

S É R I E

Fermentação do Café e Pós-Colheita



Cartilha 2

MICRORGANISMOS NA FERMENTAÇÃO INDUZIDA DO CAFÉ

Marliane de Cássia Soares da Silva | Thaynara Lorenzoni Entringer
Vilian Borchardt Bullergahn | Larissa Márcia Anastácio
Tomás Gomes ReisVELOZO | Maria Catarina Megumi Kasuya
Aldemar Polonini Moreli | Lucas Louzada Pereira

S É R I E

Fermentação do Café e Pós-Colheita

Cartilha 2

MICRORGANISMOS NA FERMENTAÇÃO INDUZIDA DO CAFÉ



Série

FERMENTAÇÃO DO CAFÉ E PÓS-COLHEITA

Cartilha 2

Microrganismos na fermentação induzida do café

Autores

- Ø Marliane de Cássia Soares da Silva
- Ø Thaynara Lorenzoni Entringer
- Ø Vilian Borchardt Bullergahn
- Ø Larissa Márcia Anastácio
- Ø Tomás Gomes Reis Velozo
- Ø Maria Catarina Megumi Kasuya
- Ø Aldemar Polonini Moreli
- Ø Lucas Louzada Pereira

M626

Microrganismos na fermentação induzida do café:
Cartilha 2 / Marliane de Cássia Soares da Silva... [et al.]. – Luzerna: Editora Ad Verbum, 2021.
20 p. : il ; 23 cm. – (Série Fermentação do Café e Pós-colheita)

ISBN: 978-65-87362-10-6

Inclui bibliografia

1. Café - Fermentação. 2. Café – Processos químicos. I. Silva, Marliane de Cássia Soares da... [et al.]. II. Série.

CDD 633.73

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Edina Mari Cavichioli Ramos – CRB 14/757

Revisão linguística: Débora Diersmann Silva Pereira

Projeto gráfico: Yuni Design

Editora Ad Verbum

Débora Diersmann Silva Pereira – Editora

Rua 07 de julho, 97, Vila Alemanha, 89609-000, Luzerna, SC.

www.editoraadverbum.com.br

WhatsApp: (49) 9 99194709 ed.adverbum@gmail.com



Apresentação do tema

O Brasil é o maior produtor mundial de café. Porém, a qualidade do café produzido passou a ser estudada e valorizada apenas nas últimas décadas (VOLSI et al., 2019), em razão dos avanços empreendidos pela pesquisa científica e dos processos de inovação. Diante da valorização dos cafés especiais, o processo fermentativo passou a ser amplamente estudado e aplicado nas unidades de processamento.

A fermentação do café é um processo complexo, uma vez que engloba diversos microrganismos, como leveduras, bactérias lácticas (BAL) e bactérias acéticas (AAB).

Mesmo de posse das informações a respeito das ações microbianas no processo de fermentação, o controle da fase de fermentação ainda é um ponto crítico nas etapas do pós-colheita. Para controlar o processo fermentativo e, consequentemente, a qualidade do produto final, é crucial o entendimento sobre a interação dos microrganismos com a matéria-prima e a produção de metabólitos, bem como as condições ambientais que podem afetar essas interações e, consequentemente, a produção desses metabólitos (SILVA, 2014; PEREIRA et al., 2020).

Durante a pós-colheita, os grãos de café podem passar por três tipos de processamento: via seca, via úmida ou via semiseca. O processamento por via seca envolve a secagem completa do fruto (polpa, mucilagem e semente) até atingir de 10% a 12% de umidade (base úmida). A secagem é realizada, geralmente, em terreiros, podendo ser finalizada no próprio terreiro ou em secadores (que reduzem o tempo de secagem) (SILVA et al., 2008; PEREIRA et al., 2019).

No processamento úmido, a casca (epicarpo) é removida de maneira mecânica. A parte do mesocarpo que ainda fica aderida ao pergaminho (mucilagem) pode ser removida por fermentação seguida de lavagem ou por máquinas que propiciam maior atrito, denominadas removedores de mucilagem. Na remoção da mucilagem por fermentação, o café é mantido em tanques de fermentação até que a mucilagem seja completamente digerida. Os grãos são então secos ao sol até atingirem 10% a 12% de umidade (base



úmida). Esse processo diminui o tempo e a área necessária para a secagem, entretanto, necessita-se de equipamentos específicos e quantidade substancial de água (SILVA, 2014; HAILE; KANG, 2019a; PEREIRA et al., 2019; PEREIRA et al., 2020).

No processamento semiseco ocorre tanto etapas dos métodos seco quanto do úmido, ou seja, os frutos do café são despulpados mecanicamente e depois submetidos à secagem ao sol. Vale destacar que, embora as cerejas maduras sejam despulpadas, a mucilagem não é removida do pergaminho, que é seco com parte ou com toda a sua mucilagem (PEREIRA et al., 2019).

A umidade relativa do ar e a condição de manejo da secagem irão impactar na qualidade final do produto, que fica, dessa forma, altamente dependente da influência das condições climáticas da região e dos cuidados na condução do processo. Vale assinalar que, independentemente do tipo de processamento, ocorre a degradação de determinados compostos químicos presentes nos frutos, como o tecido mucilaginoso, que é composto de açúcares fermentáveis e fontes de nitrogênio, como proteínas e aminoácidos livres, que servirão como substrato para o crescimento microbiano (SILVA, 2014; PEREIRA et al., 2019).

As atividades microbianas que ocorrem durante a fermentação variam de acordo com as espécies presentes, propriedades químicas e físicas da polpa e da mucilagem, fatores externos, como temperatura e disponibilidade de oxigênio, e ação bioquímica endógena dentro do próprio fruto. Além disso, é importante conhecer a microbiota presente no café, pois esta pode contribuir, positiva ou negativamente, na formação de sabor e aroma do café (SILVA, 2014).

Dessa maneira, ainda que amplamente utilizada, a fermentação natural do café pode não resultar em café de boa qualidade, ao contrário, pode propiciar consequências indesejáveis. Por outro lado, o uso de microrganismos selecionados, com características desejáveis, como capacidade de degradação da mucilagem, tolerância ao estresse durante a fermentação, a capacidade de suprimir o crescimento de fungos patogênicos e que gere impacto positivo na qualidade sensorial do café, pode oferecer resultados positivos, levando à obtenção de café com excelente bebida (HAILE; KANG, 2019a).



Microorganismos procariotos e eucariotos

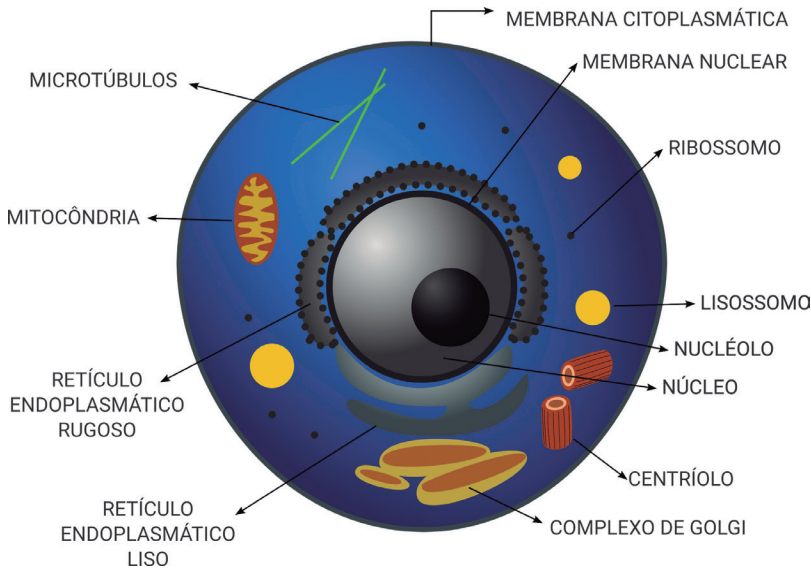
Os microrganismos vêm sendo estudados há muito tempo, mas tudo começou com a descoberta das células. O termo “célula” foi designado pelo biólogo inglês Robert Hook, em 1665, quando observava um tecido de cortiça em um equipamento relativamente novo para a época: o microscópio. Ele observou muitas cavidades no material em observação, semelhante a pequenas câmaras, por isso deu o nome célula (*Cella* = câmara em Latim) (MAZZARELLO, 1999).

Hook deu o primeiro passo para grandes estudos na biologia. Pesquisas posteriores descobriram que vários outros seres vivos possuíam células e o desenvolvimento de equipamentos mais avançados possibilitou a realização de pesquisas mais aprofundadas sobre células, como o desenvolvimento da Teoria Celular (RIBATTI, 2018; ZAHA; FERREIRA; PASSAGLIA, 2014). Uma importante descoberta foi a presença de organelas e núcleo em determinadas células, possibilitando dividir os seres vivos em dois grandes grupos: os eucariotos e os procariotos (MADIGAN et al., 2018).

Os seres eucariontes, ou eucariotos, são aqueles que as suas células são dotadas de organelas citoplasmáticas e uma membrana nuclear que envolve o material genético das células, formando o núcleo. No interior do núcleo o material genético dos eucariotos é condensado em formas lineares, formando estruturas chamadas de cromossomos. As plantas, algas, animais e fungos são seres que se enquadram nesse grupo, visto que possuem células eucariotas (MADIGAN et al., 2018). Podemos observar na Figura 1.

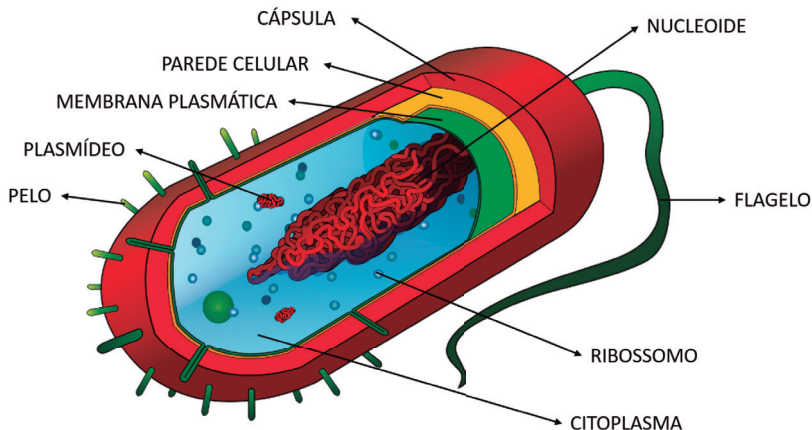


Figura 1 – Célula eucariota, dotada de organelas e núcleo



Os procariotos são organismos que não possuem organelas e nem membrana nuclear, portanto, não possuem núcleo, sendo essa a principal diferença entre procariotos e eucariotos. O material genético desse grupo de organismos não está compartimentalizado em núcleo, mas está condensado em um ou mais cromossomos de forma circular (plasmídeos) junto ao citoplasma da célula. Fazem parte desse grupo as bactérias e archaeas (MADIGAN et al., 2018), como observamos na figura abaixo.

Figura 2 – Célula procariótica, sem núcleo



Microorganismos isolados do café

Os microrganismos que participam da fermentação do café vêm sendo intensamente pesquisados nos últimos anos com o intuito de auxiliar na melhoria da qualidade da bebida do café. Uma infinidade de microrganismos tem sido relatada nos frutos de café (VELOSO et al., 2020). As bactérias são geralmente o grupo mais abundante, seguidas por fungos filamentosos e leveduras, sendo que esses microrganismos têm sido isolados durante o processamento natural do café (SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008).

O isolamento desses microrganismos é feito para encontrar aqueles que podem melhorar a qualidade da bebida e que poderão ser utilizados em processos de fermentação como culturas *starter* (inoculante), já que estes modificam os perfis químicos dos grãos de café (SILVA et al., 2013; PEREIRA et al., 2014; DE BRUYN et al., 2017).

Muitas bactérias têm sido encontradas em frutos de café, no entanto, o uso da maioria delas como cultura *starter* ainda está sendo pesquisado (Tabela 1). As bactérias gram-positivas representaram 85,5% de todas as bactérias isoladas, sendo *Bacillus* o gênero predominante (51%). Também têm sido encontradas espécies gram-negativas dos gêneros *Serratia*, *Enterobacter* e *Acinetobacter* (SILVA et al., 2008).

Quadro 1 – Bactérias encontradas em frutos de café descritos na literatura

Bactérias	Referência
<i>Acinetobacter</i> sp., <i>A. pittii</i> , <i>A. radioresistens</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; MARTINS et al., 2019)
<i>Aeromonas</i> sp.	(SILVA et al., 2000)
<i>Arthrobacter</i> sp., <i>A. koreensis</i> , <i>A. sulfonivorans</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; MARTINEZ et al., 2019; MARTINS et al., 2019)
<i>Bacillus cereus</i> , <i>B. macerans</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>B. subtilis</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; FENG et al., 2016)
<i>Cellulosimicrobium cellulans</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	(MARTINS et al., 2019)



<i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>E. agglomerans</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>E. cowanii</i> , <i>E. gergoviae</i> , <i>E. ludwigii</i> , <i>E. sakazakii</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; FENG et al., 2016; MARTINEZ et al., 2019; MARTINS et al., 2019)
<i>Escherichia coli</i>	(NASANIT; SATAYAWUT, 2015)
<i>Erwinia dissolvens</i> , <i>E.</i> <i>herbícola</i> , <i>E. persicina</i>	(AVALONE et al., 2001; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; MARTINS et al., 2019)
<i>Flavobacterium odoratum</i>	(SILVA et al., 2000)
<i>Fructobacillus</i>	(CARVALHO NETO et al., 2018)
<i>Gluconobacter cerinus</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Halospirulina</i> sp.	(FENG et al., 2016)
<i>Hymenobacter</i>	(CARVALHO NETO et al., 2018)
<i>Kurthia</i> sp.	(SILVA et al., 2008)
<i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>K. oxytoca</i> , <i>K. ozaenae</i>	(SILVA et al., 2000; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; AVALONE et al., 2001)
<i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus</i> sp.	(SILVA et al., 2000; AVALONE et al., 2001)
<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus</i> , sp,	(CARVALHO NETO et al., 2018; MARTINS et al., 2019)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>dextranicum</i> , <i>Leuconostoc</i> sp.	(AVALONE et al., 2001; CARVALHO NETO et al., 2018; MARTINS et al., 2019)
<i>Lysinimonas soli</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Microbacterium</i> ; <i>M.</i> <i>foliorum</i> , <i>M. testaceum</i>	(SILVA et al., 2000; MARTINS et al., 2019)
<i>Micrococcus lactis</i> , <i>M. luteus</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Moraxella osloensis</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Pantoea agglomerans</i> , <i>P.</i> <i>ananatis</i> , <i>P. dispersa</i>	(FENG et al., 2016; MARTINEZ et al., 2019; MARTINS et al., 2019)
<i>Providencia mirabilis</i>	(SILVA et al., 2008)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>P. cepacia</i> , <i>P. extremaustralis</i> , <i>P. fluorescens</i> , <i>P.</i> <i>oryzihabitans</i> , <i>P. paucimobilis</i> , <i>P.</i> <i>pseudoalcaligenes</i> , <i>P. vesicular</i>	(SILVA et al., 2000; MARTINS et al., 2019)
<i>Pseudonocardia</i>	(CARVALHO NETO et al., 2018)
<i>Pedobacter</i>	(CARVALHO NETO et al., 2018)



<i>Rahnella aquatilis</i>	(FENG et al., 2016)
<i>Salmonella choleraesuis</i> , <i>S. entérica var. arizonae</i> , <i>S. liquefaciens</i> , <i>S. paratyphi</i>	(SILVA et al., 2000)
<i>Serratia marcescens</i> , <i>S. plymuthica</i> , <i>S. proteomaculans</i> , <i>S. rubidea</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; MARTINS et al., 2019)
<i>Tatumella ptyseos</i>	(SILVA et al., 2008)
<i>Yersinia sp.</i>	(SILVA et al., 2008)
<i>Sphingomonas</i> , <i>Sphingomonas desiccabilis</i>	(CARVALHO NETO et al., 2018; MARTINS et al., 2019)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Tatumella térra</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Weissella paramesenteroides</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Xanthomonas oryzae</i>	(MARTINS et al., 2019)

Outro grupo encontrado com frequência em frutos de café estão as bactérias do ácido láctico (BAL), também Gram-positivos, mas não formadoras de esporos, que crescem principalmente em condições microaerofílicas ou estritamente anaeróbicas (BRUNO, 2011).

No processo de fermentação, o metabolismo desses microrganismos é muito diverso e eles podem ser agrupados em dois grandes grupos: homofermentativas, que produzem ácido láctico como o principal produto de fermentação e as heterofermentativas, que além do ácido láctico, formam outras substâncias, como ácido acético ou etanol (CARR et al., 2002).

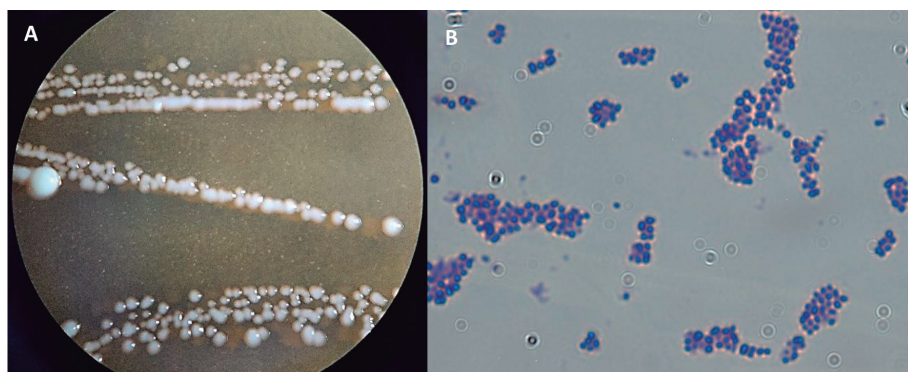
As BAL são de extrema importância para os processos fermentativos, pois são capazes de alterar de forma positiva o sabor e a textura dos alimentos, além disso, são capazes de inibir a colonização de alguns organismos patogênicos e proporcionar maior durabilidade aos alimentos (MARTINS; SANTAROSA; FREITAS, 2003).

Outro grupo importante, também encontrado com frequência, é das enterobactérias, as quais são bactérias Gram Negativas, não esporulantes, com motilidade variável, podem ser aeróbias ou anaeróbias facultativas (SILVA, 2019), são fermentadoras de lactose e redutoras de nitrato e nitrito. Atualmente estão descritos 42 gêneros e mais de 100 espécies de bacilos Gram-negativos fermentadores da glicose (ANVISA, 2008).



As enterobactérias, em sua maioria, são encontradas no trato gastrointestinal de humanos, mas também podem ser encontradas na água, solo e em vegetais. São consideradas potenciais agentes patogênicos (SILVA, 2019).

Figura 3 – Colônias de bactérias cultivadas em meio de cultura BDA (Batata, Dextrose, Agar) (A) e suas células coradas com cristal violeta vistas ao microscópio com aumento de 1000x (B)



Nos frutos de café são encontrados tanto as leveduras quanto fungos filamentosos (Quadro 2). Ao realizar o estudo desta comunidade fúngica, por meio do isolamento, observou-se que aproximadamente 22% dos 940 isolados de microrganismos selecionados aleatoriamente eram leveduras (SILVA et al., 2008), sendo *Debaryomyces* (27%), *Pichia* (18,9%) e *Candida* (8,0%) os gêneros mais comumente encontrados, e esses três gêneros tendem a aparecer com mais frequência à medida que o fruto é fermentado e seco. Em relação aos fungos filamentosos, *Aspergillus* foi o gênero mais abundante, além de *Penicillium*, *Fusarium* e *Cladosporium*, correspondendo a 42,6% do total de isolados (SILVA et al., 2008).

Quadro 2 – Leveduras e fungos filamentosos encontrados no fruto de café descritos na literatura

Fungos	Referência
Leveduras	
<i>Arxula adeninivorans</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008)
<i>Candida saitoana</i> , <i>C. aurangiensis</i> , <i>C. fermentati</i> , <i>C. guilliermondii</i> , <i>C. glabrata</i> , <i>C. glucosophila</i> , <i>C. incommunis</i> , <i>C. membranifaciens</i> , <i>C. paludifera</i> , <i>C. parapsilosis</i> , <i>C. railenensis</i> , <i>C. saopaulonensis</i> , <i>C. schatarii</i> , <i>C. vartiovaarae</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; AVALONE et al., 2001; PEREIRA et al., 2014; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; MARTINEZ et al., 2019; MARTINS et al., 2019)

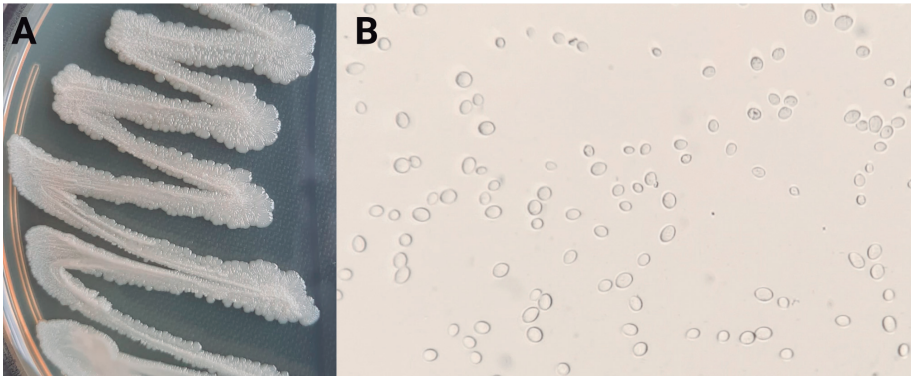


<i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>C. albidus</i> , <i>C. flavescentis</i> , <i>C. randhawai</i>	(AVALLONE et al., 2001; MARTINS et al., 2019)
<i>Cystofilobasidium ferigula</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Debaryomyces polymorphus</i> , <i>D. hansenii</i>	(SILVA et al., 2008; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; FENG et al., 2016; MARTINS et al., 2019)
<i>Hanseniaspora uvarum</i>	(FENG et al., 2016; MARTINS et al., 2019)
<i>Kloeckera apis apiculat</i>	(AVALLONE et al., 2001)
<i>Kluyveromyces sp.</i>	(NASANIT; SATAYAWUT, 2015)
<i>Lodderomyces elongisporus</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Meyerozyma caribbica</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Papiliotrema flavescentis</i>	(HAILE; KANG, 2019b)
<i>Pichia burtonii</i> , <i>P. anômala</i> , <i>P. caribbica</i> , <i>P. fermentans</i> , <i>P. guilliermondii</i> , <i>P.</i> <i>jadinii</i> , <i>P. kluyveri</i> , <i>P. kudriavzevii</i> , <i>P.</i> <i>lynferdii</i> , <i>P. sydowiorum</i> , <i>P. subpelliculosa</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; PEREIRA et al., 2014; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; FENG et al., 2016; HAILE; KANG, 2019b; MARTINS et al., 2019)
<i>Rhodotorula mucilaginoso</i>	(MARTINS et al., 2019)
<i>Saccharomyces sp.</i> , <i>S. cerevisiae</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; PEREIRA et al., 2014; NASANIT; SATAYAWUT, 2015; HAILE; KANG, 2019b)
<i>Saccharomycopsis fibuligera</i>	(HAILE; KANG, 2019b)
<i>Stephanosascus smithiae</i>	(SILVA et al., 2008)
<i>Torulaspora delbrueckii</i>	(MARTINEZ et al., 2019)
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	(HAILE; KANG, 2019b; MARTINS et al., 2019)
Fungos filamentosos	
<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. foetidius</i> , <i>A.</i> <i>dimorphicus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A.</i> <i>sydowii</i> , <i>A. tamarii</i> , <i>A. westerdijikiae</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; IAMANAKA et al., 2014)
<i>Cladosporium sp.</i> ; <i>C. cladosporioides</i>	(SILVA et al., 2008; FENG et al., 2016)
<i>Fusarium solani</i> , <i>F. lateritium</i> , <i>F. concolor</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008)
<i>Geotrichum silvícola</i>	(FENG et al., 2016)
<i>Penicillium citrinum</i> , <i>P. corylophilum</i> , <i>P. chrysogenum</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P.</i> <i>roqueforti</i> , <i>P. solitum</i> , <i>P. viridicatum</i>	(SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2008; IAMANAKA et al., 2014; NASANIT; SATAYAWUT, 2015)



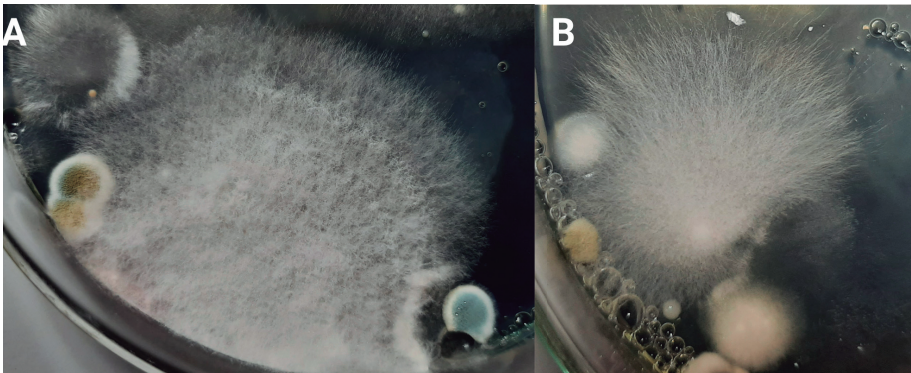
As leveduras pertencem ao reino Fungi e sua diferenciação em relação aos demais fungos ocorre pela presença de um talo majoritariamente unicelular e por se reproduzirem de forma assexuada (KURTZMAN; FELL, 1998). As leveduras podem ser encontradas tanto em folhas quanto em frutos, tendo como substrato compostos contendo açúcares, por isso, são muito utilizadas em processos fermentativos (FUENTEFRÍA, 2004).

Figura 4 – Leveduras cultivadas em meio de cultura BDA (Batata, Dextrose, Agar) (A) esquerda) e suas células a fresco vistas ao microscópio com aumento de 1000x (B)



Os fungos filamentosos são caracterizados por serem imóveis, apresentarem nutrição heterotrófica por absorção e podendo possuir duas formas de reprodução: sexuada e assexuada (MEZZARI et al., 2003). Apresentam como elemento primordial a hifa (septada ou não) e a partir das hifas originam-se os esporos, que contribuem para a propagação das espécies.

Figura 5 – Fungos filamentosos (A e B) cultivados em meio de cultura BDA (Batata, Dextrose, Agar)



Microorganismos utilizados na fermentação do café

A busca por cafés de qualidade tem levado a diversas pesquisas utilizando diferentes metodologias para elevar esta qualidade, que vão desde mudanças nos processamentos e fermentações à inoculação de microrganismos, ou até mesmo a utilização de técnicas aplicadas à fermentação de vinhos, como a maceração carbônica (BRIOSCHI JUNIOR et al., 2021).

O isolamento de microrganismos, com o intuito de encontrar isolados que podem ser utilizados em processos de fermentação do café, tem sido objetivo de muitos estudos (PEREIRA et al., 2014; SILVA et al., 2013). Esses microrganismos poderão ser utilizados como culturas *starter* no processo de fermentação, visando melhorar a qualidade da bebida (EVANGELISTA et al., 2014; PEREIRA et al., 2020).

Figura 6 – Processo de fermentação espontânea em caixas d'água para retirada da mucilagem natural do café (A) e processo de fermentação natural em cama suspensa de secagem (B)



Os microrganismos responsáveis pela fermentação, a exemplo de leveduras e BAL podem desempenhar vários papéis, como degradação da mucilagem (atividade pectinolítica), inibição do crescimento de fungos produtores de micotoxinas e *off flavor* (PEREIRA et al., 2017; HAILE; KANG, 2019a).

Esses microrganismos crescem durante a fermentação, utilizando açúcares da mucilagem e produzindo manitol, glicerol e ácido lático, levando a um abaixamento do pH, além da capacidade de produzir um aroma especial à



bebida (NASANIT; SATAYAWUT, 2015). Entretanto, o produto final da fermentação dependerá de qual via metabólica esses microrganismos irão acessar no decurso do processamento. Assim, esses microrganismos podem ser utilizados para melhorar a fermentação do café ou para produzir enzima pectinolítica para fins industriais.

Mas cuidados devem ser tomados, pois as diferentes condições de processamento influenciam na composição e atividade das comunidades microbianas, bem como o acúmulo de metabólitos (DE BRUYN et al., 2017), que podem ser afetados pela duração da fermentação (ZHANG et al., 2019).

Figura 7 – Diferentes estágios de fermentação do café



Legenda: Café conilon em estágio natural em processo de fermentação com bactéria do ácido láctico (A), café arábica apresentando fermentação com o exocarpo e polpa com adição de *Saccharomyces cerevisiae* (B) e fermentação espontânea com água e polpa de café, comumente conhecida como *washed process* ou *lavado* (C).

O uso de leveduras como culturas *starter* é uma boa alternativa para se obter café de qualidade com *flavor* distintos (EVANGELISTA et al., 2014), bem como melhorar sua funcionalidade com o aumento da atividade antioxidante do café (KWAK; JEONG; KIM, 2018).

A seleção e o uso de culturas apropriadas de BAL, sozinhas, ou com leveduras, são promissoras e levam a novas perspectivas sobre a qualidade do café (PEREIRA et al., 2020). Elas podem reduzir o tempo de fermentação, a exemplo de *Lactobacillus plantarum* (LPBR01), que foi capaz de estabelecer um processo acelerado de acidificação da polpa de café e reduzir potencialmente o tempo de fermentação de 24 para 12 horas (PEREIRA et al., 2016).

Outro exemplo é a fermentação por *Lactobacillus rhamnosus* (HN001), com e sem 1% de suplementação com glicose, no qual levou a modificações no sabor, que se traduz em modulação dos voláteis do café após a torrefação (WANG et al., 2019). A inoculação de *L. plantarum* (LPBR01) também



aumentou a formação de compostos aromáticos voláteis durante o processo de fermentação (como acetato de etila, isobutirato de etila e acetaldeído), possibilitou a produção de bebidas com notas sensoriais distintas e um aumento notável da qualidade da bebida em comparação com o processo convencional (PEREIRA et al., 2016). Também a transformação de constituintes relacionados ao sabor em grãos de café por *Lactococcus lactis* subsp. cremoris resultou em aprimoramento nos atributos de sabor do café, que pode ser modulada pelo uso de suplementação de glicose (WANG et al., 2020a). Além de tudo, o uso de BAL no processamento de café é uma maneira de reduzir o tempo de fermentação e melhorar a qualidade da bebida do café (PEREIRA et al., 2016).

Em relação a leveduras, as linhagens de *P. fermentans* YC5.2 e *Saccharomyces* sp. YC9.15 têm um grande potencial para uso como culturas iniciadoras no processamento úmido de café e pode ajudar a controlar e padronizar o processo de fermentação e produzir bebidas de café com novos e desejáveis perfis de sabor (PEREIRA et al., 2014). A análise sensorial indicou que o sabor da bebida do café foi influenciado por essas culturas, sendo classificado com as maiores pontuações sensoriais para aroma frutado, amanteigado e fermentado. Isso demonstra um papel complementar das leveduras associadas à qualidade do café por meio da síntese de constituintes voláteis específicos da levedura (PEREIRA et al., 2014).

Utilizando como culturas *starter* as leveduras *S. cerevisiae* (CCMA 0543), *Candida parapsilosis* (CCMA 0544) e *Torulaspora delbrueckii* (CCMA 0684) na fermentação de café Catuaí Amarelo, todos os cafés produzidos resultaram em pontuações acima de 80, de acordo com o protocolo SCAA, indicando boa qualidade (MARTINEZ et al., 2017). *S. cerevisiae* também foi capaz de modificar o flavor, aumentando a qualidade e sua nota final de café Catuaí Vermelho (MARTINEZ et al., 2020). De acordo com Mota et al. (2020), a inoculação de *S. cerevisiae* foi mais adequada para café natural despulpado e a inoculação de *T. delbrueckii* para café natural.

Além da modificação de sabor de estirpes individuais, a combinação adequada de várias estirpes de bactérias e leveduras pode resultar em efeitos sinérgicos que melhoram as atividades de modulação de cepas individuais e o sabor do café resultante (WANG et al., 2020b). O uso de cultura inicial



durante o processamento do café pode melhorar o controle do processo, prevenção de deterioração e, eventualmente, direcionando a diferenciação sensorial do café torrado, afetando os perfis químicos dos grãos de café (DE BRUYN et al., 2017).

O isolamento e a identificação de leveduras para desenvolver culturas *starter* para fermentação de café são relevantes e devem ser continuamente pesquisados (HAILE; KANG, 2019b). O uso de culturas iniciadoras é um método viável, com o qual é possível obter cafés de alta qualidade com um sabor distinto e, assim, agregar valor ao produto (MARTINS et al., 2019). Além disso, a formulação e otimização do consórcio de culturas *starter* têm um potencial impacto no *flavor* do café (SIRIDEVI et al., 2019).

Considerações Finais

O isolamento de microrganismos presentes no cafeeiro é apenas o primeiro passo para obter culturas *starter*, devendo ser acompanhado de estudos preliminares à fermentação para conhecer se o microrganismo produz metabólitos, toxinas ou outros compostos potencialmente prejudiciais à saúde humana. Isso se faz necessário para que o café fermentado, além de bebida de qualidade, disponha de segurança alimentar, sem riscos à saúde do consumidor.

O processo fermentativo no café, até então, trazia sempre resultados muito variáveis e de difícil repetibilidade. No entanto, a inoculação de microrganismos selecionados, aliada ao controle das condições de fermentação (matéria-prima de boa qualidade, temperatura, pH, qualidade da água, suplementação do mosto, etc.) vem mostrando que é possível obter bons resultados na bebida e também repetibilidade.

Estudos futuros devem fortalecer o entendimento do impacto da microbiota na qualidade da bebida do café e fornecer dados robustos para o desenvolvimento de culturas comerciais, bem como das interações bioquímicas e vias metabólicas que são acionadas pelos microrganismos no processamento do café.



Referências

ANVISA. Gram-negativos fermentadores. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. 2008. Disponível em: https://www.anvisa.gov.br/servicosau-de/controle/rede_rm/cursos/boas_praticas/MODULO2/introducao.htm. Acesso em: 12 jun. 2021.

AVALLONE, Sylvie *et al.* Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. **Current Microbiology**, [S. l.], v. 42, n. 4, p. 252-256, 2001.

BRIOSCHI JUNIOR, Dério *et al.* Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 342, n. October 2020, p. 128296, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128296>

BRUNO, Laura Maria. Manual de Curadores de Germoplasma – Micro-organismos: Bactérias Ácido-Láticas. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnológicos**, [S. l.], p. 15, 2011.

DE BRUYN, Florac *et al.* Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v. 83, n. 1, 2017.

CARR, Frank *et al.* The acid lactic bacteria: A literature survey. **Critical Reviews in Microbiology**, [S. l.], v. 28, n. 4, 2002.

CARVALHO NETO, Dão Pedro de *et al.* High-throughput rRNA gene sequencing reveals high and complex bacterial diversity associated with brazilian coffee bean fermentation. **Food Technology and Biotechnology**, [S. l.], v. 56, n. 1, p. 90-95, 2018.

EVANGELISTA, Suzana Reis *et al.* Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. **Food Research International**, [S. l.], v. 61, p. 183-195, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>.

FENG, Xiaomin *et al.* Culture-Dependent and -Independent Methods to Investigate the Predominant Microorganisms Associated with Wet Processed Coffee. **Current Microbiology**, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 190-195, 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00284-016-1047-3>. Acesso em: 12 jun. 2021.



FUENTEFRIA, Alexandre Meneghello. Identificação e avaliação do potencial biotecnológico de leveduras e fungos semelhantes a leveduras isolados de filoplano do *Hibiscus rosa-sinensis*. 2003. **UFRGS**, [S. l.], 2003.

HAILE, Mesfin; KANG, Won Hee. The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. **Journal of Food Quality**, [S. l.], v. 2019, n. March, 2019a.

HAILE, Mesfin; KANG, Won Hee. Isolation, Identification, and Characterization of Pectinolytic Yeasts for Starter Culture in Coffee Fermentation. **Journal of Food Quality**, [S. l.], v. 2019, 2019b.

IAMANAKA, B. T. *et al.* Reprint of “The mycobiota of coffee beans and its influence on the coffee beverage”. **Food Research International**, [S. l.], v. 61, p. 33-38, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.023>.

KURTZMAN, Cletus. **The Yeasts a Taxonomic Study**. 4. ed. Elsevier, Amsterdam, p. 1055, 1998.

KWAK, Han Sub; JEONG, Yoonhwa; KIM, Misook. Effect of Yeast Fermentation of Green Coffee Beans on Antioxidant Activity and Consumer Acceptability. **Journal of Food Quality**, [S. l.], v. 2018, p. 1-8, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00284-016-1047-3>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MADIGAN, Michael T. *et al.* **Brock Biology of Microorganisms, 15th Global Edition**. [S. l.: s. n.], 2018.

MARTINEZ, Silvia Juliana *et al.* Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures. **Food Research International**, [S. l.], v. 102, n. October, p. 333-340, 2017.

MARTINEZ, Silvia Juliana *et al.* Effect of bacterial and yeast starters on the formation of volatile and organic acid compounds in coffee beans and selection of flavors markers precursors during wet fermentation. **Frontiers in Microbiology**, [S. l.], v. 10, jun. 2019.

MARTINIS, Elaine C. P. de; SANTAROSA, Priscila R.; FREITAS, Flávia Z. Caracterização preliminar de bacteriocinas produzidas por seis cepas de bactérias lácticas isoladas de produtos cárneos embalados a vácuo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 195-199, 2003.

MARTINS, Pâmela Mynsen Machado *et al.* Production of coffee (*Coffea arabica*) inoculated with yeasts: impact on quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 99, n. 13, p. 5638-5645, 2019.

MAZZARELLO, Paolo. A unifying concept: The history of cell theory. **Nature Cell Biology**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. E13-E15, 1999.

MEZZARI, Adelina *et al.* Airborne fungi and sensitization in atopic individuals in Porto Alegre, RS, Brazil. **Revista da Associação Médica Brasileira (1992)**, [S. l.], v. 49, n. 3, p. 270-273, 2003.

NASANIT, Rujikan; SATAYAWUT, Komate. Microbiological study during coffee fermentation of *Coffea arabica* var. *chiangmai 80* in Thailand. **Kasetsart Journal - Natural Science**, [S. l.], v. 49, n. 1, p. 32-41, 2015.

PEREIRA, Gilberto Vinícius de Melo *et al.* Exploring the impacts of post-harvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 272, p. 441-452, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>.

PEREIRA, Gilberto Vinícius de Melo *et al.* Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 188, p. 60-66, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.008>.

PEREIRA, Gilberto Vinícius de Melo *et al.* Potential of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing. **International Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 51, n. 7, p. 1689-1695, 2016.

PEREIRA, Gilberto Vinícius de Melo *et al.* Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 57, n. 13, p. 2775-2788, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2015.1067759>

PEREIRA, Gilberto Vinícius de Melo *et al.* Lactic acid bacteria: what coffee industry should know? **Current Opinion in Food Science**, [S. l.], v. 31, p. 1-8, 2020.

RIBATTI, Domenico. An historical note on the cell theory. **Experimental Cell Research**, [S. l.], v. 364, n. 1, p. 1-4, 2018.



SILVA, Cristiane Ribeiro da. **Resistência antimicrobiana de enterobactérias de aves migratórias no litoral paraibano**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, 2019.

SILVA, Cristina F. *et al.* Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 60, n. 2-3, p. 251-260, 2000.

SILVA, Cristina Ferreira *et al.* Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, [S. l.], v. 25, n. 8, p. 951-957, 2008.

SILVA, Cristina Ferreira *et al.* Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 235-247, 2013.

SILVA, Cristina Ferreira. Microbial activity during coffee fermentation. *In: Cocoa and Coffee Fermentations*. [S. l.: s. n.], 2014.

SIRIDEVI, B. G. *et al.* Coffee starter microbiome and in-silico approach to improve Arabica coffee. **Lwt**, [S. l.], v. 114, july, 2019.

VELOSO, Tomás Gomes Reis *et al.* Effects of environmental factors on microbiota of fruits and soil of *Coffea arabica* in Brazil. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71309-y>.

VOLSI, B. The dynamics of coffee production in Brazil. **PLoS One**, v. 14, n. 7, e0219742, 2019. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0219742> Acesso em: 18 jun. 2020.

WANG, Chenhui *et al.* Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. **Lwt**, [S. l.], v. 120, p. 108930, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108930>.

ZAHA, Arnaldo *et al.* **Biologia Molecular Básica**. 5.. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2014.

ZHANG, Sophia Jiyuan *et al.* Following coffee production from cherries to cup: Microbiological and metabolomic analysis of wet processing of *Coffea arabica*. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v. 85, n. 6, 2019.



S É R I E

Fermentação do Café e Pós-Colheita



Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-65-87362-10-6



9 786587 362106

Realização



Apoio

