

## CAPITULO 9

# O PAPEL DAS BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

**Bruna Vieira Alonso**  
**Vanessa Aglaê Martins Teodoro**  
**João Batista Ribeiro**  
**Fabíola Fonseca Ângelo**  
**Maximiliano Soares Pinto**  
**Renata Golin Bueno Costa**  
**Denise Sobral**  
**Gisela de Magalhães Machado Moreira**  
**Junio Cesar Jacinto de Paula**  
**Elisângela Michele Miguel**

Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial do CNPq Nível C na Embrapa Gado de Leite. Mestranda do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: bruu\_alonso@hotmail.com, ID Lattes: 2657110319790144.

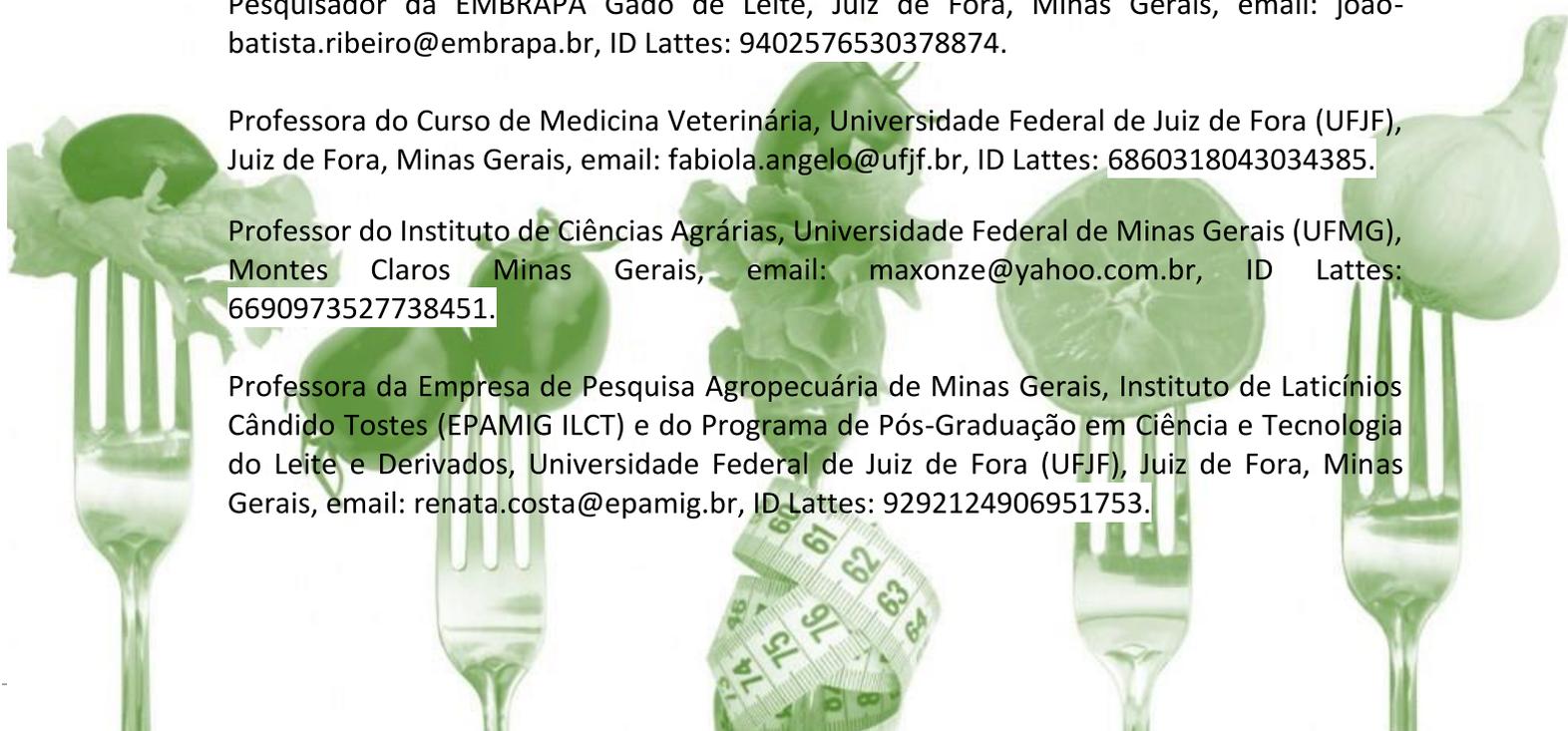
Professora do Curso de Medicina Veterinária e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: vanessa.teodoro@ufjf.br, ID Lattes: 3253546457059310.

Pesquisador da EMBRAPA Gado de Leite, Juiz de Fora, Minas Gerais, email: joao-batista.ribeiro@embrapa.br, ID Lattes: 9402576530378874.

Professora do Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: fabiola.angelo@ufjf.br, ID Lattes: 6860318043034385.

Professor do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros Minas Gerais, email: maxonze@yahoo.com.br, ID Lattes: 6690973527738451.

Professora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT) e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: renata.costa@epamig.br, ID Lattes: 9292124906951753.



Professora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT) e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: [denisesobral@epamig.br](mailto:denisesobral@epamig.br), ID Lattes: 1751642874787850.

Professora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: [giselammachado@epamig.br](mailto:giselammachado@epamig.br), ID Lattes: 6024247718681950.

Professor da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT) e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: [junio@epamig.br](mailto:junio@epamig.br), ID Lattes: 2613135189094532.

Professora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT), Juiz de Fora, Minas Gerais, email: [elismicheli@yahoo.com.br](mailto:elismicheli@yahoo.com.br), ID Lattes: 3187166341481645.



## O PAPEL DAS BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

### RESUMO

As bactérias ácido lácticas (BAL) são amplamente utilizadas na indústria de laticínios por seu potencial tecnológico, de bioproteção e probiótico. Além dos conhecidos benefícios desse grupo de microrganismos, elas podem estar presentes como contaminantes e produzir efeitos indesejáveis em queijos e leites fermentados. O objetivo desta revisão de literatura é caracterizar os principais gêneros de BAL, bem como discutir sua aplicação na indústria de laticínios para agregar valor sensorial, nutricional e funcional. Além disso, discorrer sobre o seu potencial tecnológico e de bioproteção na fabricação dos produtos lácteos e para a promoção de benefícios à saúde dos consumidores. As BAL possuem reconhecida importância na indústria de alimentos, principalmente, na produção de produtos lácteos, em especial os fermentados. A realização de mais estudos é imprescindível para aprofundar o conhecimento acerca dos produtos gerados na fermentação pelas BAL, sua função e sua aplicabilidade na indústria e na saúde humana.

**Palavras-chave:** Bacteriocinas. Bioproteção. Fermento. NSLAB. Probióticos.

## THE ROLE OF LACTIC ACID BACTERIA IN DAIRY INDUSTRY

### ABSTRACT

Lactic acid bacteria (LAB) are widely used in the dairy industry for their technological, bioprotection and probiotic potential. In addition to the known benefits of this group of microorganisms, they can be present as contaminants and produce undesirable effects in cheeses and fermented milk. This literature review aims to characterize the main BAL genres and discuss their application in dairy industry to add sensory, nutritional and functional value. In addition, it will discuss its technological and protection potential in manufacturing dairy products and promote health benefits for consumers. BAL has recognized its importance in the food industry, mainly in producing dairy products, especially fermented ones. Carrying out more studies is essential to deepen the knowledge about the products generated in fermentation by LAB, its function and applicability in industry and human health.

**Key-words:** Bacteriocins. Bioprotection. Starter. NSLAB. Probiotics.

## INTRODUÇÃO

As Bactérias ácido lácticas (BAL) são classificadas como Gram-positivos, catalase negativas, não formadores de esporos (Bruno, 2011), cocos ou bacilos (Wang et al., 2021). Podem ser classificadas como homofermentativas ou heterofermentativas, em função da sua fermentação e dos produtos por ela gerados (Buriti e Saad, 2007).

Os principais gêneros de BAL são *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Weissella*, entre outros (Mokoena, 2017), tendo sido algumas estirpes reclassificadas recentemente (Zheng et al., 2020)

As BAL são comumente empregadas na indústria de alimentos para a fabricação de produtos fermentados para alimentação humana (García-díez e Saraiva, 2021) ou animal (Das e Goyal, 2011). Além da função de prolongar a vida de prateleira dos alimentos, os produtos da sua fermentação agregam valor nutricional, sabores e aromas, além de conferir proteção frente à microrganismos deteriorantes e patogênicos (Das e Goyal, 2011).

Embora as BAL tenham grande aplicabilidade na indústria de laticínios, estirpes consideradas não iniciadoras (*Non starter lactic acid bacteria* - NSLAB) podem contribuir para o aparecimento de defeitos em queijos (Pereira et al., 2020) e leites fermentados (Hansen, 2017).

Atualmente, as BAL têm sido objeto de extensa pesquisa, principalmente, devido ao seu potencial probiótico e para gerar produtos químicos antimicrobianos (bacteriocinas) com função de bioproteção (Taye et al., 2021).

Esta revisão de literatura tem como objetivo descrever as principais estirpes de BAL e discorrer sobre sua importância na indústria de laticínios, pontuando seu potencial tecnológico enquanto cultura *starter* ou NSLAB, seu potencial para bioproteção de alimentos e como probióticos.

## REVISÃO DA LITERATURA

As BAL fazem parte de um grupo de microrganismos classificados como Gram-positivos, catalase negativos, não formadores de esporos (Bruno, 2011), geralmente possuem a forma de cocos ou bacilos, com forte tolerância ao baixo pH (Wang et al., 2021), e produtoras de ácido láctico, a partir da fermentação de carboidratos (Khalid, 2011). De

acordo com Mokoena (2017), os seus principais gêneros são: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Weissella*, entre outros.

### Reclassificação das bactérias ácido lácticas

No ano de 2020, após revisão taxonômica, o gênero *Lactobacillus* foi dividido em 23 novos gêneros, por meio de sequenciamento genômico completo, onde foi introduzida a ideia de identidade média nucleotídica (ANI) como padrão-ouro para diferenciar os microrganismos (Zheng et al., 2020). O ANI representa um meio de identidade entre as regiões genômicas homólogas compartilhadas por dois genomas diferentes, onde duas cepas que são caracterizadas com valor menor a 95% no ANI são pertencentes a espécies diferentes e quando este valor é maior que 96% elas são membros da mesma espécie (Tortoli, 2017).

As espécies de importância probiótica e tecnológica, que foram reclassificadas, estão apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Espécies de importância probiótica e tecnológica que foram reclassificadas.

Classificação antiga	Nova classificação
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>
<i>Lactobacillus buchneri</i>	<i>Lentilactobacillus buchneri</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lacticaseibacillus casei</i>
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Lactilactobacillus curvatus</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>
<i>Lactobacillus sakei</i>	<i>Lactilactobacillus sakei</i>
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>

Fonte: Adaptado de Zheng et al. (2020).

### Principais gêneros de BAL

#### ***Lactobacillus spp.* e demais gêneros reclassificados**

*Lactobacillus* são considerados o maior gênero dentro do grupo de bactérias ácido lácticas. São Gram-positivas, catalase negativas, não formadoras de esporos, em forma de bacilos e produtoras de ácido láctico. Este gênero é composto por cerca de 168 espécies

divididas em 3 grupos: obrigatoriamente homofermentativos, obrigatoriamente heterofermentativos e facultativamente heterofermentativos (Ibrahim, 2016).

O grupo das BAL obrigatoriamente homofermentativas fermentam a glicose exclusivamente em ácido láctico e não fermentam pentoses ou gliconato (Buriti e Saad, 2007), que inclui *Lactobacillus acidophilus*, *Ligilactobacillus salivarius*, *Lactobacillus delbrueckii* e *Lactobacillus helveticus* (Ibrahim, 2016; Zheng et al., 2020). Os obrigatoriamente heterofermentativos, fermentam hexoses em ácido láctico, ácido acético e ou etanol e dióxido de carbono, e produzem gás a partir da glicose (Buriti e Saad, 2007). Este grupo é composto por *Levilactobacillus brevis*, *Lentilactobacillus buchneri*, *Limosilactobacillus fermentum* e *Limosilactobacillus reuteri* (Ibrahim 2016; Zheng et al., 2020). Por último, os facultativamente heterofermentativos, que fermentam hexoses em ácido láctico e podem produzir gás a partir de gliconato, mas não a partir de glicose, fermentam pentoses, utilizando de fosfocetolase induzida para produzir ácidos láctico e acético (Buriti e Saad, 2007). Este grupo é formado por *Lactocaseibacillus casei*, *Lactilactobacillus curvatus*, *Lactiplantibacillus plantarum* e *Lactilactobacillus sakei* (Ibrahim, 2016; Zheng et al., 2020).

Estas bactérias são empregadas, principalmente, na fabricação de produtos lácteos fermentados, fermentos, carnes e alimentos vegetais ou utilizadas como probióticos. São classificadas como GRAS (geralmente reconhecido como seguro) (De angelis e Gobbetti, 2016), ou seja, são consideradas seguras para utilização em produtos alimentícios. Com isso, seu uso na indústria pode estar relacionado à produção de probióticos e culturas *starters*, podendo agregar sabor e textura a produtos lácteos (De angelis e Gobbetti, 2016; Hammes e Hertel, 1998).

### ***Lactococcus spp.***

São cocos, não formadores de esporos, imóveis, anaeróbicos facultativos e Gram-positivos. São amplamente encontrados no leite e comumente utilizados na fabricação de queijos, uma vez que são os principais produtores de ácido, dentre as BAL, além de contribuírem para a textura e sabor e prevenirem o desenvolvimento de alguns microrganismos indesejáveis (Ward et al., 2002).

São bactérias homofermentativas, que fermentam açúcares liberando o ácido láctico como único subproduto. A espécie mais importante tecnologicamente dentro deste

grupo é *Lactococcus lactis*, que tem um importante papel na fabricação de queijo, pela acidificação, por meio da fermentação da lactose (Issa e Tahergorabi, 2019).

#### ***Leuconostoc spp.***

Este grupo de bactérias é caracterizado como cocos Gram-positivos, imóveis, não produtores de esporos e catalase negativo. São obrigatoriamente heterofermentativos (Hassan e Frank, 2002; Hassan e Frank, 2011) e utilizam uma combinação das vias pentose, fosfato e fosfoacetolase para a absorção do açúcar (Olajide e Lapointe, 2022). Este gênero é usualmente nativo de plantas, no entanto, três principais espécies podem ser encontradas no leite, como *Leuconostoc pseudomesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides* (Issa e Tahergorabi, 2019) e *Leuconostoc lactis* (Hassan e Frank, 2002).

As espécies de *Leuconostoc spp.* são capazes produzir metabólitos de grande importância tecnológica quando estão em leite com alta atividade proteolítica, como o acetaldeído, o acetato e o lactato, pois necessitam de metabólitos peptídicos de outros microrganismos para conseguirem prosperar no ambiente lácteo (Issa e Tahergorabi, 2019). Estes metabólitos possuem como principal função, conferir sabor aos produtos lácteos (Hassan e Frank, 2011).

Nos lácteos fermentados, este grupo, principalmente *Leuconostoc lactis* e *Leuconostoc mesenteroides*, é caracterizado pela produção de CO<sub>2</sub> e diacetil, a partir do citrato do leite. O diacetil é o principal composto a conferir sabor à manteiga, ao queijo fresco e a outros queijos como o Gouda; já o CO<sub>2</sub> leva à formação de olhaduras nestes queijos (Limsowtin, 2002).

#### ***Pediococcus spp.***

São cocos, Gram-positivos, imóveis, catalase negativos, aeróbios a microaerófilos (Osborne, 2022). São encontrados mais comumente em vegetais fermentados, carnes e peixes, sendo mais empregados na indústria cervejeira (Narvhus e Axelsson, 2003).

Apesar de não se desenvolverem bem em leite, este grupo de microrganismos pode ser isolado de produtos lácteos, podendo auxiliar na maturação de queijos (Narvhus e Axelsson, 2003). São caracterizados como NSLAB, ou seja, são classificados como BAL, porém não fazem parte da cultura láctica, sendo oriundos do leite cru, ambiente da ordenha ou da indústria (Pereira et al., 2020).

Cepas de *Pediococcus pentosaceus* e *Pediococcus acidilactic* são classificadas como seguras e atuam, principalmente, na preservação de alimentos por produzirem a bacteriocina Pediocina PA-1 (Yusuf, 2018).

### ***Streptococcus* spp.**

A espécie *Streptococcus thermophilus* é a representante das BAL dentro deste gênero de bactérias. Ela é caracterizada como um coco, Gram-positivo, imóvel, que se organiza em pares ou na forma de correntes (Harnett et al., 2011), além disso, é anaeróbico facultativo, não produtor de esporos e catalase negativo (Zirnstern e Hutkins, 1999). Com o seu sequenciamento genômico foi possível atestar que não possui nenhuma das regiões de virulência, comuns em muitas espécies de *Streptococcus*, o que pode indicar uma adaptação, pela redução genômica, a um ambiente lácteo (O'sullivan et al., 2011).

Esta espécie é conhecida por produzir exopolissacarídeos, responsáveis por importantes propriedades funcionais de produtos lácteos (Hutkins e Goh, 2014) e por ser uma cultura *starter* multifuncional na produção de lácteos fermentados como iogurtes e queijos duros tipo suíços e italianos. Além disso, *Streptococcus thermophilus* contribui na acidificação do leite e para dar sabor durante o processo de maturação, sendo considerado GRAS nos Estados Unidos e PQS (Presunção Qualificada de Segurança) na Europa (Gobbetti e Calasso, 2014).

*Streptococcus thermophilus* juntamente com *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* compõem a microbiota do iogurte, sendo sua fermentação obtida por meio da ação simbiótica destas duas espécies, tendo o produto final, quantidades aproximadamente iguais destas bactérias (Hutkins e Goh, 2014).

### ***Enterococcus* spp.**

São microrganismos caracterizados como cocos, Gram-positivos, anaeróbicos facultativos, que são comumente encontrados no trato gastrointestinal de animais e seres humanos (Giraffa, 2014). São bactérias altamente resistentes, com capacidade de sobreviver a variadas condições consideradas adversas, como altas concentrações de sal e temperaturas que variam de 10 °C a 45 °C (Sacramento, 2015). Estão amplamente distribuídas na natureza, como no solo e na água (Giraffa, 2014), podendo crescer em

queijos produzidos a partir de leite cru ou insuficientemente tratado termicamente (Taban et al., 2014).

Este gênero de bactérias não é unanimemente aceito como GRAS, devido ao seu potencial patogênico, levando a discussões acerca da aceitabilidade na indústria alimentícia. Porém, diversas cepas são associadas à fabricação de produtos alimentícios, principalmente, *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium*, devida à capacidade de produção de proteínas antibacterianas, como as bacteriocinas, durante a fabricação de queijos, capazes de agir contra deterioradores e patógenos, como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae* e outros (Giraffa, 1999).

Além de conferir proteção contra bactérias indesejadas nos alimentos, *Enterococcus* também estão associados ao desenvolvimento de sabor característico e maturação de queijos. Isto se dá por meio da atividade proteolítica, muitas vezes maior que de outras BAL, lipolítica, de quebra de citratos e produção de componentes flavorizantes como a acetoína, acetaldeído e diacetil (Taban et al., 2014), sendo muito usado como cultura iniciadora ou *starter* na indústria láctea (Giraffa, 1999).

### ***Weissella* spp.**

Este gênero de bactérias é caracterizado por microrganismos Gram-positivos, catalase negativos, não formadores de esporos, obrigatoriamente heterofermentativos, imóveis, com exceção da *Weissella beninenses*, podendo ter morfologia de cocos ou bacilos (Björkroth et al., 2014). Suas espécies já foram encontradas em diversos *habitats*, dentre eles, o leite, vegetais e alimentos fermentados (Lorenzo et al., 2018), como queijos feitos de leite cru, vegetais e leites fermentados (Teixeira et al., 2021).

Algumas cepas de *Weissella*, como as de *Weissella confusa* e *Weissella cibaria*, são produtoras de exopolissacarídeos (Fusco et al., 2015) que conferem ação emulsificante e ou estabilizante, em diversos tipos de produtos alimentícios, sendo muito utilizados na fabricação de leites fermentados. Além disso, a produção de peróxido de hidrogênio e bacteriocinas, capazes de combater patógenos nos alimentos (Teixeira et al., 2021), demonstram seu potencial probiótico.

## Utilização das BAL na indústria de alimentos

As BAL são comumente empregadas na indústria de alimentos para a fabricação de produtos fermentados como queijos, iogurtes e outros leites fermentados, cervejas, vinhos, rações de animais como silagem (Das e Goyal, 2011), salsichas, produtos fermentados de peixe, vinagres, cereais, frutas e vegetais fermentados (García-díez e Saraiva, 2021). Além de prolongarem a vida de prateleira dos alimentos, os produtos da sua fermentação agregam valor nutricional, sabores e aromas, além de conferir proteção frente à microrganismos deteriorantes e patogênicos presentes nos alimentos (Das e Goyal, 2011).

### Culturas *starters*

As culturas *starters* ou iniciadoras consistem em microrganismos que são inoculados diretamente em produtos alimentícios fermentados, com o intuito de promover mudanças desejadas e previsíveis (Durso e Hutkins, 2003). São essenciais para a produção da maioria dos tipos de queijos, onde espécies selecionadas são empregadas com o intuito de auxiliar na maturação e agregar características sensoriais (Parente et al., 2017), além de participarem na produção de iogurtes e outros leites fermentados na indústria láctea (García-díez e Saraiva, 2021).

Os *starters* primários realizam a acidificação nas fases iniciais de fabricação de queijo e contribuem para agregação de sabor e aroma ao produto. As espécies de BAL que são classificadas como iniciadoras primárias são *Lactobacillus deubruueckii*, subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* e *Streptococcus thermophilus* (Parente et al., 2017).

Os *starters* secundários auxiliam na maturação de queijos, sendo este grupo composto por BAL, por outros tipos de bactérias e por fungos e leveduras (Parente et al., 2017).

Quanto a fabricação de outros produtos lácteos, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* são comumente utilizados como culturas iniciadoras na fabricação de iogurte, sendo este produto obtido a partir da fermentação láctica de leite previamente submetido a tratamento térmico (García-díez e Saraiva, 2021). Na produção de leites fermentados, as culturas iniciadoras de destaque são *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* e *Lactobacillus acidophilus*,

tendo este último a capacidade de aumentar a concentração de folato (vitamina antioxidante) nestes produtos (Coelho, 2011).

As bactérias utilizadas como fermento podem ser classificadas quanto a sua temperatura ótima de crescimento: bactérias mesofílicas tipo “O”, bactérias mesofílicas tipo “LD” e bactérias termofílicas (Sobral et al., 2022).

### **Bactérias mesofílicas tipo “O”**

As BAL classificadas como mesofílicas são utilizadas na fabricação de queijos que a temperatura da coalhada durante a fase inicial de produção de ácido, não excede a 40 °C. Pertencem a este grupo as bactérias homofermentativas, que produzem apenas ácido láctico como resultado da fermentação da lactose, como *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* (Fox et al., 2012).

São utilizadas em queijos onde é desejado obter massa compacta e fechada, ou seja, sem olhaduras como Minas Frescal, Minas Padrão, Muçarela (fementação lenta), queijo Prato e nos queijos de mofo branco e mofo azul produzidos no Brasil, em conjunto com as culturas secundárias (Costa et al., 2017 e Sobral et al., 2022).

### **Bactérias mesofílicas tipo “LD”**

Este tipo de cultura abrange tanto as espécies homofermentativas do tipo “O”, quanto as heterofermentativas como *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*. As espécies heterofermentativas fermentam a lactose produzindo ácido láctico, mas também podem fermentar o citrato com produção de compostos aromáticos, como o diacetil, além do gás carbônico (Costa et al., 2017).

São utilizadas na produção de queijos com olhaduras aromáticas, como o Edam e o Gouda, e queijos que necessitam de produção de gás para abertura da massa, como o Gorgonzola e o Roquefort (Sobral et al., 2022).

### **Bactérias termofílicas**

O desenvolvimento ótimo de bactérias termofílicas ocorre acima de 45 °C. Este grupo é composto por microrganismos homofermentativos como *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus helveticus*, que não produzem gás e que são sensíveis ao sal, sendo inibidos a uma concentração de 2 % de sal no queijo (Costa et al., 2017).

São empregadas em conjunto ou separadamente na fabricação de queijos de massa cozida, de maturação longa e com menor teor de umidade, como o Parmesão, além dos suíços, em complemento à fermentação propiônica (Delorme et al., 2008) e iogurtes (Hill e Ross, 1998).

### **Probióticos**

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 241, de 26 de julho de 2018 (RDC 241/2018), é considerado como probiótico o “microrganismo vivo que, quando administrado em quantidades adequadas, confere um benefício à saúde do indivíduo” (Brasil, 2018). O primeiro conceito de probiótico veio do zoologista russo Élie Metchnikoff, que propôs em 1907 que as bactérias poderiam ter um papel importante na saúde humana (Freire et al. 2021).

Para o microrganismo ser considerado probiótico e ser utilizado em alimentos, deve possuir para comprovação de segurança e do efeito necessário no organismo humano. Para isso, devem ser cumpridos requisitos como ter um histórico de uso seguro; não ter registros de eventos adversos relevantes, serem obtidos a partir de estudos clínicos ou vigilância pós-uso; ausência de fatores de virulência e patogenicidade relevantes para a saúde humana; ausência de produção de substâncias ou metabólitos que representem risco à saúde humana; ausência de resistência potencialmente transferível, a antibióticos relevantes para a saúde humana; e apresentar susceptibilidade a, pelo menos, dois antibióticos (Brasil, 2018).

Além disso, as bactérias devem ser capazes de resistir ao ácido estomacal e bile, serem classificadas como GRAS, produzir compostos benéficos à saúde (antimicrobianos), serem identificadas à nível de gênero, espécie e linhagem, serem capazes de aderirem a superfícies mucosas e se manterem viáveis durante o processamento e a estocagem (Brasil, 2018).

Os efeitos benéficos advindos dos probióticos têm diversos mecanismos de ação, sendo os mais importantes, a inibição de patógenos, a modulação da imunidade, o restabelecimento da homeostase microbiana e a proteção da barreira epitelial (Oelschlaeger, 2010).

Nem todos os probióticos são bactérias ácido lácticas e vice-versa, porém, a maior parte é composta, principalmente, por BAL pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. As espécies de BAL mais amplamente utilizadas em produtos comerciais

como lácteos fermentados e produtos farmacêuticos, são *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactococcus lactis* e *Leuconostoc mesenteroides*) (Zukiewicz-sobczak et al., 2014; Zheng et al., 2020).

### **Bioproteção**

Considerando os perigos biológicos que podem afetar a segurança dos consumidores, a tecnologia de bioproteção faz uso de microrganismos e ou seus metabólitos, com a finalidade de proteger os alimentos destes perigos (Arbulu et al, 2022). As BAL são, geralmente, os microrganismos de escolha, devido ao seu efeito protetor relacionado à capacidade de produzir compostos antibacterianos e antifúngicos naturais, como os ácidos orgânicos, peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono, diacetil e bacteriocinas, sendo utilizados, muitas vezes, em combinações (Said et al., 2019).

A redução do impacto causado por microrganismos patogênicos e deteriorantes em alimentos é um crescente desafio, em função do aumento da demanda do consumidor por produtos sem aditivos químicos (Said, et al., 2019). De acordo com Aguiar (2019), a necessidade de preservação da qualidade das matérias-primas utilizadas na indústria, por meio do uso de componentes e processos naturais vem crescendo ao longo dos anos, e, com isso, o uso de conservantes químicos tende a reduzir.

As BAL exercem sua função protetora por meio de três principais mecanismos: (1) o deslocamento e a exclusão (adesão a superfícies e sobrevivência por longos períodos); (2) a competição por nutrientes; e (3) a produção de metabólitos antimicrobianos. As espécies de BAL mais utilizados com esta finalidade são: *Lactilactobacillus sakei*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactilactobacillus curvatus*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus delbureckii*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactobacillus pentosus*, *Limosilactobacillus reuteri*, *Limosilactobacillus fermentum*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides*, entre outros (Said et al., 2019; Zheng et al., 2020).

### **Bacteriocinas**

O mecanismo de fermentação do carboidrato pelas BAL, leva à produção de ácido láctico e de ácidos graxos de cadeia curta, conferindo tanto o caráter probiótico, quanto

tecnológico. No entanto, algumas bactérias são capazes de produzir, ainda, outras substâncias que têm efeito antagonista a outras bactérias, como as bacteriocinas (Zukiewicz-sobczak et al., 2014).

As bacteriocinas são toxinas proteicas, com efeito bactericida e ou bacteriostático, produzidas por algumas bactérias, que não prejudicam a célula produtora ou o hospedeiro, e que age, principalmente, contra microrganismos intimamente relacionados. Sua denominação pode variar de acordo com o gênero produtor, como, por exemplo, Enterocina (*Enterococcus*), Lactococina (*Lactococcus*), Estafilococinas (*Staphylococcus*), entre outras (Lagos, 2013). Gêneros de BAL como *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Weissella* spp. e *Bifidobacterium* spp., são conhecidos produtores potenciais dessas substâncias (Preciado et al., 2016; Surekha e Reddy, 2014).

O mecanismo de ação dessas proteínas e peptídeos é baseado na sua ligação a receptores específicos nas células, formando poros na membrana que vão levar à permeabilidade celular e, conseqüente, à morte da bactéria alvo (Preciado et al., 2016). As bacteriocinas podem ser agrupadas em 3 classes, apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2:** Descrição das bacteriocinas quanto à classe, tamanho e estabilidade ao calor.

Classe	Tamanho	Estabilidade ao calor	Bacteriocinas
Lantibióticos	19 – 37 AA	estáveis	Nisina, Lactocina S, Lacticina 3147 e Subtilina
Não lantibióticos	<15 kDa	estáveis	Pediocina PA-1, Lactacina B, Lactacina F, Leucocina A-UAL 187 e Lactococina G
Proteínas pequenas	>30 kDa	termolábeis	Caseicina 80, Lacticina A e Lacticina B

Fonte: Adaptado de Surekha e Reddy (2014).

Segundo Surekha e Reddy (2014), a Nisina é a única bacteriocina purificada, amplamente utilizada na indústria como conservante alimentício, sendo atóxica, facilmente degradada por enzimas digestivas e termoestável. Além disso, não atribui

características sensoriais desagradáveis aos alimentos, sendo produzida pelo *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*.

### ***Non starter lactic acid bacteria (NSLAB)***

Este grupo de bactérias, ao contrário das *starters*, não são adicionadas ao processo de fabricação dos produtos lácteos fermentados. Ou seja, são autóctones e estão presentes na microbiota do leite cru, no ambiente de ordenha ou da indústria, se multiplicando durante o processo de maturação dos queijos (Beresford et al., 2001) e de outros produtos fermentados. Pode, ainda, estar presente em produtos lácteos derivados de leite pasteurizado, por resistirem à pasteurização ou por recontaminação (Lunardi et al., 2021). As espécies que compõem este grupo são heterofermentativas mesofílicas, como *Lacticaseibacillus casei* spp., *Lactobacillus paracasei* spp., *Lacticaseibacillus rhamnosus* spp., *Lactiplantibacillus plantarum* spp., além de *Pediococcus* spp., *Micrococcus* spp. e *Leuconostoc* spp. (Meng et al., 2018 e Zheng et al., 2020). Dependendo da espécie, dos produtos e das condições na qual são submetidos, as NSLAB podem contribuir para o aparecimento de defeitos, principalmente, por meio de lipólise e ou proteólise (Sobral et al., 2022), podendo conferir texturas e sabores indesejáveis, estufamento de queijos (Pereira et al., 2020), além de odores estranhos, sabores amargos ou ácidos, perda de viscosidade e coloração e produção de gases em leites fermentados e iogurtes (Hansen, 2017). Apesar de serem culturas não intencionais na fabricação e, na maioria dos casos, ocasionarem defeitos em produtos lácteos, estas bactérias podem conferir características benéficas, como olhaduras pela produção de gás carbônico em queijo minas artesanal (Epamig, 2019), aroma e sabor agradáveis em queijos tipo Suíço (Beuvier et al., 1997) e Cheddar (Lynch et al., 1996), além de conferir proteção à patógenos e ação probiótica (Ramon e Silva, 2019; Pereira et al., 2020).

### **CONCLUSÕES**

As bactérias ácido lácticas têm um importante e crescente papel na indústria de laticínios. Em termos tecnológicos, são imprescindíveis o conhecimento, a manipulação e o controle do desenvolvimento adequados de estirpes *starters* e NSLAB; em termos de saúde humana, são fundamentais o conhecimento e a exploração adequada do seu potencial probiótico e de bioproteção. Dessa forma, são importantes os estudos acerca

destes microrganismos, seus produtos, sua função, bem como sua aplicabilidade nos alimentos e na saúde humana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Marcos Vinícius. Bioproteção em lácteos. XXV Seminário regional técnico, Bahia, 2019.
- ARBULU, Sara et al. Bioprotective cultures and bacteriocins for food. In: DE BRUIJN, Frans J. et al. Good microbes in medicine, food production, biotechnology, bioremediation, and agriculture. Wiley online library, 2022.
- BERESFORD, Tom P. et al. Recent advance in cheese microbiology. *Int. Dairy J.*, 2001, v. 11.
- BEUVIER, Eric et al. Ripening and quality of Swiss-type cheese made from raw, pasteurized microfiltered milk. *Int. Dairy J.*, 1997, v. 7, p. 311-323.
- BJÖRKROTH, Johanna et al. The genus *Weissella*. *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*, 2014.
- BRASIL. Resolução da diretoria colegiada- RDC nº 241, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde dos probióticos para uso em alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2018.
- BRUNO, Laura M. Manual de Curadores de Germoplasma – Micro-organismos: Bactérias Ácido-Láticas. Brasília, 2011. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 336; Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, 151).
- BURITI, Flávia C. A. e SAAD, Susana M. I. Bactérias do grupo *Lactobacillus casei*: caracterização, viabilidade como probióticos em alimentos e sua importância para a saúde humana. *ALAN*, 2007, v. 57.
- COELHO, Luciana F. Isolamento e seleção de micro-organismos e desenvolvimento de tecnologia para produção de ácido láctico. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Instituto de Biociências, 2011.
- COSTA, Renata G. B. et al. Processamento de queijos. In: CRUZ, Adriano G. et al. (org.). *Processamento de produtos lácteos: queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, sorvete, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais*. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, p. 11-70.
- DAS, Deeplina e GOYAL, Arun. *Lactic Acid Bacteria in Food Industry. Microorganisms in Sustainable Agriculture and Biotechnology*, 2011, p. 757-772.
- DE ANGELIS, Marco e GOBBETTI, Maria. *Lactobacillus spp.: General Characteristics. Reference Module in Food Science*, 2016.
- DELORME, Christine. Safety assessment of dairy microorganisms: *Streptococcus thermophilus*. *Intern. J. of Food Microbiol.*, 2008, v. 126.
- DURSO, Lisa e HUTKINS, Robert. Starter cultures. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2003.
- EPAMIG. Queijo Minas Artesanal: principais problemas de fabricação: manual técnico de orientação ao produtor. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019.
- FOX, Patrick F. et al. *Cheese chemistry, Physics and Microbiology*. 3 ed.: Elsevier, 2012.
- FREIRE, Thayná T. et al. Bactérias ácido lácticas suas características e importância: revisão. *Research, Society and Development*, 2021, v. 10.
- FUSCO, Vincenzina et al. The genus *Weissella*: taxonomy, ecology and biotechnological potential. *Front Microbiol.*, 2015.

- GARCÍA-DÍEZ, Juan e SARAIVA, Cristina. Use of Starter Cultures in Foods from Animal Origin to Improve Their Safety. *Int. J. Environ Res. Public Health*, 2021, 18(5):2544.
- GIRAFFA, Giorgio. *Enterococcus*. Encyclopedia of Food Microbiology, 2014.
- GIRAFFA, Giorgio. *Enterococcus*. Encyclopedia of Food Microbiology, 1999.
- GOBBETTI, Marco e CALASSO, Maria. Streptococcus: Introduction. Encyclopedia of Food Microbiology, 2014.
- HAMMES, Walter P. e HERTEL, Christian. New Developments in Meat Starter Cultures. *Meat Science*, 1998.
- HANSEN, C. O impacto das NSLAB na qualidade dos queijos. *Indústria de Laticínios*, 2017, v. 21, p. 24-25.
- HARNETT, James et al. Lactic acid bacteria: *Streptococcus thermophilus*. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2011.
- HASSAN, Ashraf N. e FRANK, Joseph F. Microorganisms associated with milk. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2002.
- HASSAN, Ashraf N. e FRANK, Joseph F. Microorganisms associated with milk. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2011.
- HILL, Colin e ROSS, R. Paul. Starter cultures for the dairy industry. In: ROLLER, S.; HARLANDER, S. (eds) Genetic Modification in the Food Industry. Springer, Boston, MA: 1998.
- HUTKINS, Robert e GOH, Yong J. Streptococcus: *Streptococcus thermophilus*. Encyclopedia of Food Microbiology, 2014.
- IBRAHIM, Salam A. Lactic Acid Bacteria: Lactobacillus spp.: Other Species. Reference Module in Food Science, 2016.
- ISSA, Aseel T. e TAHERGORABI, Reza. Milk bacteria and gastrointestinal tract: Microbial composition of milk. *Foods, Nutrients, and Dietary Supplements*, 2019.
- KHALID, Khalissani. An overview of lactic acid bacteria. *Inter. J. of Bioscienc.*, 2011, v. 1.
- LAGOS, R. Bacteriocins. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 2013.
- LIMSOWTIN, Gäetan. et al. Lactic acid bacteria, taxonomy. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2002.
- LORENZO, José M. et al. Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability: General Aspects and Overall Description. *Innovative Technologies for Food Preservation: Inactivation of Spoilage and Pathogenic Microorganisms*, 2018.
- LUNARDI, Alessandra. et al. Bactérias ácido-láticas não iniciadoras (NSLAB): um desafio à indústria de queijos. *Brazilian J. of Development*, 2021, v. 7, n. 3, p. 26383-26409.
- LYNCH, C. M. et al. Manufacture of Cheddar cheese with and without adjunct lactobacilli under controlled microbiological conditions. *Int. Dairy J.*, 1996, v. 6, p. 851-867.
- MENG, Zhaoxu. et al. Technological characterization of Lactobacillus in semihard artisanal goat cheeses from different Mediterranean areas of potential use as nonstarter lactic acid bacteria. *J. Dairy Sci.*, 2018, v. 101, p. 2887-2896.
- MOKOENA, Mduduzi. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens: a mini-review. *Mol.*, 2017, 22:1255.
- NARVHUS, J. A. e AXELSSON, L. Lactic acid bacteria. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2003.
- OELSCHLAEGER, Tobias A. Mechanisms of probiotic actions – a review. *International Journal of Medical Microbiology*, 2010.
- OLAJIDE, Atinuke M.; LAPOINTE, Gisèle. Microorganisms associated with raw milk. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2022.

- OSBORNE, James P. Advances in microbiological quality control. Managing Wine Quality, 2022.
- O’SULLIVAN, Daniel J. et al. Lactic acid bacteria: genomics, genetic engineering. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2011.
- PARENTE, E. et al. Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology, 2017.
- PEREIRA, Maria T. et al. Importância das bactérias ácido lácticas e não starter (NSLAB) na tecnologia de produção dos derivados lácteos. Ensaio e Ciência, 2020, v. 24.
- PRECIADO, G. M. et al. Antibiotic Resistance: Mechanisms and New Antimicrobial Approaches. Academic Press, 2016.
- RAMON, P. O. R. e SILVA, D. A. Bactérias de auxílio na maturação dos queijos (NSLAB) e seus benefícios para a saúde. Milkpoint, 2019.
- SACRAMENTO, Andrey G. Caracterização molecular de Enterococcus spp. resistentes à vancomicina em amostras clínicas, ambientes aquáticos e alimentos. 2015. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Farmácia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- SAID, Laila B. et al. Bioprotective culture: a new generation of food additives for the preservation of food quality and safety. Industrial Biotechnology, 2019, p. 138-147.
- SOBRAL, Denise et al. Bactérias lácticas na fabricação de queijos: uma revisão narrativa. In: V Congresso Internacional de Saúde Única, 2022, Recife. Anais...Recife: 2022.
- SUREKHA, Maganti e REDDY, S. M. Preservatives: classification and properties. Encyclopedia of Food Microbiology, 2014.
- TABAN, Birce M. et al. Microflora of the intestine: biology of the Enterococcus spp. Encyclopedia of Food Microbiology, 2014.
- TAYE, Yeshambel et al. Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from Cow Milk and Milk Products. The Sci.World J., 2021, p. 1-6.
- TEIXEIRA, Camila G. et al. The Weissella genus in the food industry: a review. Research, Society and Development, 2021, v. 10.
- TORTOLI, Enrico. Descrição de novas espécies de bactérias: o gênero Mycobacterium como exemplo. II Encontro Científico Internacional do Instituto Evandro Chagas, Pará: Ananindeua, 2017.
- WANG, Yaqi et al. Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. Front. Bioeng. Biotechnol., 2021, 9:612285.
- WARD, L. J. H. et al. Lactococcus spp.: Lactococcus lactis. Encyclopedia of Dairy Sciences, 2002.
- YUSUF, M. Natural Antimicrobial Agents for Food Biopreservation. Food Packaging and Preservation, 2018.
- ZHENG, Jinshui 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. Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 2020, 70(4):2782-2858.
- ŻUKIEWICZ-SOBCZAK, Wioletta et al. Probiotic lactic acid bacteria and their potential in the prevention and treatment of allergic diseases. Cent. Eur. J. Immunol., 2014, 39(1).