, de textura diferente, com cheiro e sabor característicos (e agradáveis!). Ainda mais importante, perceberam que esse produto tinha uma durabilidade maior, não se deteriorava tão rapidamente. Por mais que nem se imaginasse o efeito das bactérias lácticas nesse processo, surgiu, dessa maneira, o que hoje conhecemos como queijo. Nascia como evento, portanto, o desenvolvimento das veterobiotecnologias dos leites fermentados em estreita associação com variações genéticas da população (difusão populacional do gene envolvido na produção da enzima lactase). Assim, a população humana, geneticamente predisposta à digestão enzimática do leite da própria espécie, que somente tinha um contato breve com a lactose durante a lactação, agora, durante a fase adulta, consumia e digeriu produtos lácteos sem problemas de intolerância.

A tarefa de precisarmos exatamente quando determinados alimentos surgiram não é nada fácil. Nesta tentativa, estudos têm buscado analisar fragmentos fossilizados. Supõe-se que a subsistência das comunidades europeias no Paleolítico (iniciado há 2,5 milhões de anos e encerrado em 10.000 a.C.) teria sido amplamente baseada em proteína e gordura animal, enquanto evidências de consumo de plantas são raras para aquela época. Estudo de Revedin *et al.* (2010) apresentou evidências de grãos de amido de várias plantas selvagens nas superfícies de ferramentas de moagem em sítios arqueológicos na Itália, Rússia e República Tcheca. Os três locais sugerem que o processamento de alimentos vegetais e, possivelmente, a produção de farinha eram práticas comuns, amplamente difundidas na Europa há pelo menos 30 mil anos. É provável que alimentos vegetais com alto teor de energia estivessem disponíveis e fossem usados como componentes da alimentação desses caçadores-coletores nômades.

No caso do pão, os últimos resultados divulgados têm apontado a descoberta de pães sírios produzidos por caçadores-coletores há mais de 14 mil anos, antes mesmo do advento da agricultura (ARRANZ-OTAEGUI *et al.*, 2018). A descoberta do produto em sítios arqueológicos da Jordânia intrigou os cientistas, uma vez que até então considerava-se que a agricultura teria sido um acontecimento importante para o cultivo de grãos e, conseqüentemente, para a produção de pães. A hipótese levantada pelo estudo sugere, então, que a produção de pães a partir de cereais selvagens teria estimulado os caçadores-coletores justamente a cultivarem os cereais, sendo a agricultura, portanto, uma *consequência* da necessidade da produção de alimentos. A análise das 24 amostras de pães pré-históricos demonstrou que os grãos – de cevada, aveia e uma forma selvagem do trigo, chamada *einkorn* – eram previamente moídos, peneirados e minuciosamente trabalhados antes de serem assados. Os pães, parecidos com

o pão ázimo – de origem árabe, sem adição de fermento – seriam os protagonistas e estariam por trás de toda a revolução agrícola – ocorrida há cerca de 10 mil anos – envolvida na domesticação de espécies vegetais selvagens visando à produção de alimentos pelo homem. Então, surpreendentemente, o trigo teria sido o principal motivo que levou a humanidade a se tornar sedentária. Quando o *Homo sapiens* deixou de ser caçador-coletor e passou a domesticar plantas e animais, o trigo foi um dos primeiros cultivos a serem controlados e se tornou uma das plantas mais prósperas na história do planeta. Esse momento da evolução, pelo simples efeito que a domesticação do alimento gerou na possibilidade de a sociedade se organizar sem a necessidade vital do nomadismo, possibilitou um grande salto da civilização (VEIGA, 2019).

Há quem diga, no entanto, que, na verdade, foi o apreço por bebidas alcoólicas (e não pelo pão) que proporcionou o cultivo de gramíneas em larga escala. Isso porque a simples coleta de espécies vegetais para preparo de cerveja não seria suficiente para se produzir bebidas em quantidades significativas. Seria necessário plantar, cultivar e colher. Na China já se produziam vinhos à base de arroz há cerca de 9 mil anos. Em territórios iranianos, as uvas foram, provavelmente, as primeiras frutas a serem cultivadas, sendo o vinho produzido a partir delas há cerca de 7.400 anos. No topo da colina de Göbekli Tepe, no sudeste da Turquia e próximo à fronteira com a Síria, arqueólogos têm se dedicado a estudos em um santuário repleto de estruturas rochosas. Alguns sugerem que caçadores-coletores ali se reuniam para adorações religiosas, o que permitiu seu estabelecimento no local. No referido templo, estruturas em forma de receptáculo parecem ter sido usadas para preparar, ainda que de forma rudimentar, uma espécie de cerveja a partir de gramíneas (CURRY, 2017).

A briga parece boa, ainda mais por contemplar produtos tão apreciados no mundo todo, e que serviram – e ainda servem – de base para a gastronomia de diferentes povos. O que parece ponto pacífico, considerando-se uma abordagem cultural da produção de alimentos, é que a conversão da matéria-prima bruta em alimento fermentado pode ser encarada como uma forma de transformação da natureza, uma maneira clara de driblar as imposições dos ciclos naturais sobre o ritmo de vida dos homens. Dessa forma, tanto a tecnologia, ainda que bastante rudimentar em épocas remotas, como a ciência baseada na experimentação dedicaram-se a modificar a relação do homem com os ciclos naturais de duas maneiras distintas: i) *prolongando* ou, até mesmo, ii) *“interrompendo”* o tempo.

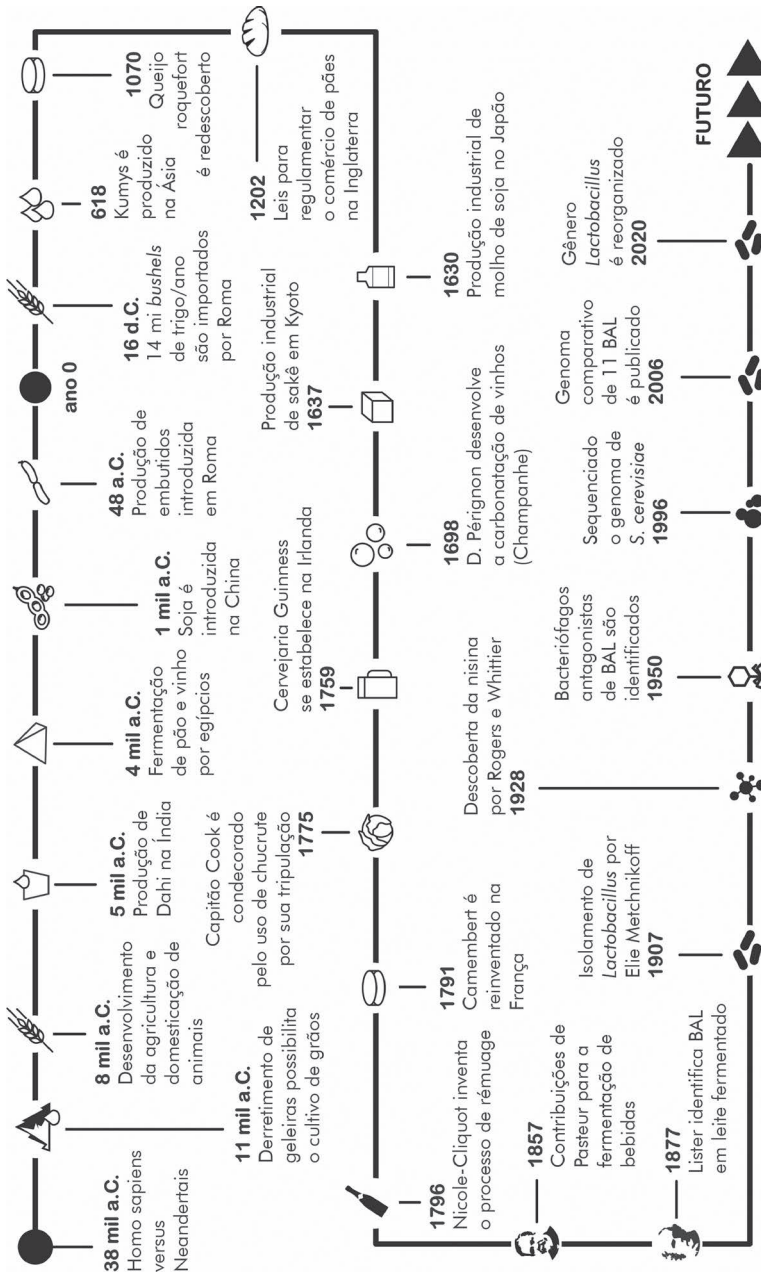
A seleção de espécies resistentes e que perduravam por mais tempo, fornecendo alimentos durante períodos maiores, proporcionou a disponibilidade, durante o verão, de alimentos que naturalmente poderiam ser colhidos apenas no inverno, por exemplo. Hoje, essas técnicas são muito difundidas e ainda estudadas nos ramos da agronomia, horticultura, melhoramento de plantas, dentre outros. Já se pretendia, portanto, estender cada vez mais a oferta de alimentos. Essas modificações, por mais simplórias que possam ter sido à época, impactaram significativamente o dia

a dia da sociedade, especialmente o das camadas mais abastadas. Nos dias atuais, em sociedades ainda baseadas em produtos agrícolas, a capacidade de diversificar a produção de alimentos é um fator importante para a segurança alimentar da população.

Quanto ao processo de se “interromper” o tempo, como se fôssemos capazes de parar os processos naturais de deterioração, o desenvolvimento de métodos eficazes de conservação de alimentos nos permitiu algo importante: a capacidade de escolhermos *quando* consumir determinado produto. Tais métodos trouxeram a possibilidade de armazenamento de alimentos por longos períodos. Grãos, cereais e vegetais passaram a ser processados e armazenados para, em um momento posterior, serem consumidos. Imagine o impacto dessas estratégias para a sociedade em épocas atingidas por pragas agrícolas, doenças infecciosas e guerras. Além disso, a fermentação de alimentos foi decisiva, também, sob um ponto de vista cultural: o homem adquiriu a habilidade de subverter um fenômeno natural, como a deterioração microbiana, a seu próprio favor, controlando o seu desenvolvimento até o ponto em que o consumo do alimento atingido por ela fosse, do ponto de vista sensorial, interessante (MONTANARI, 2013).

Ainda que em sua origem a prática de fermentar alimentos estivesse relacionada principalmente à intenção de estender sua vida útil, nos dias atuais o ato de fermentar está muito mais relacionado à obtenção de alimentos com características sensoriais ou funcionais desejadas. Afinal, alguns alimentos fermentados não têm uma durabilidade maior do que seu ingrediente principal: são produzidos com o único objetivo de se criarem novos sabores ou melhorar a biodisponibilidade de nutrientes. Se considerarmos o *tempeh* indonésio, por exemplo, produzido à base de soja demolhada e cozida, seu reduzido prazo de validade – de alguns dias – nos demonstra claramente que sua fermentação por *R. oligosporus* se dá meramente pelo prazer de se consumir um produto com sabores e aromas peculiares, bem como pela significativa redução dos níveis de fitato na leguminosa, o que permite a ingestão em níveis mais elevados sem prejudicar a absorção de nutrientes presentes em outros alimentos.

Qualquer tentativa de se traçar um histórico fidedigno da produção de alimentos fermentados pelo homem está fadada a incorreções; sempre faltarão pontos importantes na linha do tempo da relação do homem com os microrganismos, transformando matérias-primas diversas. No entanto, uma linha histórica dos alimentos fermentados desde épocas remotas até os dias atuais, considerando-se os pontos-chave mais emblemáticos acerca da produção, consumo e pesquisas científicas na área, pode ser vista na Figura 1.3.



**Figura 1.3** – Eventos importantes relacionados ao histórico de produção, consumo e pesquisa com alimentos fermentados no mundo. Fonte: baseada em Hutkins *et al.* (2006) e Ray e Joshi (2014).

Nos últimos anos, temos visto um aumento significativo no número de estudos acerca do papel da microbiota nas características funcionais e nutricionais de alimentos fermentados, utilizando ferramentas ômicas que têm possibilitado uma maior compreensão a respeito do tema. Ao que tudo indica, o futuro das pesquisas na área será voltado para esforços visando a um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos nos diferentes tipos de benefícios associados ao consumo de alimentos fermentados.

### 1.3 UMA CULTURA FERMENTADORA GLOBAL

O verbo fermentar, do latim *fermentare*, significa, em sua raiz, *ferver*. O termo, sugerido pelo pesquisador francês Louis Pasteur, considerado o pai da microbiologia moderna, teria sido cunhado devido à intensa produção de gás gerada ao longo do processo fermentativo. A ideia que se tinha, ao ver o suco extraído de uvas fermentando para a produção de vinhos, era a de que o caldeirão estava em verdadeira ebulição.

Nada mais apropriado para a discussão do tema proposto neste capítulo. Para que se tenha fermentação, deve haver, necessariamente, uma cultura microbiana. A palavra cultura, que em microbiologia define uma comunidade de microrganismos, também diz respeito à lavoura, à instrução, ao saber, às artes, enfim, ao conjunto de práticas e crenças que definem uma sociedade. Sob esse ponto de vista, tudo está interligado: nós, seres humanos, talvez não estivéssemos aqui não fossem as comunidades microbianas que há bilhões de anos se desenvolvem, evoluem e dominam praticamente todos os biomas que conhecemos. Nossa cultura, depende, portanto, das infinitas culturas de microrganismos, que desde os primórdios desempenham um papel importantíssimo para o ecossistema global (KATZ, 2014).

Se voltarmos no tempo, à época em que a espécie *Homo sapiens* era contemporânea da espécie *Homo neanderthalensis*, podemos vislumbrar como os hábitos alimentares interferiram na sobrevivência das espécies. Estudos têm revelado que o desaparecimento dos neandertais, há cerca de 40 mil anos, pode estar relacionado à sua incapacidade de se adaptar a mudanças no regime alimentar, decorrentes de alterações climáticas. Por meio da análise do desgaste de dentes fossilizados de ambas as espécies, pesquisadores sugeriram que os neandertais consumiam apenas alimentos que estavam imediatamente disponíveis em determinado momento. Tinham uma dieta à base de carnes em climas mais frios, complementando a alimentação com vegetais, frutos e cereais. Já os humanos modernos conseguiram se adaptar melhor, pois mantiveram uma estratégia dietética baseada no desenvolvimento de ferramentas para a extração contínua de recursos alimentares do ambiente. Dessa maneira, teriam obtido uma vantagem adaptativa em relação aos neandertais em um ambiente de clima bastante hostil, principalmente relacionado à última glaciação, ocorrida entre 100 mil e 10 mil anos atrás (EL ZAATARI *et al.*, 2016). Os pesquisadores não fazem menção ao consumo de alimentos fermentados, mas os resultados obtidos demonstram claramente o papel da alimentação na sobrevivência e na adaptação do homem ao meio ambiente do qual faz parte.

Evolutivamente, adquirimos a capacidade de ingerir alimentos fermentados e a partir deles obter energia. Na prática, descobrimos uma nova forma de nutrição. Pesquisadores alemães descobriram que apenas seres humanos e símios apresentam um terceiro receptor para ácidos hidroxicarboxílicos, diferentemente dos demais animais, que possuem apenas dois. Pois o receptor descoberto apresenta alta afinidade por ácido D-fenilático, um tipo de ácido láctico muito comum em alimentos fermentados, como o chucrute. A ligação do ácido com o receptor gera uma série de efeitos fisiológicos, principalmente sobre o sistema imunológico e em adipócitos do indivíduo,

resultando em benefícios à saúde. Portanto, a presença dessa estrutura em células humanas exerceu uma pressão seletiva positiva, beneficiando a estratégia dietética dos hominídeos em relação aos demais animais a partir do momento em que foi capaz de ingerir e absorver os nutrientes de alimentos fermentados, como frutos parcialmente deteriorados (PETERS *et al.*, 2019).

O fato é que nós, seres humanos, enquanto sociedade, passamos por sucessivas transformações ao longo do tempo. Em se tratando de alimentos, talvez a mais importante tenha sido, por uma questão original, a já citada Revolução Agrícola, surgida há cerca de 10 mil anos. O desenvolvimento de práticas agrícolas visando à produção de alimentos, conforme o homem deixava de ser nômade para se fixar territorialmente, impactou globalmente a estrutura de organização social, bem como a relação do homem com a terra e com o meio ambiente – e, conseqüentemente, a relação do homem com a produção de alimentos. Muito tempo depois, no decorrer do século XVIII, irrompe a Revolução Industrial, e mais uma vez o modo de o homem se relacionar com o alimento, bem como com seu modelo produtivo, é significativamente alterado. O modelo industrial impunha, a partir de então, a produção de alimentos em uma escala jamais vista anteriormente. O sistema impactou profundamente o comércio de alimentos na medida em que permitiu, no decorrer das décadas seguintes, maior acesso de grande parte da população a produtos não perecíveis. Mudava, também, a relação do homem com o ambiente, um fato cujas conseqüências ainda hoje são sentidas por todos nós.

A globalização também alterou nossa relação com a produção e o consumo de alimentos. O ritmo de vida cada vez mais acelerado, aliado a mudanças comportamentais que permitiram um maior contato entre culturas geograficamente distantes, deixou de combinar com as práticas de consumo habituais até então. Reflexo disso é o tempo cada vez menor que dedicamos ao preparo dos alimentos em nossas residências. Ademais, o aumento da entrada das mulheres no mercado de trabalho também modificou significativamente o modo de a família produzir e consumir alimentos, que passou a fazer mais refeições fora de suas residências.

Após tantos anos desde a origem da fermentação de alimentos, não há registro, atualmente, de alguma cultura que não faça uso de alimentos fermentados em sua dieta. Fazemos parte, portanto, de um mundo fermentador, com uma riqueza imensurável de produtos fermentados, dotados de sabores, aromas e propriedades particulares (Figura 1.4). Fermentados de custo reduzido, de alto valor nutricional e biológico, e culturalmente aceitáveis, estão presentes nas mesas de praticamente todo o mundo, sejam consumidos diretamente, como queijos, bebidas alcoólicas e não alcoólicas, vegetais ou leites fermentados, utilizados como ingredientes de diferentes tipos de preparações culinárias, como cozidos, alimentos fritos, sobremesas, ou, ainda, empregados para condimentação, como molhos e pastas de peixe, molho de soja, dentre outros (Quadro 1.1). Ainda que os dados acerca do consumo de alimentos fermentados não sejam muito precisos, estimativas indicam essa classe corresponde a até 40% de tudo que é consumido diariamente no mundo, incluindo as bebidas (TAMANG *et al.*, 2020).





Figura 1.4 – Alimentos fermentados emblemáticos de várias regiões do mundo, com suas prováveis origens.

Fonte: elaborada pelos autores. Fotos gentilmente cedidas por José Guilherme Prado Martin.

**Quadro 1.1** – Lista não exaustiva de bebidas e alimentos fermentados, matérias-primas principais, características básicas/aplicações culinárias e provável origem/importância cultural

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
<b>Lácteos fermentados</b>			
<i>Airag</i>	Leite de camela	Ácido, azedo, utilizado como bebida	Mongólia
Queijo Camembert	Leite de vaca	Queijo fino com micélio fúngico branco	França
Queijo Roquefort	Leite de ovelha	Queijo azul de sabor intenso	França
Queijo Parmigiano-Reggiano	Leite de vaca	Queijo maturado por longos períodos, com cristais de tirosina	Itália
Queijo Cheddar	Leite de vaca	Queijo de coloração amarelada, maturado por longos períodos	Inglaterra
Queijo Emmental	Leite de vaca	Queijo adocicado, com grandes olhaduras	Suíça
Queijo Canastra	Leite de vaca, pingo e sal	Queijo Minas Artesanal de sabor característico	Brasil
Feta	Leite de cabra e ovelha	Queijo branco, salgado, utilizado em diferentes preparações, especialmente saladas	Grécia
<i>Dahi</i>	Leite de vaca, búfala	Leite fermentado, como bebida	Índia, Nepal, Sri Lanka, Bangladesh, Paquistão
<i>Kefir</i>	Leite de vaca, ovelha, cabra	Leite fermentado, como bebida ou diversos usos culinários	Rússia, Todo o mundo
<i>Kumys</i>	Leite de égua	Leite fermentado, como bebida	Rússia
<i>Viiili</i>	Leite de vaca	Espesso, pegajoso, adocicado, consumido no café da manhã	Finlândia
logurte	Diferentes tipos de leite	Ácido, viscoso, sabor láctico	Europa, Austrália, América

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
<b>Cereais fermentados</b>			
<i>Angkak</i>	Arroz	Coloração avermelhada intensa	China, Taiwan, Tailândia, Filipinas
<i>Boza</i>	Cereais	Bebida fermentada não alcoólica	Bulgária
<i>Dosa</i>	Arroz e grãos	Panqueca fina fermentada	Índia, Sri Lanka, Malásia, Singapura
<i>Injera</i>	Farinha <i>teff</i> , trigo	Pães/panquecas fermentadas, ácidas	Etiópia
<i>Kenkey</i>	Milho	Bolinho ácido, cozido no vapor	Gana
Pães <i>sourdough</i>	Trigo, cereais	Pães de fermentação natural	Oriente Próximo, todo o mundo
<i>Kisra</i>	Sorgo	Pães tipo panqueca, finos	Sudão
<i>Sobia</i>	Trigo e malte	Bebida não alcoólica adocicada e ácida	Arábia Saudita
<i>Lao-chao</i>	Arroz	Pasta de arroz glutinoso, consumido como sobremesa	China
<i>Tape ketan</i>	Arroz glutinoso	Sobremesa doce e levemente ácida	Indonésia
<i>Mawè</i>	Milho	Usado no preparo de mingaus e bebidas	Benin, Togo
<i>Tarhana</i>	Trigo e leite de ovelha	Levemente adocicado e ácido, utilizado no preparo de sopas	Grécia, Turquia, Chipre
<i>Togwa</i>	Milho, sorgo, mandioca	Mingau ou bebidas fermentadas	Tanzânia
Saquê	Arroz	Bebida de elevado teor alcoólico	Japão
<i>Amazakê</i>	Arroz	Bebida doce não alcoólica	Japão

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
<i>Chicha</i>	Milho	Bebida não alcoólica agridoce	Colômbia, México, Peru
Uísque	Cevada	Bebida destilada obtida a partir da fermentação de cevada maltada	Escócia, todo o mundo
Gim	Milho, centeio, cevada	Bebida de elevado teor alcoólico aromatizada com zimbro	Provável origem holan- desa, todo o mundo
Vegetais fermentados			
Alcaparras	Alcaparras	Ácidas e salgadas, uso em preparações culinárias diversas	Espanha
Picles de pepino	Pepino	Crocantes e láticos, con- sumidos sozinhos ou em diferentes preparações culinárias	Estados Unidos, Euro- pa, Canadá
Chucrute	Repolho	Salgado e lático, consumido como acompanhamento de outras preparações	Alemanha
<i>Kimchi</i>	Couve-chinesa, pimenta	Salgado, lático e picante, consumido como acom- panhamento de outras preparações	Coreia
Azeitonas	Azeitonas	Ácidas, láticas, consumidas sozinhas ou em diferentes preparações culinárias	Espanha, Portugal, diferentes países
<i>Tsukemono</i>	Vegetais diversos	Ácidos, crocantes	Japão
<i>Umeboshi</i>	Ameixa japonesa	Salgado, ácido	Japão
<i>Suan-tsai</i>	Mostarda	Seco, ácido	Taiwan
<i>Soibum</i>	Broto de bambu	Ácido, macio	Índia
<i>Pai cai</i>	Repolho	Ácido e adocicado, picante, consumido no café da manhã	China

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
Aluá	Abacaxi, especiarias	Bebida não alcoólica fermentada	Brasil
Vinho	Uvas	Muitas variações, tinto, branco, suave, seco	Provável origem no Oriente Médio, todo o mundo
<i>Bokbunja</i>	Framboesa-preta	Vinho licoroso de coloração escura e sabor adocicado	Coreia
Tequila	Agave	Bebida destilada de elevado teor alcoólico	México
Cachaça	Cana-de-açúcar	Bebida destilada de elevado teor alcoólico	Brasil
Chocolate	Cacau	Amêndoas fermentadas e processadas, cuja massa é utilizada em grande variedade de produtos	América Central, todo o mundo
Café	Grãos de café	Variedades de café fermentadas	Etiópia, todo o mundo
<i>Kombucha</i>	Chá ( <i>Camellia sinensis</i> )	Bebida não alcoólica obtida a partir da fermentação de chá	China, todo o mundo
Leguminosas fermentadas			
<i>Meju</i>	Soja	Pasta alcalina, utilizada em diferentes preparações, especialmente para condimentação	Coreia
Missô	Soja	Pasta alcalina, utilizada em diferentes preparações, especialmente para condimentação	Japão
<i>Natto</i>	Soja	Grãos alcalinos filamentosos, utilizado como acompanhamento	Japão
<i>Shoyu</i>	Soja, trigo	Molho escuro e salgado, com intenso umami, usado para condimentação	Japão

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
<i>Tempeh</i>	Soja	Blocos de soja com micélio fúngico, consumido, geralmente, tostado	Indonésia
<i>Oncom</i> (preto/vermelho)	Coalhada de soja, torta de amendoim	Torta fermentada, geralmente tostada	Indonésia
<i>Sufu</i>	Coalhada de soja ( <i>tofu</i> )	Coalhada de soja fermentada, macia, levemente ácida	China, Taiwan
<i>Douchi</i>	Soja preta	Grãos enegrecidos e salgados, sabor intenso	China
<i>Chungkokjang/jeonkukjang/cheon-ggukjang</i>	Soja	Pasta alcalina, pegajosa, utilizada em diferentes preparações	Coreia
<i>Doenjang</i>	Soja	Pasta alcalina, pegajosa, utilizada em diferentes preparações	Coreia
<i>Kecap</i>	Soja, trigo	Líquido	Indonésia
<i>Ketjap</i>	Soja preta	Xarope	Indonésia
<i>Thua nao</i>	Soja	Pasta alcalina, seca, utilizada como acompanhamento	Tailândia
Raízes/tubérculos			
<i>Chikwangue</i>	Mandioca	Massa de mandioca	Zaire, África Central
<i>Fufu</i>	Mandioca	Massa de mandioca	África Ocidental
<i>Tapé</i>	Mandioca	Sobremesa adocicada	Indonésia
<i>Tapai ubi</i>	Mandioca	Sobremesa adocicada	Malásia
Tucupi	Mandioca	Suco de mandioca fermentada utilizado em diferentes preparações	Brasil
Cauim	Mandioca/amendoim	Bebida não alcoólica indígena	Brasil
<i>Tarubá</i>	Mandioca	Bebida não alcoólica indígena	Brasil

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
Polvilho azedo	Mandioca	Amido de milho fermentado utilizado em diferentes preparações	Brasil
Vodca	Batata	Bebida alcoólica, destilada, de elevado teor alcoólico	Rússia, Polônia, Finlândia
Produtos cárneos fermentados			
Alheira	Carne de porco, alho, pão, sal e especiarias	Embutido de sabor intenso e característico	Portugal
<i>Arjia</i>	Intestino de cabra	Embutido condimentado	Índia, Nepal
<i>Nem-chua</i>	Carne de porco salgada e arroz cozido	Embutido	Vietnã
<i>Chorizo</i>	Carne de porco	Embutido desidratado, apimentando e salgado	Espanha
<i>Morcilla</i>	Sangue de porco, cebola, arroz/pão ou farinha de trigo	Embutido de coloração escura e sabor característico	Espanha
<i>Nham</i>	Carne de porco, sal, arroz e alho	Massa de carne fermentada	Tailândia
Socol		Embutido de lombo suíno envolvido em peritônio	Brasil
<i>Pastirma</i>	Carne bovina, gordura de cordeiro, especiarias	Carne fatiada bastante condimentada	Turquia, Iraque
<i>Pepperoni</i>	Carne bovina e de porco	Embutido curado, defumado e condimentado, de sabor intenso	Europa, Estados Unidos, Austrália
<i>Salsiccia</i>	Carne de porco, sal, especiarias	Embutido condimentado	Itália

Fermentado	Matéria-prima	Características sensoriais/ usos culinários	Provável origem/ importância cultural
<b>Peixes fermentados</b>			
<i>Balao-balao</i>	Camarão, arroz, sal	Camarão fermentado	Filipinas
<i>Bakasang</i>	Peixe e camarão	Pasta condimentada	Indonésia
<i>Budu</i>	Peixes, sal e açúcar	Molho de peixe	Tailândia, Malásia
<i>Hentak</i>	Peixes pequenos	Utilizado como condimento	Índia
<i>Jeotgal</i>	Peixes	Fermentado de elevado teor de sal	Coreia
<i>Narezushi</i>	Peixes e arroz	Fermentado de peixe e arroz	Japão
<i>Nam pla</i>	Peixes	Molho de peixe de coloração escura, sabor e aroma intensos	Tailândia
<i>Nuoc mam</i>	Peixes	Molho de peixe, utilizado para condimentação	Vietnã
<i>Patis</i>	Peixes	Molho de peixe	Filipinas, Indonésia
<i>Shidal</i>	Peixes	Peixes não salgados fermentados	Índia, Bangladesh
<i>Surströmming</i>	Arenque	Arenque fermentado	Suécia
<i>Tungtap</i>	Peixes	Pasta de peixe fermentado	Índia
Anchova	Eugraldeios	Peixe sólido fermentado	Todo o mundo
Sardinha anchovada	Sardinha	Peixe sólido fermentado	Brasil

Fonte: adaptado de Tamang *et al.* (2020).

Por certo, não podemos nos atribuir a invenção da fermentação, uma vez que se trata de um processo natural, que tem sido realizado há bilhões de anos por microrganismos amplamente distribuídos na natureza – processo este responsável também pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Sem ele, certamente a vida na Terra não seria possível. O que podemos, sem sombra de dúvidas, é reivindicar o domínio dessa arte, desenvolvido ao longo de incansáveis milênios de observação, experimentação e repetição, responsáveis por nossa *expertise* na produção de alimentos fermentados – apesar de alguns aspectos permanecerem sem explicações plausíveis até hoje (e, não à toa, serem objeto de inúmeras pesquisas científicas na área).



## 1.4 FERMENTAR PARA QUÊ?

A origem da fermentação provavelmente está relacionada à necessidade de conservar os alimentos. Conforme discutido anteriormente, a possibilidade de estender a vida útil de ingredientes perecíveis, numa época em que as práticas produtivas eram bastante rudimentares, modificou a relação do homem com o alimento.

Contudo, os atributos sensoriais também foram decisivos. Afinal, de que adiantaria aumentar a durabilidade de um alimento se ele adquirisse características sensoriais repugnantes? É óbvio que, em épocas de escassez ou dificuldade de acesso a alimentos, tais questões se tornam, de certa forma, secundárias. Mas a sensorialidade do alimento em si, a formação de sabores e aromas complexos, constitui um dos motivos que levaram – e ainda levam – o homem a fermentar.

Ainda que efeitos benéficos venham sendo atribuídos aos alimentos fermentados há muito tempo – há milênios, no caso dos balcânicos em relação ao iogurte ou dos chineses em relação à *kombucha* –, a comprovação científica acerca das propriedades funcionais dos alimentos fermentados só foi possível com o desenvolvimento da ciência, especialmente com o aperfeiçoamento de novos métodos destinados à pesquisa da microbiota e dos metabólitos produzidos no decorrer do processo fermentativo. Além disso, o entendimento acerca das características nutricionais dos alimentos também possibilitou correlacionar seu consumo com efeitos de curto, médio e longo prazo.

### 1.4.1 FERMENTAR PARA CONSERVAR

É bastante difundida, dentre os fermentadores, a ideia de que fermentar um alimento equivale, em essência, a interromper, em um momento preciso, o processo natural de deterioração. Tanto que muitos alimentos fermentados são frequentemente associados a produtos em decomposição, com sabores e aromas tão pungentes que são capazes até mesmo de causar aversão. É preciso que se tenha cuidado com esse tipo de correlação, tendo em vista a definição proposta recentemente para os alimentos fermentados. Essa definição, como vimos no início deste capítulo, implica atividade microbiana. A partir dela, portanto, fica clara a ideia de que a ação de enzimas endógenas ou exógenas, tanto de origem vegetal como animal, não é, por si só, suficiente para que um alimento seja considerado fermentado. Nesse sentido, o novo conceito refuta a ideia anterior de que a fermentação está diretamente relacionada à deterioração, uma vez que, ainda que ambos os processos estejam relacionados à atividade de microrganismos e enzimas sobre a matriz do alimento, o primeiro é claramente intencional e controlado para que se formem as características sensoriais e funcionais desejadas (MARCO *et al.*, 2021).

O controle da microbiota, portanto, é imprescindível para o sucesso do processo fermentativo. Nesse contexto, há que se utilizar estratégias para se obter a predominância dos grupos microbianos relevantes para as características de interesse. De qualquer maneira, o metabolismo dos diferentes grupos microbianos resulta na produção de

vários tipos de metabólitos, especialmente ácidos orgânicos e peptídeos com atividade antimicrobiana; estes exercem um efeito conservante importante para a qualidade, contribuindo para a extensão do tempo de vida útil, além de aumentar a segurança microbiológica pela inibição de patógenos causadores de doenças de origem alimentar.

Conservadores são substâncias que impedem ou retardam a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas (BRASIL, 1997). Por extensão, os bioconservadores são aquelas substâncias oriundas do metabolismo microbiano que apresentam atividade conservante. Trata-se, portanto, de substâncias naturalmente produzidas ao longo da fermentação e que contribuem para a qualidade microbiológica do produto. Assim, a fermentação se configura, claramente, como um método de conservação natural, cujo valor, em um contexto de crescente demanda por alimentos *clean label*, se torna cada vez maior.

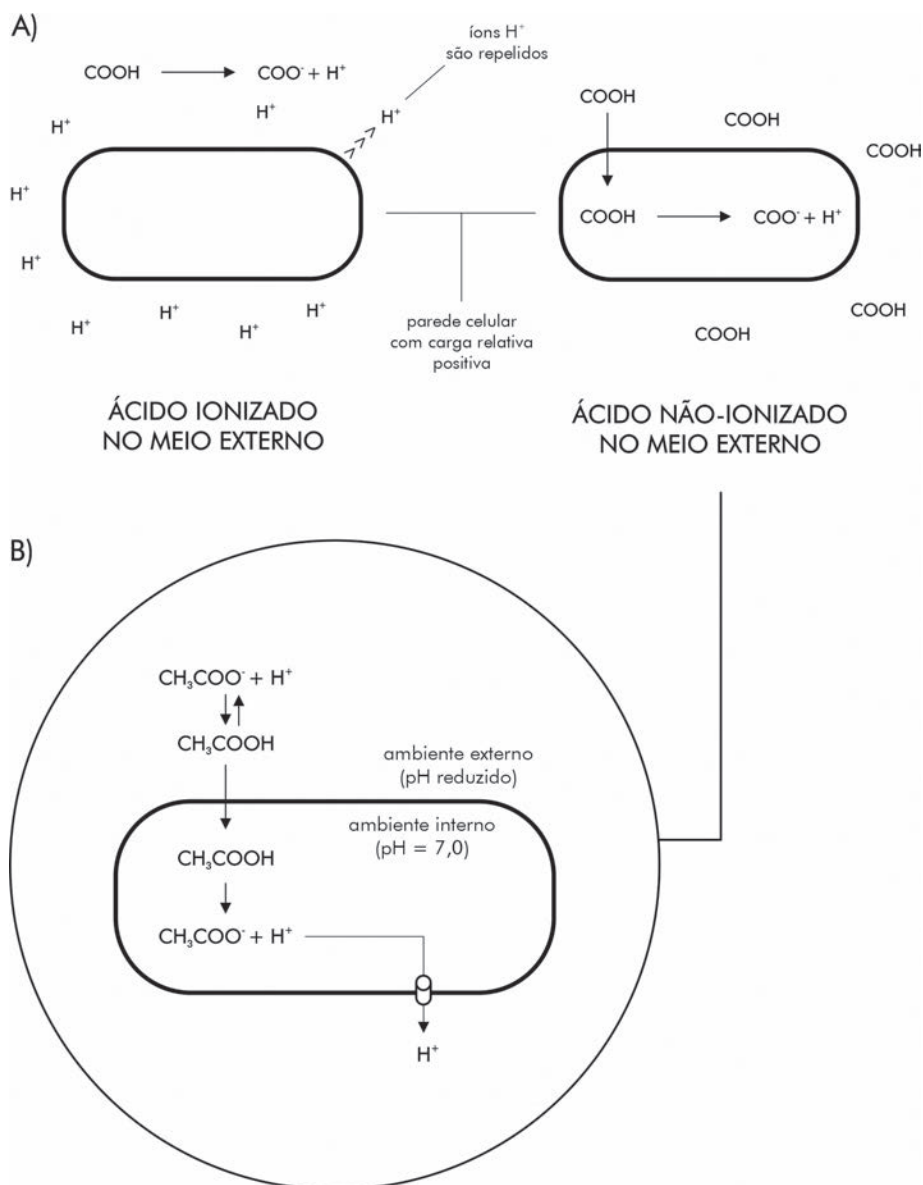
O grupo das BAL certamente é o mais importante relacionado à bioconservação. Além de serem eficientes produtores de ácidos orgânicos, algumas estirpes produzem, ainda, bacteriocinas, peptídeos com atividade antimicrobiana sobre vários patógenos alimentares. Além disso, muitas estirpes possuem *status* de geralmente reconhecido como seguro (GRAS, em inglês), justificado principalmente pelo extenso uso ao longo da história da alimentação, hoje mais que comprovado cientificamente. Ainda que esse seja o grupo mais relevante, outros microrganismos são explorados para produção de compostos com atividade conservante, a exemplo dos fungos e – como demonstrado mais recentemente – dos vírus, que podem ter um papel subexplorado no universo da fermentação de alimentos (MASKE *et al.*, 2021).

Parte do efeito protetivo decorrente do processo fermentativo está relacionado a concentrações elevadas de sal. Esse ingrediente apresenta um poderoso efeito inibitório sobre grande parte dos microrganismos, à exceção daqueles que desenvolveram mecanismos de resistência à alta salinidade – como os microrganismos halotolerantes – e aos que são favorecidos quando da presença de sal em concentrações elevadas – os chamados microrganismos halofílicos. O efeito do sal está relacionado à diminuição da atividade de água, um parâmetro definido pela relação entre a pressão de vapor da água do alimento e a pressão do vapor de água pura, em uma mesma temperatura. Na prática, a atividade de água, cuja escala varia de 0 a 1, está relacionada ao estado de energia da água em um sistema alimentar; assim, quanto maior seu valor, ou seja, mais próximo de 1, mais água disponível para o crescimento microbiano. Quanto menor esse valor, menos água o microrganismo tem à disposição para desempenhar suas atividades metabólicas básicas, incluindo a multiplicação. Quando preparamos chucrute, por exemplo, ao adicionarmos sal em concentrações em torno de 2,5%, este interage com parte da água, que fica, portanto, indisponível para ser utilizada pelo microrganismo. E é justamente por isso que as concentrações de sal devem ser respeitadas, tendo em vista que para a maior parte dos alimentos as proporções dos ingredientes básicos já foram estabelecidas, sendo imprescindíveis para o sucesso do processo fermentativo – seja pela qualidade sensorial ou pela segurança

microbiológica resultante do seu emprego. Um dos efeitos mais danosos para a célula microbiana quando da presença de sal compreende o aumento da pressão osmótica. Em um meio com elevada quantidade de solutos, a célula microbiana, cujo conteúdo citoplasmático é menos concentrado que o exterior, tende a perder água para o meio. A desidratação da célula exerce efeito inibitório; a depender da intensidade, a célula pode, ainda, perder sua viabilidade.

Outro tipo de efeito importante que a fermentação exerce sobre o crescimento de microrganismos está relacionado à produção de ácidos orgânicos. Alimentos contendo concentrações superiores a 100 mM de ácidos orgânicos, em combinação com outros parâmetros (como baixa atividade de água, sais e compostos antimicrobianos), são historicamente considerados seguros (ADAMS; MITCHELL, 2002). A atividade desses ácidos depende das condições do ambiente, especialmente dos valores de pH do meio. Ácidos inorgânicos fortes têm efeito reduzido, uma vez que se dissociam rapidamente, liberando íons  $H^+$ . Porque a parede celular bacteriana apresenta carga relativa positiva, os íons  $H^+$  (que também possuem carga positiva) são repelidos; não conseguem, portanto, adentrar facilmente a célula bacteriana e, consequentemente, interferir no metabolismo microbiano (Figura 1.5).

Ácidos orgânicos fracos de cadeia curta são os que apresentam melhor efeito inibitório, a exemplo dos ácidos láctico, acético, sórbico e propiônico. Seu mecanismo de ação está relacionado ao que ficou conhecido como “teoria do ácido fraco”, sugerida por Stratford (1999). Em termos gerais, essa teoria baseia-se no fato de que em ambientes/alimentos com valores de pH reduzidos, ácidos orgânicos fracos são parcialmente dissociados e atingem um equilíbrio que depende do pH do meio e do valor de pKa do ácido orgânico (que varia dependendo do tipo de ácido); assim, quanto menor o pH do meio em relação ao pKa do ácido, maior a proporção de forma não dissociada do ácido, que é a forma efetiva. A efetividade da forma não dissociada relaciona-se com o fato de os ácidos orgânicos fracos serem lipofílicos e não apresentarem carga; isso favorece a entrada do ácido na célula por difusão simples através da membrana citoplasmática, estrutura semipermeável de natureza lipídica. Ao encontrar, no ambiente interno, uma condição de pH próxima à neutralidade, o ácido rapidamente se dissocia, liberando íons  $H^+$  até que se atinja o equilíbrio entre as formas não dissociadas nos ambientes interno e externo (CORSETTI; PERPETUINI; TOFALO, 2015). Dessa forma, o microrganismo tem seu crescimento inibido quando o acúmulo de prótons no interior do citoplasma supera a capacidade de tamponamento da célula, ou quando sua capacidade de bombear prótons para o meio externo se esgota. A redução do pH interno resulta na desnaturação de enzimas e ácidos nucleicos, no comprometimento do transporte dependente da força eletromotriz da membrana, ou, ainda, no esgotamento de ATP, imprescindível para a manutenção da viabilidade celular. A produção de ácidos orgânicos no decorrer do processo fermentativo interfere, portanto, no crescimento de parte da microbiota indesejada, especialmente microrganismos deterioradores e patogênicos que porventura possam estar presentes no início da fermentação.



**Figura 1.5** – Esquema sobre a “teoria dos ácidos fracos” acerca do efeito de ácidos orgânicos fracos na célula microbiana. A) À esquerda, representação do fenômeno observado quando da presença de uma célula microbiana em meio com maior proporção de ácido na forma dissociada. À direita, situação na qual a célula se encontra em meio no qual o ácido está em sua maior parte não dissociado. Devido à natureza lipofílica dos ácidos orgânicos de cadeia curta, eles conseguem adentrar a célula com maior facilidade e, internamente, liberam íons  $H^+$ , responsáveis pela redução do pH interno da célula.

B) Esquema representativo da entrada de ácido acético na célula microbiana, na forma não dissociada.

Uma vez internalizado, ocorre sua dissociação, resultando na liberação de íons  $H^+$  e consequente diminuição do pH. As células microbianas dispõem de mecanismos para adaptação à presença de ácidos, a exemplo do bombeamento de prótons (como representado na figura), da descarboxilação de aminoácidos com liberação de aminas (em meio ácido), ou, ainda, da desaminação de aminoácidos com liberação de ácidos, em meio alcalino.

Além dos efeitos do sal e de ácidos orgânicos fracos, a produção de bacteriocinas também contribui para a segurança microbiológica do produto fermentado. Bacteriocinas são peptídeos sintetizados ribossomicamente por bactérias e apresentam efeito inibitório, bactericida ou bacteriolítico sobre vários microrganismos (ARBULU *et al.*, 2019). Em geral, são bastante potentes, apresentando atividade em concentrações nanomolares, cujos mecanismos de ação compreendem a desestruturação da membrana plasmática do microrganismo-alvo (YI *et al.*, 2020a), formando poros por onde moléculas intracelulares imprescindíveis ao metabolismo são liberadas, ou a inibição da síntese da parede celular bacteriana (YI *et al.*, 2020b). Tais componentes têm sido amplamente pesquisados para aplicação industrial como conservantes (DABA; ELKHATEEB, 2020; XIANG *et al.*, 2021; HOSKEN, 2021); vários microrganismos identificados em diferentes tipos de alimentos fermentados produzem bacteriocinas, como estirpes presentes em queijos artesanais (GONTIJO *et al.*, 2020), fermentados vegetais e embutidos cárneos (YI *et al.*, 2020b), produtos à base de cereais (RASHEED *et al.*, 2020), dentre outros.

Por fim, outros compostos também podem exercer efeito inibitório. Peróxido de hidrogênio apresenta atividade contra alguns grupos microbianos pelo efeito oxidativo sobre lipídeos de membrana e estruturas proteicas; dióxido de carbono, além de contribuir para a acidificação do meio, pode resultar em ambiente anaeróbico tóxico a microrganismos aeróbios estritos, como os fungos; já diacetil, produto do metabolismo do citrato e importante para o aroma e o sabor da manteiga, é mais efetivo contra bactérias Gram-negativas, fungos filamentosos e leveduras; reuterina, produzida por *Limosilactobacillus reuteri*, é um potente antimicrobiano com atividade especialmente contra fungos e protozoários; etanol pode apresentar efeito inibitório, cuja principal ação está relacionada a danos à membrana plasmática. Muitos desses compostos, no entanto, têm ação antimicrobiana limitada, tendo em vista que o limiar para que não gerem efeitos indesejáveis no *flavor* é, em geral, muito mais baixo que as concentrações mínimas capazes de resultar na inibição microbiana (RAY; JOSHI, 2014).

#### 1.4.2 FERMENTAR PARA CONFERIR ATRIBUTOS SENSORIAIS DE INTERESSE

Além de aumentar a conservação do alimento, a fermentação também resulta na formação de uma série de compostos que conferem *flavor*, modificando atributos sensoriais de sabor, aroma, aparência e textura, dentre outros. Seja pela produção de ácidos orgânicos, compostos voláteis aromáticos ou aminoácidos relacionados ao gosto umami, a microbiota impacta de maneira significativa a percepção sensorial pelo consumidor final. Obviamente, a composição físico-química da matriz alimentar exerce papel importante, uma vez que seus constituintes servirão de substrato para a atividade microbiana.

Apesar do nosso conhecimento acerca da importância da microbiota para a formação de características sensoriais desejadas em alimentos produzidos sob condições

controladas, ainda carecemos de estudos que definam especificamente qual o papel de cada grupo microbiano, bem como da influência da dinâmica populacional no decorrer da fermentação, na formação de compostos de *flavor* em alimentos produzidos a partir de fermentação espontânea. Devido à complexidade do tema, alguns estudos têm utilizado, inclusive, abordagens com modelos matemáticos, a fim de se determinarem os fenômenos envolvidos na regulação da formação de compostos de sabor nesse tipo de produto (XU *et al.*, 2021).

Tal dificuldade certamente está relacionada à grande diversidade de compostos de *flavor* presente nos vários tipos de alimentos fermentados. Tendo em vista tal diversidade, esses aspectos serão tratados em cada um dos capítulos que seguem, com destaque para os principais componentes para a sensorialidade e a qualidade do grupo de alimentos em questão. O uso de descritores sensoriais que relacionem tais compostos a sabores específicos é frequente em estudos deste tipo, conforme apresentado no Quadro 1.2.

**Quadro 1.2** – Compostos relacionados ao *flavor* de alguns alimentos fermentados e seus respectivos descritores

Grupo	Composto	Descritores	Alimento
Ésteres	Acetato de etila	Abacaxi	Daqu (licor chinês)
	Lactato de etila	Frutado	Daqu
	Pentanoato de etila	Maçã	Daqu
	Etil-2-fenilacetato	Rosa	Daqu
	Fenil-etil-acetato	Rosa	Pão <i>sourdough</i>
	Acetato de 2-feniletíl	Floral	Daqu
Ésteres	Ácido 1,2-benzenodicarboxílico, dietil éster	Plástico	Kefir
	Miristato de isopropila	Floral	Pão <i>sourdough</i>
Álcoois	2-metil-1-propanol	Maltado Doce, de vinho	Daqu Pão <i>sourdough</i>
	Etanol	Seco	Kefir
	2-heptanol	Verde, floral, frutado	Kefir
	2-metil-1-butanol	Queijo fresco, frutado Floral	Kefir Pão <i>sourdough</i>
	2-Metoxi-4-vinilfenol	De alho, frutado	Pão <i>sourdough</i>
	Benzil-álcool	Floral	Pão <i>sourdough</i>

Grupo	Composto	Descritores	Alimento
Ácidos	Acético	Avinagrado Avinagrado, ácido	<i>Daqu</i> <i>Kefir</i>
	Butanoico	Ranço Acre, de queijo Azedo, de queijo	<i>Daqu</i> <i>Kefir</i> Pasta de soja
	Isovalérico	Adocicado, queijo	<i>Kefir</i>
	Ácido benzoico	Frutado, alcoólico	<i>Kefir</i>
	Ácido carbâmico	Azedo	<i>Kefir</i>
	Octanoico	Pungente, de queijo	<i>Kefir</i>
	Decanoico	Sabão, ceroso	<i>Kefir</i>
	3-metil-butanoico	Azedo, de queijo Azedo, de queijo	Pasta de soja Pão <i>sourdough</i>
Aldeídos	(E)-2-octanal	Verde	<i>Daqu</i>
	3-metilbutanal	Queijo, chocolate amargo, cacau	<i>Kefir</i>
	Acetaldeído	Vinho, frutado, alcoólico	<i>Kefir</i>
	Benzenoacetaldeído	Floral	Pasta de soja
	Nonanal	Cítrico	Pão <i>sourdough</i>
	2-metil-propanal	Maltado, chocolate	Pasta de soja
	Ocatanal	Doce, de mel	Pão <i>sourdough</i>
	Benzaldeído	Amendoado, caramelo	Pão <i>sourdough</i>
<i>Pirazinas</i>	2,3,5,6-Tetrametilpirazina	Noz, torrado	<i>Daqu</i>
<i>Terpenos</i>	B-damascenona	Mel	<i>Daqu</i>
	D-limoneno	Frutado	Pasta de soja
<i>Fenol</i>	4-metilguaiacol	Defumado	<i>Daqu</i>
<i>Cetonas</i>	2-heptanona	Queijo azul, picante	<i>Kefir</i>
	2-butanona	Manteiga, leite azedo	<i>Kefir</i>
	1-Octen-3-one	Cogumelos	Pão <i>sourdough</i>

Grupo	Composto	Descritores	Alimento
Compostos contendo enxofre	Metional	De batata cozida	Pasta de soja
	Dimetilsulfona	De leite queimado	<i>Kefir</i>

Fonte: baseado em Wu *et al.* (2021); Dertli e Çon (2017); Zhang *et al.* (2021); Xu *et al.* (2020).

Aproveitamos, neste capítulo, para fazer um parêntese acerca da aceitação de alimentos fermentados por parte dos consumidores. Trata-se de uma questão bastante íntima, relacionada ao gosto. Quem nunca ouviu que “gosto não se discute”? Embora seja uma afirmação que, por si só, encerra qualquer possibilidade de diálogo a respeito, é possível afirmar, categoricamente, que gosto se discute, sim. E ainda mais: se modifica, se transforma, evolui com o passar do tempo. Faça um exercício simples: tente elencar quais eram seus alimentos favoritos aos 10 anos de idade. Agora, repita o processo pensando nos dias atuais. Quantos alimentos, outrora negligenciados, evitados, até mesmo capazes de causar repulsa, você atualmente consome? Certamente aparecerão vários produtos que, com o passar do tempo, foram sendo incorporados em seu hábito de consumo, que você aprendeu a apreciar e pelos quais desenvolveu gosto.

Quando se discute o processo de formação do gosto pelo indivíduo no decorrer dos anos, é inegável a força exercida pela memória afetiva. Alimentos que remetem à infância, ao convívio com os familiares, à lembrança da mãe ou da avó ao pé do fogão, sempre terão um espaço entre os preferidos pelas pessoas na vida adulta – ainda que não fossem tão espetaculares assim. Dessa forma, a associação das sensações gustativas com momentos felizes da vida pode interiorizar sentimentos capazes de perdurar para sempre. Preferimos, de certa maneira, gostar dos alimentos que fomos ensinados a entender como bons: daí a grande influência dos hábitos familiares na construção do gosto de um indivíduo.

O gosto, portanto, não advém apenas de características idiossincráticas – aquelas próprias do indivíduo –, como a sensibilidade fisiológica maior a alimentos amargos ou apimentados. Trata-se de algo muito mais complexo. Outros fatores estão relacionados à sua definição, como faixa etária, sexo, nacionalidade, crenças religiosas, bem como classe social. Seria a predileção dos brasileiros por produtos considerados excessivamente doces uma herança dos nossos colonizadores? Vide a infinidade de doces portugueses recheados e cobertos de ovos e açúcar. Ou esse apreço estaria relacionado ao fato de sermos historicamente os maiores produtores mundiais da *commodity* açúcar? Os hábitos culinários, portanto, expressam parte da história, da região, do clima, da economia e de crenças pessoais e sociais. O gosto é, portanto, culturalmente moldado e socialmente controlado (FRANCO, 2001). Comemos, pois, da maneira como fomos socialmente ensinados.



No entanto, somos seres resilientes, flexíveis, passíveis de mudar. É graças a essa característica particular que nos permitimos reavaliar determinados hábitos, provar novamente algo que tínhamos, na memória, como de sabor desagradável. À medida que envelhecemos, passamos a reexperimentar, e, por conta disso, adquirimos gostos peculiares jamais imaginados. O contrário também é verdadeiro: alguns alimentos tidos como deliciosos na infância ou adolescência passam a ser simplesmente refutados na fase adulta. O desenvolvimento de um gosto mais amplo, que abrace uma maior variedade de produtos, pode representar, em dado momento, uma ruptura com o passado, e carrega consigo uma conotação de quebra de paradigmas, autonomia e maturidade.

É nesse contexto que devemos abordar a questão do gosto pelos alimentos fermentados. Alguns são praticamente “cosmopolitas”, como leites fermentados e os queijos – ainda que apresentem particularidades de acordo com a cultura local. Outros, menos conhecidos e de consumo geograficamente limitado, podem causar certa aversão aos principiantes. Trata-se, portanto, da resistência que naturalmente apresentamos frente a determinadas sensações que, quando fortes, são de imediato refutadas. Um dos exemplos consiste justamente na picância acentuada de certos pratos asiáticos, que num primeiro momento pode causar aversão. Por que somos mais sensíveis à pimenta em comparação aos chineses e coreanos? Quem já visitou a Bahia certamente já foi pego de surpresa pela famosa pergunta “quente ou frio?”. Os desavisados optam pelo quente, como se a pergunta se referisse à temperatura do prato e não à quantidade de pimenta. O que distingue os adeptos da pimenta dos que preferem sabores mais amenos? Parte disso está relacionado a um forte componente cultural, que muitas vezes se sobrepõe a questões anatômicas ou fisiológicas: seu apreço advém do hábito de consumo historicamente ligado à cultura alimentar.

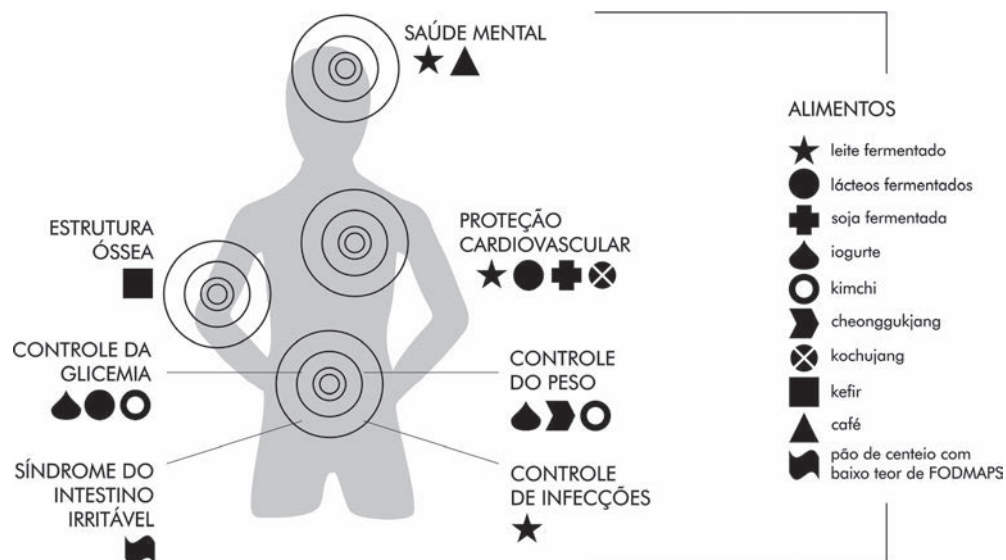
Uma característica típica da maior parte dos alimentos fermentados consiste justamente na acidez. Produtos como o chucrute – com sua concentração de ácido láctico, que reflete diretamente na sensorialidade do produto – ou até mesmo um simples pão de fermentação natural de massa ácida podem causar um certo estranhamento em um primeiro momento. Com o passar do tempo, nos habituamos a essas características particulares de sabor, aroma, acidez e textura, tão diversas dentre os alimentos fermentados. Se você não gostou de *kombucha* quando a experimentou pela primeira vez, certamente terá uma sensação diferente quando prová-la novamente. Com o tempo, pode aprender a apreciar sua acidez e caráter acético peculiares.

Comemos aquilo que nossa história possibilita, o que nos foi selecionado culturalmente e o que nossa educação e vivência pessoais nos elegeram como prioridade (DÓRIA, 2006). Não deixe, porém, em nenhum momento, que essas amarras culturais o impeçam de experimentar novas sensações, de sentir o aroma frutado de um *tempeh* fresco, o sabor pungente de um Camembert extramaturado ou a picância potente de um bom *kimchi*. Permita-se ampliar sua cultura gastronômica a partir de sabores exóticos, que carregam consigo parte da história e das tradições de diferentes povos.

### 1.4.3 FERMENTAR PARA NUTRIR E MELHORAR A SAÚDE

Hoje temos consciência da importância dos alimentos fermentados para o incremento nutricional e de seus efeitos funcionais benéficos ao organismo. Ainda que vários estudos já tenham demonstrado tal relação, há um longo percurso pela frente, principalmente na elucidação dos mecanismos relacionados às propriedades funcionais dos alimentos fermentados em seres humanos; a maior parte dos estudos realizados até o momento é baseada em modelo animal.

Efeitos positivos no sistema cardiovascular, na saúde mental e na síndrome do intestino irritável, controle do ganho de peso, de infecções (especialmente gastrointestinais) e da glicemia, manutenção da saúde óssea e cognitiva são apenas alguns exemplos dos potenciais benefícios atribuídos a diferentes grupos de alimentos fermentados (Figura 1.6), graças à presença de probióticos, de compostos com atividade biológica decorrentes da atividade microbiana, ou, ainda, a modificações na matriz do alimento que resultam em incremento nutricional ou funcional.



**Figura 1.6** – Exemplos de efeitos benéficos à saúde atribuídos ao consumo de alimentos fermentados contendo microrganismos viáveis ou produtos da fermentação com atividade biológica.

Fonte: adaptada de Marco *et al.* (2017).

Em anos recentes, temos observado um aumento considerável nas pesquisas sobre os benefícios dos alimentos fermentados, o que está diretamente relacionado ao desenvolvimento de novas ferramentas e métodos de pesquisa (MARCO *et al.*, 2021; TAYLOR *et al.*, 2020; REZAC *et al.*, 2018; XIANG *et al.*, 2019). O tema é tão relevante e extenso que será, neste livro, abordado em dois capítulos. O Capítulo 2 discutirá os principais aspectos nutricionais e de saúde relacionados ao consumo de alimentos fermentados, com enfoque na ingestão de alimentos com teores aumentados de

nutrientes e compostos bioativos produzidos pela atividade microbiana. Já o Capítulo 5, destinado ao tema dos probióticos, apresentará definições, principais estirpes probióticas e modos de aplicação em alimentos fermentados.

## 1.5 A NOVA ERA DOS ALIMENTOS FERMENTADOS: UM RETORNO ÀS ORIGENS?

É inegável, diante do exposto até o momento, a notoriedade que o grupo dos alimentos fermentados tem ganhado nas últimas décadas. Considerando que sua produção teve início há cerca de 15 mil anos, é incrível que, ainda nos dias atuais, muitos desses alimentos, em sua forma básica, ainda sejam os mais consumidos mundialmente. A industrialização trouxe contribuições significativas, pois aperfeiçoou o modo de produção, garantiu qualidade sensorial por meio da padronização de processos, melhorou a segurança do produto final e possibilitou, por fim, uma maior disponibilidade.

Nos últimos anos, contudo, temos visto o fenômeno do resgate de modos tradicionais de produção de fermentados. Alguns grupos são mais facilmente produzidos em ambiente doméstico, especialmente os vegetais fermentados, graças à facilidade de acesso e à não necessidade de se empregarem culturas *starter* ou equipamentos específicos. A demanda crescente por alimentos livres de conservantes sintéticos e com características nutricionais e funcionais melhoradas tem incentivado a prática e o consumo de alimentos fermentados.

O *boom* de produção de *kombucha* que presenciamos nos últimos anos no Brasil e no mundo é apenas um dos sinais da importância do resgate de produtos milenares. Outrora produzidos em escala artesanal, outros tipos de alimentos – a exemplo do *kefir* e do *tempeh* – têm se tornado mais frequentes nas prateleiras de grandes redes de supermercados, produzidos por conglomerados da indústria de alimentos ou por empresas locais atentas às novidades da área. Com um valor de mercado inestimável, essa classe de alimentos tem contribuído de maneira significativa para uma transformação econômica e social em diferentes sociedades.

Curiosamente, durante a pandemia de Covid-19 que atingiu o mundo todo em 2020 e 2021, e que tem modificado os hábitos de consumo de bens, serviços e alimentos, observou-se um fenômeno mundial que no Brasil ficou popularmente conhecido como “pãodemia”. Uma vez isoladas em casa, momentaneamente distantes dos locais de trabalho e, conseqüentemente, com mais tempo livre para se dedicarem a outras atividades, muitas pessoas se aventuraram na arte da fermentação de pães. Tanto que, principalmente no início da pandemia, não faltavam notícias relatando a escassez de farinha e de fermento para pães em estabelecimentos comerciais. Além disso, sites de busca da internet reportaram que as pesquisas por protocolos para produção de pães caseiros aumentaram consideravelmente no período (THE GUARDIAN, 2020).

Uma das explicações para o crescimento expressivo na produção de pães de fermentação natural consiste no efeito terapêutico que esse tipo de atividade pode ter em períodos de instabilidade, uma vez que o ato de cozinhar tem sido relacionado a

sensações positivas. Dedicar-se a projetos criativos novos e desafiadores pode, ainda, trazer conforto e bem-estar imediatos. Independentemente das razões que têm levado as pessoas a se dedicarem cada vez mais à panificação, são inúmeros os casos de padeiros em potencial que, encantados com a prática da fermentação natural, tornaram-se empreendedores e passaram a comercializar sua produção artesanal. Quais efeitos no comportamento social este fenômeno causará no longo prazo, ainda não sabemos. O certo é que muitas pessoas, no mundo todo, passaram a se dedicar à arte da fermentação de alimentos, descobrindo um universo rico em sabores e aromas complexos outrora pouco compreendidos.

Estaríamos retornando, de alguma forma, a práticas ancestrais de produção, à medida que ressignificamos a produção de alimentos que constituíram a base da dieta de tantos povos ao longo de milênios? Estaria esta prática alinhada a um padrão de consumo sustentável, que tem ganhado força nos últimos anos, baseado em modelos produtivos menos poluentes, que atentem ao bem-estar animal, que valorizem a agricultura orgânica e familiar e que, enfim, busquem incentivar a produção local para o desenvolvimento econômico e social da comunidade do entorno, conforme os objetivos de desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas? Essas respostas não as temos aqui, mas, certamente, a produção de alimentos – incluídos os fermentados – será norteadada por todos estes preceitos em um futuro não muito distante.

## 1.6 ATENÇÃO À SEGURANÇA DO PROCESSO FERMENTATIVO

A produção artesanal de alimentos fermentados (abordada na Seção 1.5, “A nova era dos alimentos fermentados: um retorno às origens?”), realizada em ambiente de produção não industrial – por exemplo, em cozinhas de restaurantes, para se criarem novas “experiências gastronômicas” –, geralmente leva em conta aspectos empíricos do processo, sobre os quais tem pouco controle. É necessário que se discutam os benefícios dessa abordagem gastronômica ou caseira, levando em consideração os riscos da fermentação realizada em ambientes e instalações não especializados. A fermentação espontânea (não controlada e não inoculada) por microrganismos autóctones dos ingredientes e do ambiente requer uma compreensão cuidadosa e o controle dos processos fermentativos, para evitar alimentos contaminados potencialmente danosos. No complexo dessa microbiota heterogênea autóctone é possível encontrar patógenos microbianos e/ou cepas capazes de sintetizar metabólitos tóxicos, como micotoxinas e carbamato de etila. Alguns patógenos de origem alimentar, incluindo *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli* entero-hemorrágica, adaptam-se bem a matrizes ácidas e salgadas. Além disso, mesmo BAL podem produzir aminas biogênicas passíveis de causar dores de cabeça e náuseas ou até choque anafilático em pessoas sensíveis. Capozzi *et al.* (2017, 2020) revisaram os riscos para a saúde humana associados às fermentações espontâneas.

Nos países onde os produtos fermentados são historicamente consumidos, um grande número de pequenas “fábricas” artesanais especializadas produz queijos, *kefir*, *kombucha*, salames e muitos outros produtos com qualidades organolépticas únicas, seguindo processos fermentativos controlados e seguros. Os aventureiros novos fermentadores preci-

sam adquirir conhecimento, experiência e especialização para produzirem com segurança alimentos fermentados. Se o conhecimento e as boas práticas de fermentação forem negligenciados, os alimentos produzidos podem representar ameaças para a saúde. Os produtores devem entender, monitorar e verificar todo o processo de fermentação para evitar a potencial proliferação de microrganismos patogênicos ou metabólitos indesejáveis. O respeito a parâmetros físico-químicos específicos (pH, atividade de água, concentração salina etc.) deve ser estritamente atendido, de maneira a se conduzir a fermentação e gerar os atributos desejados na matriz, garantindo qualidade e segurança ao produto.

A segurança microbiológica de produtos artesanais deve se traduzir na implementação de boas práticas de fermentação nos estabelecimentos produtores, interação dos produtores com especialistas da microbiologia de alimentos, comunicação aos consumidores acerca da segurança microbiológica e qualidade do produto fermentado caseiro e avaliação da qualidade microbiológica de novas receitas de fermentação. Em trabalho recente, Capozzi *et al.* (2020) destacam que, na literatura científica, é possível encontrar abordagens que ultrapassam a dicotomia entre depender da fermentação espontânea e utilizar culturas iniciadoras comerciais, retratando uma “terceira via” para se conjugar o interesse em valorizar os atributos artesanais com a necessidade de gestão de riscos microbiológicos nos produtos finais. A tecnologia de uso de cultura iniciadora pode representar uma oportunidade na garantia de qualidade e segurança das fermentações. Certamente, os avanços recentes em análises metagenômicas e de sequenciamento genômico, que permitem avaliações de segurança e monitoramento fermentativo, poderão nos indicar novas abordagens para explorarmos de maneira mais eficiente e segura a produção de alimentos fermentados artesanais.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, M.; MITCHELL, R. Fermentation and pathogen control: a risk assessment approach. *International Journal of Food Microbiology*, v. 15, n. 79(1-2), p. 75-83, nov. 2002.
- ARBULU, S. *et al.* Cloning and expression of synthetic genes encoding native, hybrid and bacteriocin-derived chimeras from mature class IIa bacteriocins, by *Pichia pastoris* (syn. *Komagataella* spp.). *Food Research International*, v. 121, p. 888-899, jul. 2019.
- ARRANZ-OTAEGUI, A. *et al.* Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 31, p. 7925-7930, jul. 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria PRT N° 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. Brasília: Diário Oficial da União, n. 208, Seção 1, p. 24338-24339.
- CAPOZZI, V. *et al.* Spontaneous food fermentations and potential risks for human health. *Fermentation*, v. 3, n. 4, p. 49, set. 2017.
- CAPOZZI, V. *et al.* Microbiological safety and the management of microbial resources in artisanal foods and beverages: the need for a transdisciplinary assessment to conciliate actual trends and risks avoidance. *Microorganisms*, v. 8, n. 2, p. 306, fev. 2020.

CORSETTI, A.; PERPETUINI, G.; TOFALO, R. Biopreservation effects in fermented foods. In: HOLZAPFEL, W. *Advances in Fermented Foods and Beverages*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. p. 311-332.

CURRY, A. *National Geographic*. Our 9,000-year love affair with booze. *National Geographic*, fev. 2017. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/02/alcohol-discovery-addiction-booze-human-culture/>. Acesso em: 10 maio 2021.

DABA, G. M.; ELKHATEEB, W. A. Bacteriocins of lactic acid bacteria as biotechnological tools in food and pharmaceuticals: current applications and future prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 28, 101750, set. 2020.

DERTLI, E.; ÇON, A. H. Microbial diversity of traditional kefir grains and their role on kefir aroma. *LWT – Food Science and Technology*, v. 85, Part A, p. 151-157, nov. 2017.

DIETRICH, L. *et al.* Cereal processing at Early Neolithic Göbekli Tepe, southeastern Turkey. *PLoS One*, v. 15, n. 5, e0215214, maio 2019.

DÓRIA, C. A. *Estrelas no céu da boca: escritos sobre culinária e gastronomia*. São Paulo: Senac, 2006.

EL ZAATARI, S. *et al.* Neandertal versus modern human dietary responses to climatic fluctuations. *PLoS One*, v. 11, n. 4, e0153277, abr. 2016.

FRANCO, A. *De caçador a gourmet: uma história da gastronomia*. 5. ed. São Paulo: Senac, 2001.

GONTIJO, M. T. P. *et al.* Phylogenetic distribution of the bacteriocin repertoire of lactic acid bacteria species associated with artisanal cheese. *Food Research International*, v. 128, p. 108783, fev. 2020.

HOSKEN, B. de O. *Bactérias lácticas de Queijos Minas Artesanais com potencial bioprotetor para aplicação industrial*. 2021. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

HUTKINS, R. W. *Microbiology and technology of fermented foods*. Ames: Blackwell Publishing, 2006. p. 473.

KATZ, S. E. E. *A arte da fermentação*. São Paulo: Tapioca, 2014.

MARCO, M. L. *et al.* Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 44, p. 94-102, abr. 2017.

MARCO, M. L. *et al.* The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, v. 18, p. 196-208, jan. 2021.

MASKE, B. L. *et al.* Viruses in fermented foods: are they good or bad? Two sides of the same coin. *Food Microbiology*, v. 98, p. 103794, set. 2021.

MENEZES, L. A. A. *et al.* Reducing FODMAPs and improving bread quality using type II sourdough with selected starter cultures. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 2, p. 1-11, mar. 2021.

MONTANARI, M. *A comida como cultura*. 2ª Edição. São Paulo: Editora Senac, 2008. p. 208.

PETERS A. *et al.* Metabolites of lactic acid bacteria present in fermented foods are highly potent agonists of human hydroxycarboxylic acid receptor 3. *PLoS Genetics*, v. 15, n. 5, e1008145, maio 2019.

POLLAN, M. *Cozinhar: uma história natural da transformação*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014.

- RASHEED, H. A. *et al.* Purification and partial characterization of a novel bacteriocin produced by bacteriocinogenic *Lactobacillus fermentum* BZ532 isolated from Chinese fermented cereal beverage (Bozai). *LWT – Food Science and Technology*, v. 124, p. 109113, abr. 2020.
- RAY, R. C.; JOSHI, V. K. Fermented foods: past, present and future. In: RAY, R. C.; DIDIER, M. *Microorganisms and fermentation of traditional foods*. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- REVEDIN, A. *et al.* Thirty thousand-year-old evidence of plant food processing. *PNAS*, v. 107, n. 44, p. 18815-18819, maio 2010.
- REZAC, S. *et al.* Fermented Foods as a Dietary Source of Live Organisms. *Front Microbiol.*, v. 9, p. 1785, ago. 2018.
- STRATFORD, M. Traditional preservatives: organic acids. In: ROBINSON, R. K. (ed.). *Encyclopedia of food microbiology*. New York: Academic Press, 1999.
- TAMANG, J. P. *et al.* Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 19, p. 184-217, jan. 2020.
- TAYLOR, B.C. *et al.* Consumption of fermented foods is associated with systematic differences in the gut microbiome and metabolome. *mSystems*, v. 5, n. 2, p. e00901-19, abr. 2020.
- THE GUARDIAN. Kneading to relax? How coronavirus prompted a surge in stress baking. 19 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.theguardian.com/us-news/2020/apr/19/coronavirus-stress-baking-sourdough-kneading-relax>. Acesso em: 10 out. 2020.
- VEIGA, E. Como o trigo “domesticou” a humanidade – e vice-versa. *BBC News Brasil*, 29 maio 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48445689#>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- WU, Q.; ZHU, Y.; FANG, C.; WIJFFELS, R.H.; XU, Y. Can we control microbiota in spontaneous food fermentation? – Chinese liquor as a case example. *Trends in Food Science & Technology*, v. 110, p. 321–331, 2021.
- XIANG, H. *et al.* Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Science and Human Wellness*, v. 8, n. 3, p. 203-243, set. 2019.
- XIANG, Y.-Z. *et al.* Purification and antibacterial properties of a novel bacteriocin against *Escherichia coli* from *Bacillus subtilis* isolated from blueberry ferments. *LWT – Food Science and Technology*, v. 146, p. 111456, jul. 2021.
- XU, D. *et al.* Improving bread aroma using low-temperature sourdough fermentation. *Food Bioscience*, v. 37, p. 100704, out. 2020.
- XU, X. *et al.* Shifts in autochthonous microbial diversity and volatile metabolites during the fermentation of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Food Chemistry*, v. 335, jan. 2021.
- YI, L. *et al.* Cell wall and DNA damage of *Staphylococcus aureus* by bacteriocin BM1157. *LWT – Food Science and Technology*, v. p. 134, 109842, dez. 2020a.
- YI, L. *et al.* Screening of bacteriocin-producing lactic acid bacteria in Chinese homemade pickle and dry-cured meat, and bacteriocin identification by genome sequencing. *LWT – Food Science and Technology*, v. 125, p. 109177, maio 2020b.
- ZHANG, X. *et al.* Flavor differences between commercial and traditional soybean paste. *LWT – Food Science and Technology*, v. 142, p. 111052, maio 2021.
- ZHENG, J. *et al.* A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 70, p. 2782-2858, 2020.

**O livro *Microbiologia de alimentos fermentados* é composto por capítulos que abordam diferentes tipos de alimentos fermentados, e conta com a participação de professores/pesquisadores de diferentes universidades brasileiras.**

O enfoque reside no papel da microbiota na transformação da matéria-prima em produto fermentado. A questão microbiológica é primordial, mas aspectos tecnológicos e seus fundamentos também são contemplados. O livro contempla praticamente todos os grupos de alimentos fermentados, como vegetais, lácteos, bebidas alcoólicas e não alcoólicas, pães de fermentação natural, kombucha, produtos à base de soja fermentada, bem como conceitos importantes sobre probióticos e métodos para avaliação da fermentação em alimentos. Os capítulos apresentam um background sobre o histórico de uso de cada um desses grupos de alimentos, seus aspectos tecnológicos e, principalmente, microbiológicos. Assim, procura-se evidenciar, por meio de estudos científicos publicados nos últimos 5 anos, as principais descobertas sobre o papel das bactérias, fungos e leveduras na fermentação de alimentos, os problemas decorrentes de fermentações indesejadas e o impacto na qualidade sensorial do produto final.



[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

**Blucher**





Clique aqui e:

[VEJA NA LOJA](#)

## Microbiologia de Alimentos Fermentados

---

José Guilherme Prado Martin e Juliano de Dea Lindner

ISBN: 9786555061321

Páginas: 756

Formato: 24 x 17 cm

Ano de Publicação: 2022

---