

Microencapsulação de *Lacticaseibacillus*: Uma revisão sistemática

Microencapsulation of *Lacticaseibacillus*: A systematic review

Microencapsulación de *Lacticaseibacillus*: Una revisión

Recebido: 29/11/2023 | Revisado: 08/12/2023 | Aceitado: 09/12/2023 | Publicado: 12/12/2023

Letícia Olimpia de Santana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4443-4954>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: leticia.olimpia@ufpe.br

Andreza Tallyne de Aguiar Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5182-8353>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: andreza.tallyne@ufpe.br

Alessandra Silva Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0650-4835>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: alessandra.silvaaraujo@ufpe.br

Wellington de Almeida Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0818-5543>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: wellington.almeidaoliveira@ufpe.br

Ana Lisa do Vale Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7067-1481>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: ana.vgomes@ufpe.br

Mariane Cajubá de Britto Lira Nogueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7556-4746>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: mariane.lira@ufpe.br

Resumo

Objetivo: consiste em realizar uma revisão sistemática da literatura, focalizando estudos que abordam a eficácia da microencapsulação de *Lacticaseibacillus* em alimentos lácteos. Metodologia: a busca foi conduzida em bases de dados renomadas, como Scopus, Pubmed, Scielo e Lilacs, seguindo as diretrizes metodológicas do PRISMA, com uma inclusão de dados do período entre 2018 e 2023. Ao término da busca, 15 artigos foram selecionados, atendendo aos critérios de elegibilidade estabelecidos. Resultados: revelaram uma predileção pela técnica de liofilização na microencapsulação, conferindo estabilidade ao longo do tempo. Os alimentos mais frequentemente estudados incluem whey protein, iogurte e queijo. A taxa de encapsulação, consistentemente superior a 90%, proporcionou insights significativos sobre a eficácia das técnicas empregadas nesse processo. A revisão identificou a necessidade de atualização de termos, como "*Lacticaseibacillus*", destacando a importância de manter a terminologia alinhada com avanços científicos e taxonomia atualizada. Conclusão: Destaca-se que uma compreensão mais aprofundada das interações de *Lacticaseibacillus* com a microbiota intestinal pode abrir caminhos para terapias personalizadas, contribuindo assim para a promoção da saúde gastrointestinal e imunológica. A taxa de encapsulação, frequentemente superior a 90%, destaca a eficácia dessa abordagem. Sublinha-se, portanto, que a pesquisa nesse campo é essencial para otimizar o uso dessas bactérias como probióticos, promovendo benefícios significativos para a saúde humana.

Palavras-chave: Alimento funcional; Probióticos; Bactérias; *Lacticaseibacillus*.

Abstract

Objective: consists of carrying out a systematic review of the literature, focusing on studies that address the effectiveness of microencapsulation of *Lacticaseibacillus* in dairy foods. Methodology: the search was conducted in renowned databases, such as Scopus, Pubmed, Scielo and Lilacs, following the PRISMA methodological guidelines, with the inclusion of data from the period between 2018 and 2023. At the end of the search, 15 articles were selected, meeting the established eligibility criteria. Results: revealed a preference for the freeze-drying technique in microencapsulation, providing stability over time. The most frequently studied foods include whey protein, yogurt and cheese. The encapsulation rate, consistently exceeding 90%, provided significant insights into the effectiveness of the techniques used in this process. The review identified the need to update terms, such as "*Lacticaseibacillus*", highlighting the importance of keeping terminology aligned with scientific advances and updated taxonomy. Conclusion: It is highlighted that a deeper understanding of the interactions of *Lacticaseibacillus* with the intestinal microbiota can open avenues for personalized therapies, thus contributing to the promotion of gastrointestinal and immunological health. The encapsulation rate, often exceeding 90%, highlights the effectiveness of this approach. It is therefore highlighted

that research in this field is essential to optimize the use of these bacteria as probiotics, promoting significant benefits for human health.

Keywords: Functional food; Probiotics; Bacteria; *Lacticaseibacillus*.

Resumen

Objetivo: consiste en realizar una revisión sistemática de la literatura, centrándose en estudios que abordan la efectividad de la microencapsulación de *Lacticaseibacillus* en alimentos lácteos. Metodología: la búsqueda se realizó en bases de datos de renombre, como Scopus, Pubmed, Scielo y Lilacs, siguiendo los lineamientos metodológicos PRISMA, con la inclusión de datos del período comprendido entre 2018 y 2023. Al final de la búsqueda se seleccionaron 15 artículos, cumpliendo con los criterios de elegibilidad establecidos. Resultados: revelaron preferencia por la técnica de liofilización en microencapsulación, brindando estabilidad en el tiempo. Los alimentos más estudiados incluyen el proteína de suero, el yogur y el queso. La tasa de encapsulación, que superó constantemente el 90%, proporcionó información importante sobre la eficacia de las técnicas utilizadas en este proceso. La revisión identificó la necesidad de actualizar términos, como "*Lacticaseibacillus*", destacando la importancia de mantener la terminología alineada con los avances científicos y la taxonomía actualizada. Conclusión: Se destaca que una comprensión más profunda de las interacciones de *Lacticaseibacillus* con la microbiota intestinal puede abrir vías para terapias personalizadas, contribuyendo así a la promoción de la salud gastrointestinal e inmunológica. La tasa de encapsulación, que a menudo supera el 90%, pone de relieve la eficacia de este enfoque. Por tanto, se destaca que la investigación en este campo es fundamental para optimizar el uso de estas bacterias como probióticos, promoviendo importantes beneficios para la salud humana.

Palabras clave: Alimentos funcionales; Probióticos; Bacterias; *Lacticaseibacillus*.

1. Introdução

Lacticaseibacillus é um gênero de bactéria amplamente empregado na produção de alimentos probióticos, devido às suas propriedades benéficas para a saúde humana, especialmente em relação ao trato gastrointestinal. Essas bactérias não apenas oferecem benefícios significativos, mas também são reconhecidas como seguras para o consumo, sendo sujeitas a regulamentação (Talib *et al.*, 2019). Naturalmente presente em certos alimentos fermentados, o gênero *Lacticaseibacillus* é também disponibilizado em forma de suplementos, sendo incorporado em diversas matrizes alimentares (Frakolari *et al.*, 2020; Sbehat *et al.*, 2022).

Os probióticos são caracterizados como bactérias que conferem benefícios à saúde quando administradas em quantidades apropriadas. Suas vantagens abrangem desde a regulação intestinal até o reforço da imunidade, prevenindo e aliviando sintomas de diversas doenças (Olivares *et al.*, 2017). Para garantir a entrega eficaz desses benefícios aos consumidores, é crucial que esses microrganismos alcancem o trato gastrointestinal em uma forma viável e em quantidades adequadas, ou seja, superiores a 10^6 UFC/g. Isso se deve ao fato de que os probióticos, em sua forma não encapsulada, são vulneráveis ao estresse ambiental e do trato gastrointestinal (Hayayumi-Valdivia *et al.*, 2021). A quantidade efetiva de microrganismos probióticos que atinge o trato gastrointestinal humano é notavelmente reduzida devido a diversos fatores inerentes à fisiologia humana. Entre esses fatores, destaca-se a influência do pH do trato gastrointestinal na degradação dos alimentos, afetando a sobrevivência dos probióticos. Além disso, a escolha cuidadosa da matriz alimentar que abrigará os probióticos é de suma importância, assim como o armazenamento adequado desses produtos (Sbehat *et al.*, 2022). A composição do alimento desempenha um papel importante na viabilidade dos probióticos, destacando-se a influência significativa de determinados alimentos na criação de um ambiente propício para esses microrganismos. Produtos lácteos, por exemplo, fornecem um pH considerado ideal para as necessidades de sobrevivência dos probióticos (Sbehat *et al.*, 2022). É importante notar que muitos microrganismos probióticos são sensíveis a variações extremas de pH, o que pode comprometer sua viabilidade (Sbehat *et al.*, 2022).

Nesse sentido, a microencapsulação vem sendo descrita como uma alternativa tecnológica eficaz para preservar a integridade dos probióticos diante dos estresses ambientais e das condições adversas encontradas no trato gastrointestinal (Lopes *et al.*, 2021). Essa abordagem visa assegurar que uma quantidade significativa de microrganismos viáveis alcance o intestino, cumprindo assim sua função de maneira efetiva (Hayaumi-Valdivia *et al.*, 2021). A microencapsulação oferece a

possibilidade de desenvolver novos alimentos funcionais, incorporando compostos bioativos, como os probióticos (Raddatz & Menezes, 2021). Entretanto, é importante realizar uma seleção criteriosa da tecnologia de encapsulação, garantindo que as micropartículas desempenhem adequadamente sua função principal de manter a viabilidade dos probióticos, uma vez que o tamanho e a sobrevivência desses microrganismos variam conforme a tecnologia empregada (Sarao & Arora, 2017).

Apesar das bactérias pertencentes do gênero *Lacticaseibacillus* serem amplamente utilizadas como probióticos e o processo de sua microencapsulação ser cada vez mais frequente, há uma carência relacionada a sistematização dos estudos, ou seja, estudos que congreguem informações relevantes para evidenciar o que há de comprovação das suas vantagens. Neste sentido, a realização de uma revisão sistemática se torna necessária, sendo uma abordagem eficaz para organizar a literatura, proporcionando uma base sólida para orientar futuras investigações científicas. Dessa forma, o objetivo central desta pesquisa é conduzir uma revisão sistemática da literatura, focando nos estudos relacionados à microencapsulação de *Lacticaseibacillus*, especificamente em alimentos lácteos.

2. Metodologia

Uma busca sistemática foi conduzida para atualização de informações sobre o gênero *Lacticaseibacillus* e a prática de microencapsulação na área de alimentos lácteos, por meio da análise crítica de artigos relevantes. A descrição detalhada dos métodos utilizados visa aprimorar a confiabilidade dos resultados obtidos, os quais são apresentados em tabelas para facilitar análise e discussão. Esta pesquisa foi submetida à plataforma Open Science Framework, um repositório que cataloga revisões em andamento. Um identificador exclusivo foi atribuído para referência e para evitar duplicidade de estudos. O código de identificação, conhecido como DOI, está registrado como 10.17605/OSF.IO/SXT3B.

Estratégia de busca

A revisão sistemática realizada aderiu às diretrizes metodológicas estabelecidas pelo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantindo uma boa abordagem metodológica (Liberati *et al.*, 2009). Para a busca abrangente de informações relevantes, foram utilizadas bases de dados, incluindo Scopus, Pubmed, Scielo e Lilacs. Adicionalmente, a pesquisa foi complementada pela análise das listas de referências dos artigos identificados, visando obter informações suplementares de interesse.

A estratégia de busca implementada nas bases de dados, envolveu a seleção cuidadosa de termos-chave relevantes, como "Lactobacillus", "probiotics", "microencapsulation" e "dairy food". A recente atualização do termo "Lactobacillus" para "Lacticaseibacillus" trouxe implicações importantes para a pesquisa científica. Durante a condução da busca, a tentativa de inserir o termo atualizado resultou na impossibilidade de realizar a pesquisa, mantendo-se, portanto, o uso do antigo termo. A utilização de operadores booleanos "AND" permitiu a interseção desses termos, a fim de recuperar os estudos que abordassem simultaneamente essas temáticas. Para garantir maior precisão e relevância nos resultados, foi aplicado um filtro para incluir artigos de revisão e pesquisas.

Por meio dessa abordagem metodológica foi possível compilar estudos pertinentes, fornecendo uma base científica para a análise e a síntese das informações relacionadas aos *Lacticaseibacillus*, probióticos, microencapsulação e alimentos lácteos. O rigor e a abrangência da estratégia de busca asseguram a confiabilidade e a validade dos resultados obtidos, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento nessa área de pesquisa.

A busca nas bases de dados foi realizada mediante a utilização de termos previamente citados, em conformidade com as estratégias de pesquisa estabelecidas, onde foram captados todos os estudos relacionados ao tema através da leitura do título seguido da leitura dos resumos, posteriormente, com o intuito de afunilar a pesquisa em busca do objetivo, a triagem filtrou artigos científicos com informações relevantes acerca de aspectos da viabilidade e eficácia sobre a microencapsulação de

probióticos na área de alimentos nos idiomas citados posteriormente.

Crítérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão adotados para esta revisão sistemática compreendem artigos publicados nos últimos cinco anos, abrangendo o período de 2018 a 2023, nos idiomas inglês e português. A seleção criteriosa dos estudos para inclusão envolveu uma análise minuciosa daqueles que apresentavam dados acerca dos *Lacticaseibacillus* microencapsulados. Essa abordagem visa garantir a incorporação de estudos atualizados e relevantes para o escopo da pesquisa, com o intuito de fornecer uma análise consistente e abrangente sobre o tema.

Para manter a qualidade e a precisão da revisão, foram estabelecidos critérios de exclusão específicos. Dessa forma, foram excluídos artigos repetidos, capítulos de livros, cartas ao editor, resumos de conferência, resenhas e artigos que abordavam outros gêneros de microrganismos microencapsulados que não fossem do gênero *Lacticaseibacillus*. Essa abordagem visa uma maneira mais precisa da investigação sobre os *Lacticaseibacillus* microencapsulados, evitando inclusões não pertinentes ao escopo do estudo.

Seleção de artigos

Inicialmente, foi conduzida uma criteriosa análise dos títulos e resumos dos estudos obtidos, visando identificar e remover quaisquer duplicações. Em seguida, os artigos selecionados passaram por uma leitura minuciosa, excluindo aqueles que não se alinhavam aos objetivos da presente pesquisa.

Com o intuito de sistematizar as informações obtidas, elaborou-se um quadro contendo dados relevantes, como referência, tipo de alimento, técnica de microencapsulação, taxa de encapsulação, modelo experimental (células, animal, humano) e os principais achados. Essa tabela foi submetida a uma triagem realizada de forma independente por dois revisores, os quais aplicaram os mesmos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos (Martínez-González, 2020). Os revisores designados para colaborar com a pesquisa são Andreza Tallyne de Aguiar Silva e Alessandra Silva Araújo, doutorandos em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco, ambos com expertises em revisão sistemática e probióticos, respectivamente. A contribuição dos colaboradores foi fundamental para a avaliação dos aspectos metodológicos, mitigar possíveis erros e garantir a precisão metodológica do estudo.

A escolha de buscar trabalhos dos últimos 5 anos foi fundamentada no objetivo de incorporar estudos mais atualizados. Essa abordagem permitirá a compilação e discussão de informações relevantes sobre o tema em questão.

Avaliação da qualidade de estudos incluídos

Nas análises de revisões sistemáticas, destaca-se a necessidade de avaliar a qualidade dos estudos incorporados no escopo da investigação. Com esse propósito, foi recorrida a ferramenta denominada ARRIVE, em conjunto com as diretrizes da CONSORT, uma vez que a determinação da qualidade de estudos in vitro carece de consenso bem definido. Nesse processo, uma lista composta por 12 itens específicos foi utilizada para a análise. Cada critério em cada estudo foi avaliado com base em uma escala de classificação pré definida, culminando em uma avaliação final (Arrive, 2010; Moher *et al.*, 2001).

Dado que o estudo em questão faz parte de uma revisão sistemática, a montagem da tabela de classificação foi realizada separadamente por dois revisores. Posteriormente, essas avaliações individuais foram comparadas para verificar a concordância. O resultado da qualidade dos estudos foi, então, consolidado na tabela após garantir que as avaliações dos revisores estivessem alinhadas.

Posteriormente, empregou-se a estatística de Kappa para avaliar o nível de concordância entre ambas as revisoras, utilizando o software estatístico IBM SPSS Statistics (Versão 22.0). Os resultados foram apresentados em tabelas para posterior

discussão e análise.

3. Resultados e Discussão

Com o propósito de apresentar de maneira organizada os dados destinados à análise da pesquisa, as fases que culminaram no número final de estudos adotados nesta pesquisa foram representadas no fluxograma do PRISMA. Posteriormente, os resultados foram compilados em uma tabela, proporcionando informações relevantes para uma compreensão abrangente. A pesquisa inicial resultou em 48 registros que atenderam aos critérios estabelecidos previamente, distribuídos entre as bases de dados, onde foram encontrados os seguintes resultados: PubMed= 16; Scopus= 31; Lilacs= 1; e ScieLo= 0 ao utilizar os termos “LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD” como estratégia de busca apresentados de acordo com o Quadro 1.

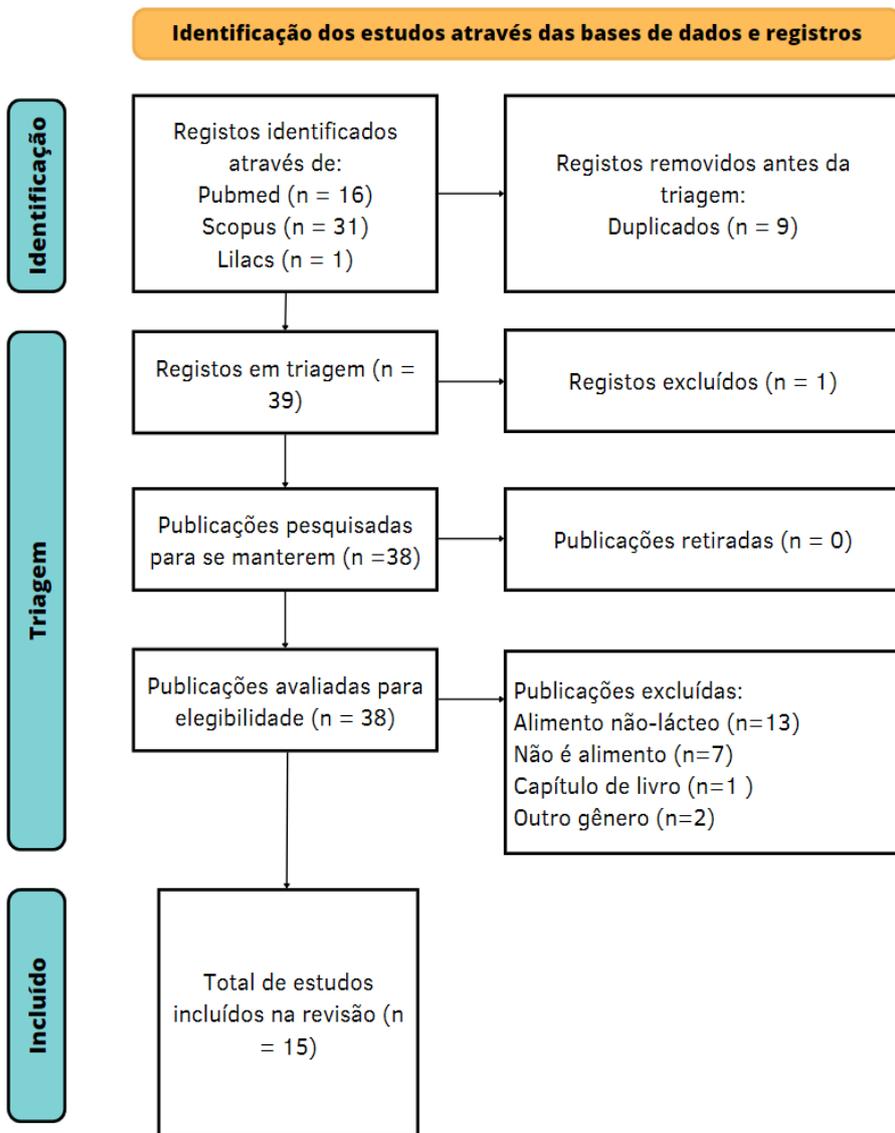
Quadro 1 - Abordagem de rastreamento de artigos conforme as bases de dados selecionadas.

BASE DE DADOS	ESTRATÉGIA DE BUSCA (1º revisor)	Nº DE ARTIGOS (1º revisor)	ESTRATÉGIA DE BUSCA (2º revisor)	Nº DE ARTIGOS (2º revisor)
PubMed	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	16	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	16
Scopus	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	31	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	32
Lilacs	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	1	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	1
ScieLO	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	0	LACTOBACILLUS AND PROBIOTICS AND MICROENCAPSULATION AND DAIRY FOOD	0
TOTAL	-	48	-	49

Neste quadro, as colunas apresentam uma distribuição que reflete os resultados obtidos por cada revisor em suas respectivas buscas independentes, conduzidas mediante a aplicação de termos pré definidos unidos pelo conectivo “AND”. Cabe ressaltar que tais dados representam a totalidade da busca, considerando os filtros relacionados ao ano estabelecidos anteriormente à realização de qualquer leitura. Posteriormente, procedeu-se uma triagem desses dados, culminando na determinação do número definitivo de artigos a serem incorporados à pesquisa. Estes dados estão apresentados através do fluxograma PRISMA, representados na Figura 1. Fonte: Autoria própria.

Através da representação do fluxograma do PRISMA, é possível visualizar cada fase do processo de triagem. Nele, são demarcados as bases onde foram encontrados cada artigo, bem como são expostas as exclusões daqueles que não atenderam aos critérios estabelecidos, acompanhadas de suas respectivas justificativas. Este procedimento conduziu à obtenção do número final de artigos (15), os quais se destinam à análise e discussão no âmbito da presente pesquisa.

Figura 1 – PRISMA 2020 Fluxograma para novas revisões sistemáticas que incluam buscas em bases de dados, protocolos e outras fontes.



Traduzido por: Verónica Abreu*, Sónia Gonçalves-Lopes*, José Luís Sousa* e Verónica Oliveira / *ESS Jean Piaget - Vila Nova de Gaia - Portugal
de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71
Para mais informações, visite: <http://www.prisma-statement.org/>

Fonte: Autoria própria.

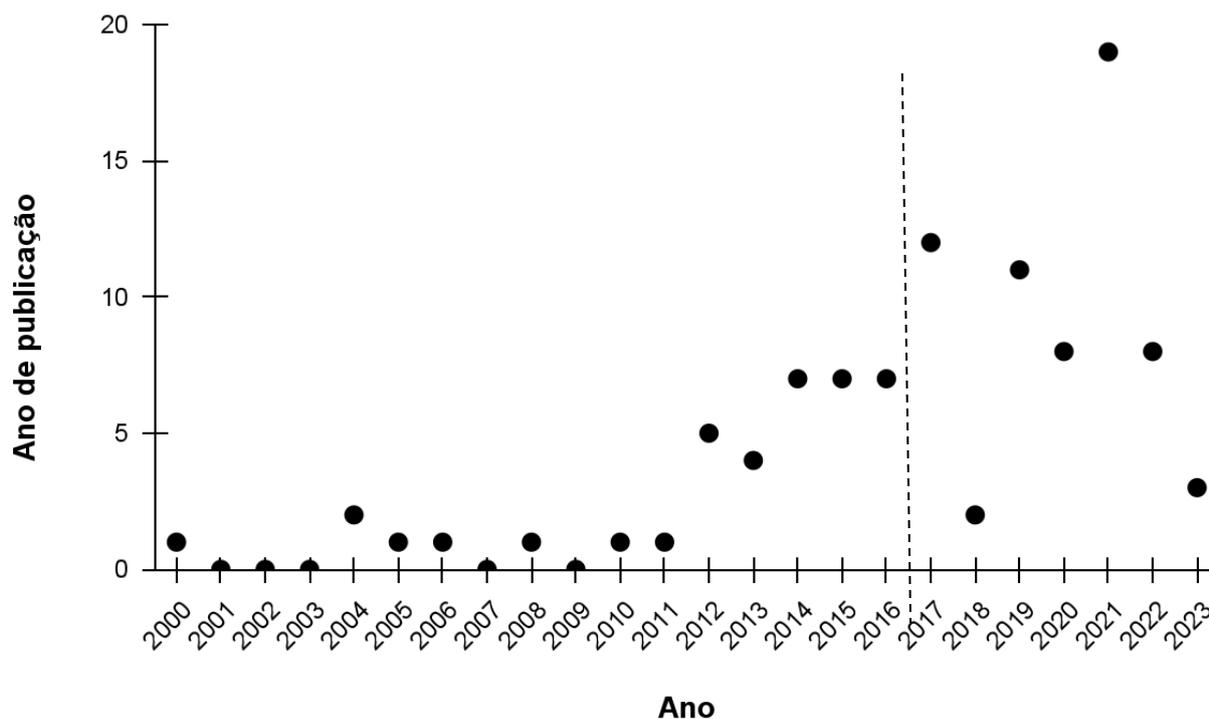
Através da representação do fluxograma do PRISMA, é possível visualizar cada fase do processo de triagem. Nele, são demarcadas as bases onde foram encontrados cada artigo, bem como são expostas as exclusões daqueles que não atenderam aos critérios estabelecidos, acompanhadas de suas respectivas justificativas. Este procedimento conduziu à obtenção do número final de artigos (15), os quais se destinam à análise e discussão no âmbito da presente pesquisa.

Para a análise de risco de viés, foi utilizado o kappa, onde seu resultado foi de 0,92, entrando na classificação de um kappa quase perfeito, mostrando que houve concordância entre os revisores, onde as principais discordâncias foram:

- Item 2: duas discordâncias
- Item 4: uma discordância
- Item 5: uma discordância
- Item 7: três discordâncias
- Item 8: duas discordâncias
- Item 10: três discordâncias

Ao analisar a busca preliminar, verificou-se um aumento progressivo na quantidade de artigos encontrados ao longo dos anos, abrangendo o período de 2000 a 2023. Notavelmente, os últimos cinco anos (2018-2023) se destacaram por apresentar uma maior produção científica na temática em questão, período delimitado no gráfico. Esse aumento atingiu seu ápice em 2021, quando foram contabilizados 19 artigos, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Exibição do resultado da pesquisa com o número *versus* ano de publicação nas bases de dados, tendo foco nas publicações nos últimos 5 anos (2018-2023) representado no gráfico após tracejado.



Fonte: Autoria própria (2023).

A análise do número total de publicações no quinquênio anterior (2018 a 2023) revela um reflexo significativo do impacto temporal causado pela pandemia da COVID-19. Isso se manifesta claramente por meio de uma notável diminuição no quantitativo de estudos após esse período que, anteriormente, estava em ascensão. A hipótese subjacente a esse declínio sugere que a redução observada nas publicações pode ser atribuída às restrições impostas pelo cenário pandêmico nos anos de 2020 e 2021, limitando as atividades nos laboratórios de pesquisa.

Com o intuito de documentar de maneira abrangente os dados para futuras discussões, foram compiladas informações específicas de cada artigo, as quais foram condensadas e organizadas conforme descrito na Tabela 1. Essas informações incluem a citação bibliográfica, o tipo de alimento utilizado, objeto de estudo (quando aplicável), a técnica utilizada na microencapsulação, a taxa de encapsulação, o modelo experimental (abrangendo células, animais ou seres humanos) e os resultados primordiais elucidados por cada investigação.

Tabela 1 - Apresentação dos resultados mediante a síntese das informações extraídas dos artigos científicos.

Referência	Alimento/ componente lácteo	Técnica	Taxa de encapsulação (%)	Modelo Experimental	Principais achados
Agudelo-Chaparro, J., Ciro-Velásquez, H. J., Sepúlveda-Valencia, J. U., & Pérez-Monterroza, E. J. (2022). Microencapsulation of <i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 7469 by spray drying using maltodextrin, whey protein concentrate and trehalose. <i>Food Science and Technology International</i> , 28(6), 476-488.	Whey protein	Spray drying	70	<i>In vitro</i>	A mistura de proteína-trealose-maltodextrina é adequada para encapsular <i>L. rhamnosus</i> , apresentando importante proteção térmica durante o processo de secagem e aumentando a sobrevivência.
Massounga Bora, A. F., Li, X., Liu, L., & Zhang, X. (2021). Enhanced in vitro functionality and food application of <i>Lactobacillus acidophilus</i> encapsulated in a whey protein isolate and (-)-Epigallocatechin-3-Gallate conjugate. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> , 69(37), 11074-11084.	Whey protein	Liofilização	97	<i>In vitro</i>	Maior capacidade de sobrevivência <i>in vitro</i> ambiente gastrointestinal simulado e hidrofobicidade de superfície em comparação com células livres ou encapsuladas em WPI e MD. Além disso, as microesferas WPI-EGCG-LA exerceram atividades antioxidantes (78%) e antidiabéticas (52%) aumentadas <i>in vitro</i> .
Maleki, M., Ariaei, P., & Sharifi Soltani, M. (2021). Fortifying of probiotic yogurt with free and microencapsulated extract of <i>Tragopogon Collinus</i> and its effect on the viability of <i>Lactobacillus casei</i> and <i>Lactobacillus plantarum</i> . <i>Food Science & Nutrition</i> , 9(7), 3436-3448.	Iogurte	Spray drying	64,35	<i>In vitro</i>	Maior viabilidade das bactérias probióticas durante o armazenamento, pH mais baixo, menos sinérese (liberação de líquido), maior acidez, viscosidade e propriedades antioxidantes em comparação com o tratamento de controle.
Khorshidi, M., Heshmati, A., Taheri, M., Karami, M., & Mahjub, R. (2021). Effect of whey protein-and xanthan-based coating on the viability of microencapsulated <i>Lactobacillus acidophilus</i> and physiochemical, textural, and sensorial properties of yogurt. <i>Food Science & Nutrition</i> , 9(7), 3942-3953.	Iogurte	Liofilização	99,81	<i>In vitro</i> e humanos (análise sensorial)	O uso de proteína de soro de leite e xantana como revestimento em <i>L. A</i> microcápsula <i>acidophilus</i> poderia levar ao aumento considerável na viabilidade deste probiótico no iogurte durante o armazenamento e em condições gastrointestinais simuladas. Além disso, o revestimento aplicado não causou nenhuma alteração significativa no pH e na acidez, nos atributos sensoriais e na gomosidade do iogurte, mas simultaneamente aumentou a firmeza, a adesividade e viscosidade deste produto.
Liao, Y., Hu, Y., Fu, N., Hu, J., Xiong, H., Chen, X. D., & Zhao, Q. (2021). Maillard conjugates of whey protein isolate-xylooligosaccharides for the microencapsulation of <i>Lactobacillus rhamnosus</i> : protective effects and stability during spray drying, storage and gastrointestinal digestion. <i>Food & Function</i> , 12(9), 4034-4045.	Whey protein	Spray drying	99,83	<i>In vitro</i>	Os lactobacilos secos apresentaram curvas de crescimento semelhantes às da cultura fresca. Após 10 semanas de armazenamento a 4 °C, a diminuição da atividade bacteriana foi inferior a 1 log UFC g ⁻¹ para todos os tipos de microcápsulas, enquanto as microcápsulas compostas por todos os MRPs apresentaram melhor estabilidade de armazenamento. Os MRPs melhoraram a estabilidade das microcápsulas durante a digestão <i>in vitro</i> . O número de bactérias viáveis em microcápsulas XOS-WPI MRPs 1: 2 foi mantido em 4,09 ± 0,59 × 10 ⁹ UFC g ⁻¹ após digestão gastrointestinal simulada por 4 horas, que diminuiu apenas 0,20 log UFC g ⁻¹

Cezarino, E. C., Guedes Silva, K. C., Souza Almeida, F., & Kawazoe Sato, A. C. (2022). Stability and viability of synbiotic microgels incorporated into liquid, Greek and frozen yogurts. <i>Journal of Food Science</i> , 87(4), 1796-1809.	Iogurte líquido, grego e congelado	Liofilização	Com probiótico (AG): 98,32% Com simbiótico (AGF): 99,28%	<i>In vitro</i>	O iogurte líquido foi o mais adequado para viabilidade probiótica durante o armazenamento, enquanto o iogurte congelado apresentou melhor proteção ao longo da digestibilidade. Seguido pelas formulações congeladas e gregas quando comparados aos probióticos livres, destacando a influência da microencapsulação, da composição do iogurte e das condições de armazenamento. A adição de até 20% de microgéis probióticos (AG) e simbióticos (AGF) não causou alterações significativas na viscosidade aparente (η_{ap}) dos iogurtes líquidos e congelados; no entanto, diminuiu η_{app} para o iogurte grego, indicando que os microgéis podem alterar a aceitabilidade do produto neste caso.
El-Sayed, H. S., Youssef, K., & Hashim, A. F. (2022). Stirred yogurt as a delivery matrix for freeze-dried microcapsules of synbiotic EVOO nanoemulsion and nanocomposite. <i>Frontiers in Microbiology</i> , 13, 893053.	Iogurte mexido	Liofilização	88,84% para microcápsulas de nanoemulsão e 98,49% para microcápsulas de nanocompósitos	<i>In vitro</i> e humanos (análise sensorial)	Iogurte mexido é um bom veículo de entrega para microcápsulas altamente antioxidantes e saudáveis de nanoemulsão e nanocompósito. Além disso, a viabilidade das cepas probióticas na forma de microcápsulas foi mais ativa no iogurte mexido durante o armazenamento.
Banuree, S. A. H., Noori, N., Gandomi, H., Khanjari, A., Karabagias, I. K., Faraki, A. & Banuree, S. Z. (2022). Effect of Stevia rebaudiana aqueous extract and microencapsulation on the survivability of Bifidobacterium bifidum Bb-12 and Lactobacillus acidophilus La-5 in functional ice cream. <i>International Journal of Food Science & Technology</i> , 57(12), 7615-7621.	Sorvete	Extrusão	ND	<i>In vitro</i> e humanos (análise sensorial)	O uso de <i>estévia</i> e a microencapsulação em comparação com outros tratamentos aumentou significativamente o número logarítmico de células viáveis de <i>B. bifidum</i> Bb-12 e <i>L. acidophilus</i> La-5 durante o tempo de armazenamento ($P < 0,05$). Além disso, as propriedades sensoriais e químicas do sorvete não mudaram significativamente em todos os grupos.
Ahmed, S., Muhammad, T., & Zaidi, A. (2021). Cottage cheese enriched with lactobacilli encapsulated in alginate-chitosan microparticles forestalls perishability and augments probiotic activity. <i>Journal of Food Processing and Preservation</i> , 45(6), e15473.	Queijo cottage	Extrusão	98,34%	<i>In vitro</i>	Estendeu a vida útil do queijo, evitando o crescimento de patógenos. O AvG aumentou a atividade antioxidante das esferas simbióticas de <i>L. rhamnosus</i> e <i>L. plantarum</i> em 20% a 30% e a inibição de patógenos de origem alimentar em duas vezes em comparação com o controle e as partículas probióticas. O queijo simbiótico também exibiu um perfil sensorial mais ou menos igual ao do queijo controle. Esses resultados sugerem que o queijo cottage fortificado com esferas de alginato-quitosana preenchidas com AvG carregadas com cepas de <i>L. rhamnosus</i> ou <i>L. plantarum</i> pode prevenir a invasão de patógenos, manter qualidades funcionais e fornecer mais probióticos ao intestino humano.
Lopes, L. A. A., Pimentel, T. C., Carvalho, R. D. S. F., Madruga, M. S., de Sousa Galvão, M., Bezerra, T. K. A. & Stamford, T. C. M. (2021). Spreadable goat Ricotta cheese added with Lactobacillus acidophilus La-05: Can microencapsulation improve the probiotic survival and the quality parameters?. <i>Food Chemistry</i> , 346, 128769.	Queijo ricota	Liofilização	ND	<i>In vitro</i> e humanos (análise sensorial)	Maior rendimento dos queijos probióticos, além de serem mais macios, menos pegajosos e mais amarelos. A adição da cultura probiótica resultou em produtos com menor dureza, gomosidade e elasticidade, além de maior coesividade e adesividade. A microencapsulação das culturas probióticas resultou em maior sobrevivência probiótica ($>6 \log$ UFC/mL no produto e condições gastrointestinais simuladas), e melhoria tecnológica (sem perda de umidade, menor proteólise e teor de ácidos orgânicos), textura (menor gomosidade e adesividade), e propriedades voláteis (compostos com notas florais e frutadas e menor aroma de “cabra”).

<p>Karimi, M., Sekhavatizadeh, S. S., & Hosseinzadeh, S. (2021). Milk dessert containing <i>Lactobacillus reuteri</i> (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, <i>Ferula assa-foetida</i> and Zedo (<i>Amygdalus scoparia</i>) gum as three layers of wall materials. <i>Food and Bioproducts Processing</i>, 127, 244-254.</p>	Sobremesa de leite	Extrusão	94,14%	In vitro e humanos (análise sensorial)	<p>Melhora significativa da sobrevivência da <i>L. reuteri</i> microencapsulado e da viabilidade. A capacidade de sobrevivência do <i>L. reuteri</i> microencapsulado e do <i>L. reuteri</i> livre foi (44,8 e 18,8%) separadamente no trato gastrointestinal simulado. Os resultados indicaram uma melhora significativa na sobrevivência da MLR ($P \leq 0,05$), que também foi maior que a FLR através da exposição ao calor a 72°C. O FLR experimentou reduções de cerca de 7,6 log após exposição a 72°C por 5 min, enquanto o MLR foi reduzido em quase 2 ciclos logarítmicos. A microencapsulação melhorou a viabilidade da MLR (7,5 log UFC g⁻¹) durante o tempo de armazenamento. Ao final do tempo de armazenamento, a capacidade de sobrevivência do MLR e do FLR foi (44,8 e 18,8%) separadamente na condição GI.</p>
<p>Mabrouk, A. M., Salama, H. H., El Sayed, H. S., & El Sayed, S. M. (2021). Preparation of symbiotic whey protein gel as a carrier of free and encapsulated probiotic bacteria. <i>Journal of Food Processing and Preservation</i>, 45(7), e15612.</p>	Gel funcional com whey protein	ND	ND	ND	<p>O gel de proteína de soro de leite suplementado com probióticos foi significativamente favorável e a aceitabilidade aumentou com o aumento do tempo de armazenamento.</p>
<p>Gul, O., Atalar, I., & Gul, L. B. (2019). Effect of different encapsulating agent combinations on viability of <i>Lactobacillus casei</i> Shirota during storage, in simulated gastrointestinal conditions and dairy dessert. <i>Food Science and Technology International</i>, 25(7), 608-617.</p>	Sobremesa láctea	Liofilização	>99	In vitro	<p>A redução no número de células livres foi maior do que o número de <i>L. casei</i> Shirota encapsulado durante a produção de sobremesa, porém a viabilidade de <i>L. casei</i> Shirota encapsulado foi considerada estável por 14 dias de armazenamento e consequentemente sobremesas contendo <i>L. casei</i> Shirota encapsulado (exceto maltodextrina) apresentou valores de pH estáveis.</p>
<p>Chen, L., Qian, W. W., Zhou, S., Zhou, T., & Gu, Q. (2023). Fabrication of whey protein/pectin double layer microcapsules for improving survival of <i>Lactobacillus rhamnosus</i> ZFM231. <i>International Journal of Biological Macromolecules</i>, 242, 125030.</p>	Whey protein	ND	89,46%	In vitro	<p>As microcápsulas de camada dupla podem aumentar significativamente o armazenamento e as capacidades térmicas das bactérias. As microcápsulas ZFM231 podem encontrar aplicações como ingredientes de alimentos funcionais e laticínios.</p>
<p>Puttarat, N., Thangrongthong, S., Kasemwong, K., Kerdsup, P., & Taweechoatipatr, M. (2021). Spray-drying microencapsulation using whey protein isolate and nano-crystalline starch for enhancing the survivability and stability of <i>Lactobacillus reuteri</i> TF-7. <i>Food Science and Biotechnology</i>, 30, 245-256.</p>	Whey protein	Spray drying	>90	In vitro	<p>A sobrevivência de <i>L. reuteri</i> TF-7 carregado em microcápsulas WPI-NCS foi significativamente maior do que microcápsulas WPI e células livres após exposição ao calor, pH e condições gastrointestinais simuladas. Durante o armazenamento a longo prazo a 4, 25 e 35 °C, as microcápsulas WPI-NCS poderiam reter a sobrevivência e a atividade biológica. Estas descobertas sugerem que as microcápsulas fabricadas a partir de WPI-NCS fornecem a eficiência mais robusta para aumentar a capacidade de sobrevivência e estabilidade dos probióticos, em que os seus grandes potenciais são apropriados para se desenvolverem como suplementos probióticos para redução do colesterol.</p>

Fonte: Autoria própria (2023).

A Tabela 1 foi estruturada de modo a facilitar o acesso às informações fundamentais ao entendimento do objetivo proposto na revisão, que foi de identificar a eficácia da microencapsulação para *Lacticaseibacillus*. Inicialmente, foram incluídas as referências bibliográficas, fornecendo uma base para a pesquisa em questão. Em seguida, apresentou-se a categorização dos alimentos, um elemento fundamental para a compreensão do estudo, a fim de subsidiar análises posteriores e discussões acerca dos tipos de alimentos mais frequentemente empregados. Adicionalmente, a descrição das técnicas empregadas compôs a tabela, proporcionando clareza sobre as abordagens mais prevalentes na pesquisa. Esse detalhamento visa não apenas esclarecer as técnicas predominantes, mas também orientar na seleção da abordagem mais adequada a cada objetivo de pesquisa e tipo de alimento estudado.

A taxa de encapsulação foi incluída na tabela, devido ao seu papel na orientação das decisões relacionadas à escolha da técnica apropriada e do tipo de alimento em estudo. Esta métrica apresenta informações sobre a capacidade e a quantidade do microrganismo a ser encapsulado nas microcápsulas. É importante destacar que a taxa de encapsulação reside na sua capacidade de fornecer uma avaliação quantitativa da eficácia da técnica de encapsulação. Essa informação determina a influência do processo, o grau de proteção conferido ao microrganismo durante a encapsulação e, conseqüentemente, a capacidade de entrega do produto final (Parsana *et al.*, 2023).

Com o intuito de enriquecer de forma abrangente as informações fornecidas, a tabela de resultados foi expandida por meio da inclusão de uma coluna dedicada ao componente lácteo empregado em cada estudo. Essa abordagem visa abranger os microrganismos que são encapsulados e incorporados em alimentos lácteos. A escolha dessa estratégia foi motivada pela intenção de evitar restrições excessivas que poderiam, potencialmente, limitar a amplitude das descobertas relacionadas a esse tópico.

O contexto das bases de dados evidencia que a falta de atualização do termo referente ao gênero de bactérias "*Lactobacillus*" impacta diretamente nos resultados. Se torna essencial a atualização do termo, pois essa medida garante maior precisão para identificar as espécies. Por essa razão, é imprescindível que pesquisadores e instituições atualizem suas nomenclaturas para refletir a classificação mais atual.

Inicialmente, a investigação concentrou-se na microencapsulação de *Lacticaseibacillus* em alimentos lácteos. No entanto, à medida que a pesquisa progrediu, notou-se que os componentes lácteos estavam sendo mais citados do que os próprios alimentos. Por esse motivo, a organização da coluna foi ajustada para refletir essa distinção (alimentos/compostos lácteos). Uma outra adaptação ao longo do estudo foi a transição do termo "*Lacticaseibacillus*" para "*Lactobacillus*" na busca. Essa mudança foi motivada pela constatação de uma redução significativa nos resultados da busca, o que implicava na exclusão de potenciais estudos relevantes para a discussão.

Dentre os alimentos e componentes lácteos abordados nos artigos, analisados na Tabela 1, destacam-se o whey protein, queijo, sorvete e iogurte, esses alimentos são boas escolhas para revestimentos. As taxas de encapsulação mencionadas nesses estudos revelaram, em sua maioria, valores consideráveis, com a grande maioria superando os 90%. A exceção ocorreu no artigo de Maleki (2021), no qual a taxa atingiu 64,35%. Vale ressaltar que, para microrganismos, a taxa de encapsulação tende a ser elevada, comumente ultrapassando os 70%, dependendo da técnica empregada (Razavi *et al.*, 2021).

Os alimentos ou componentes lácteos abordados neste estudo compreendem o whey protein, iogurte, queijo, sobremesa láctea e sorvete. Dentre esses, o whey protein foi objeto de 40% das investigações, seguido pelo iogurte, presente em 26,66% dos estudos. O whey protein é amplamente consumido pela população, abrangendo desde indivíduos saudáveis até pacientes hospitalizados. Como observado por Khorshidi e outros colaboradores (2021) que o whey protein, um subproduto da indústria do queijo, tinha propriedades funcionais diferentes, incluindo formação de gel, emulsificante, formação de espuma e ligação à água. Devido à biodegradabilidade e ao amplo uso em uma variedade de alimentos acaba sendo uma boa escolha para a inclusão de probióticos microencapsulados. Além de conferir um maior valor à entrega de benefícios, considerando a sua relevância nutricional. Por sua vez, de acordo com El-Sayed, Youssef e Hashim (2022), o iogurte, assim como os leites e

demais derivados, pode ser usado como um sistema de entrega para transportar substâncias vitais e células probióticas em quantidades suficientes, preservando seus efeitos terapêuticos para os seres humanos. O iogurte figura como um alimento presente na dieta da população, possivelmente justificando o investimento da indústria em incorporar *Lactocaseibacillus*. Esta prática facilita a comercialização, aceitação e integração do produto na alimentação cotidiana, dada a familiaridade e aceitação desse alimento na cultura alimentar.

As principais metodologias empregadas para a encapsulação de *Lactocaseibacillus* foram o Spray Drying, Extrusão e Liofilização, com taxas de utilização de 26,66%, 20% e 40%, respectivamente. Adicionalmente, constatou-se que 13,33% dos artigos revisados (dois no total) não forneceram informações sobre a técnica específica empregada. A prevalência da liofilização pode ser atribuída à sua capacidade de conferir porosidade à estrutura molecular, resultando em baixa atividade de água. Esse efeito contribui para prolongar a durabilidade das partículas encapsuladas, explicando, assim, sua maior prevalência nas metodologias utilizadas (Orhan *et al*, 2016).

A liofilização destaca-se pela obtenção de partículas com baixa atividade de água, o que se traduz em uma maior estabilidade ao longo do tempo. Este fato pode explicar a preferência por essa técnica em comparação com o Spray Drying e a Extrusão. Em relação à taxa de encapsulação, observou-se que a liofilização apresentou os melhores resultados, com taxas variando entre 88,84% e 99%. Destaca-se que o estudo de El-Sayed (2022) em questão registrou uma taxa de 88,84% para microcápsulas de nanoemulsão e 98,49% para microcápsulas de nanocompósitos. Isso reforça a importância de considerar fatores adicionais que influenciam a taxa de encapsulação, visto que diferentes composições e propriedades dos materiais encapsulados podem afetar os resultados (Razavi *et al.*, 2021). Nas pesquisas analisadas, o método de Spray Drying se apresenta como a segunda técnica mais prevalente, com uma faixa de taxa de encapsulação que varia de 64,35 a 99,83%, conforme evidenciado nos resultados.

A inclusão da taxa de encapsulação na tabela pode ser justificada pela sua capacidade de refletir a eficiência de cada técnica em concentrar microrganismos no interior das microcápsulas. Essa medida oferece um indicador significativo do desempenho das técnicas citadas ao longo da pesquisa. A consideração dessa variável contribuirá para uma análise mais abrangente das abordagens, podendo trazer uma avaliação comparativa entre as diferentes técnicas de encapsulação utilizadas.

Observa-se uma predominância no emprego do modelo experimental *in vitro*, como os estudos realizados por Agudelo-Chaparro e outros colaboradores (2022) e Massounga Bora *et al.* (2021). Em alguns casos, ocorreu a integração deste modelo com abordagens *in vivo* em seres humanos, a fim de obter resultados através da análise sensorial, como foi realizado por Karimi *et al.* (2021). Isso pode ocorrer pela possibilidade de controle nas abordagens sendo mais acessível para reproduzir os testes. A pesquisa em humanos, através da análise sensorial, é possível observar que foi obtido uma boa aceitação sensorial, muitas vezes com pouca diferença em relação ao produto original, ou seja, sem probióticos microencapsulados.

Durante o curso da investigação científica, surgiu o questionamento acerca do panorama atual do Brasil sobre os produtos e patentes existentes envolvendo a microencapsulação de *Lactocaseibacillus*. Diante disso, o presente estudo examinou bancos de patentes em busca de informações sobre produtos e patentes no âmbito nacional. Para realizar a busca na plataforma de patentes (Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI) foi adotada uma abordagem metodológica, utilizando a opção de filtro denominada "qualquer uma das palavras" na aba de patentes, os termos-chave "*lactobacillus*", "probiotics", "microencapsulation", "dairy food" e o operador booleano "AND" foram inseridos.

O objetivo dessa busca complementar foi obter uma visão abrangente e atualizada sobre o estado de produtos e inovações desenvolvidas no cenário nacional. Em consonância com o período de investigação estabelecido entre 2018 e 2023, a pesquisa resultou em um total de 34 registros no INPI, destaca-se que o ano de 2019 apresentou um pico significativo, com a concessão de 16 patentes. Esses dados evidenciam o panorama atual da microencapsulação de *Lactobacillus* no Brasil e fornecem

informações acerca dos produtos, sua diversidade de utilizações, sobre o desenvolvimento desses produtos e a inovação ao longo desse período dentro da temática.

Essa estratégia de busca permite uma análise dos documentos patentários relacionados a essas temáticas, contribuindo, assim, para o avanço do conhecimento científico e tecnológico atualizado sobre *Lactocaseibacillus* e microencapsulação em alimentos lácteos.

A compreensão mais aprofundada dos mecanismos de interação entre os *Lactocaseibacillus* e a microbiota intestinal oferece novas possibilidades para a criação de terapias personalizadas para melhorar a saúde gastrointestinal e imunológica. A pesquisa sobre *Lactocaseibacillus* é justificada pela sua relevância na saúde humana com seu potencial uso como probióticos. Compreender melhor as interações dessas bactérias com o hospedeiro e suas potenciais aplicações terapêuticas através da microencapsulação, pode levar a avanços na promoção da saúde gastrointestinal e imunológica, podendo disponibilizar terapias personalizadas para melhorar a saúde humana de forma abrangente. A investigação científica com o foco em *Lactocaseibacillus* se dá pela sua maior utilização como probióticos, se revelando importante para trazer soluções eficazes e seu uso ser feito de maneira mais adequada.

4. Conclusão

Este estudo abrangeu a análise de 15 artigos, revelando a microencapsulação como uma estratégia inovadora para aprimorar a eficácia e viabilidade de probióticos. A proteção proporcionada por esse método promoveu a estabilidade desses microrganismos, destacando-se como uma abordagem promissora para a entrega eficiente desses agentes benéficos. A escolha da nomenclatura "*Lactocaseibacillus*" foi considerada em conformidade com a ANVISA, porém, devido à coexistência dos termos antigos, optou-se por manter "*Lactobacillus*" para preservar informações valiosas em estudos já existentes.

A liofilização destacou-se como técnica predominante de microencapsulação. Alimentos como whey protein, iogurte e queijo foram foco, com taxa de encapsulação frequentemente superior a 90%, indicando eficácia. Destaca-se como vantagens melhor tolerância ao estresse, maior número de células viáveis, maior taxa de encapsulação e melhor aceitação sensorial para tais técnicas, como liofilização, spray drying e extrusão.

Para trabalhos futuros, sugere-se maior exploração das interações de *Lactocaseibacillus* com a microbiota intestinal, para obtenção de terapias personalizadas. Além disso, é relevante explorar o impacto da pandemia, para melhor compreensão de como eventos externos influenciam nesse tipo de pesquisa e ampliar a investigação para outros alimentos lácteos, além dos já estudados, para entender como diferentes composições e características alimentares podem influenciar a eficácia da microencapsulação.

Referências

- Ahmed, S., Muhammad, T., & Zaidi, A. (2021). Cottage cheese enriched with lactobacilli encapsulated in alginate–chitosan microparticles forestalls perishability and augments probiotic activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), e15473.
- Agudelo-Chaparro, J., Ciro-Velásquez, H. J., Sepúlveda-Valencia, J. U., & Pérez-Monteroza, E. J. (2022). Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 by spray drying using maltodextrin, whey protein concentrate and trehalose. *Food Science and Technology International*, 28(6), 476-488.
- ARRIVE Guidelines. (2010). *Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments*.
- Banuree, S. A. H., Noori, N., Gandomi, H., Khanjari, A., Karabagias, I. K., Faraki, A., & Banuree, S. Z. (2022). Effect of Stevia rebaudiana aqueous extract and microencapsulation on the survivability of *Bifidobacterium bifidum* Bb-12 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 in functional ice cream. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(12), 7615-7621.
- Cezarino, E. C., Guedes Silva, K. C., Souza Almeida, F., & Kawazoe Sato, A. C. (2022). Stability and viability of synbiotic microgels incorporated into liquid, Greek and frozen yogurts. *Journal of Food Science*, 87(4), 1796-1809.
- Chen, L., Qian, W. W., Zhou, S., Zhou, T., & Gu, Q. (2023). Fabrication of whey protein/pectin double layer microcapsules for improving survival of *Lactocaseibacillus rhamnosus* ZFM231. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 125030.
- El-Sayed, H. S., Youssef, K., & Hashim, A. F. (2022). Stirred yogurt as a delivery matrix for freeze-dried microcapsules of synbiotic EVOO nanoemulsion

and nanocomposite. *Frontiers in Microbiology*, 13, 893053.

Frakolaki, G., Giannou, V., Kekos, D., & Tzia, C. (2021). A review of the microencapsulation techniques for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(9), 1515-1536.

Gul, O., Atalar, I., & Gul, L. B. (2019). Effect of different encapsulating agent combinations on viability of *Lactobacillus casei* Shirota during storage, in simulated gastrointestinal conditions and dairy dessert. *Food Science and Technology International*, 25(7), 608-617.

Hayayumi-Valdivia, M., Márquez-Villacorta, L. F., & Pretell-Vásquez, C. C. (2021). Effect of microencapsulation and mango peel powder on probiotics survival in ice cream. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24.

Karimi, M., Sekhavatizadeh, S. S., & Hosseinzadeh, S. (2021). Milk dessert containing *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, *Ferula assa-foetida* and Zedo (*Amygdalus scoparia*) gum as three layers of wall materials. *Food and Bioprocess Processing*, 127, 244-254.

Khorshidi, M., Heshmati, A., Taheri, M., Karami, M., & Mahjub, R. (2021). Effect of whey protein-and xanthan-based coating on the viability of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* and physicochemical, textural, and sensorial properties of yogurt. *Food Science & Nutrition*, 9(7), 3942-3953.

Liao, Y., Hu, Y., Fu, N., Hu, J., Xiong, H., Chen, X. D., & Zhao, Q. (2021). Maillard conjugates of whey protein isolate–xylooligosaccharides for the microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus*: protective effects and stability during spray drying, storage and gastrointestinal digestion. *Food & Function*, 12(9), 4034-4045.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1-e34.

Lopes, L. A. A., Pimentel, T. C., Carvalho, R. D. S. F., Madruga, M. S., de Sousa Galvão, M., Bezerra, T. K. A., & Stamford, T. C. M. (2021). Spreadable goat Ricotta cheese added with *Lactobacillus acidophilus* La-05: Can microencapsulation improve the probiotic survival and the quality parameters? *Food Chemistry*, 346, 128769.

Mabrouk, A. M., Salama, H. H., El Sayed, H. S., & El Sayed, S. M. (2021). Preparation of symbiotic whey protein gel as a carrier of free and encapsulated probiotic bacteria. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7), e15612.

Maleki, M., Ariaei, P., & Sharifi Soltani, M. (2021). Fortifying of probiotic yogurt with free and microencapsulated extract of *Tragopogon Collinus* and its effect on the viability of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*. *Food Science & Nutrition*, 9(7), 3436-3448.

Martínez-González, A. E., & Andreo-Martínez, P. (2020). Prebióticos, probióticos y trasplante de microbiota fecal en el autismo: una revisión sistemática. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*, 13(3), 150-164.

Massounga Bora, A. F., Li, X., Liu, L., & Zhang, X. (2021). Enhanced in vitro functionality and food application of *Lactobacillus acidophilus* encapsulated in a whey protein isolate and (–)-Epigallocatechin-3-Gallate conjugate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(37), 11074-11084

Moher, D., Schulz, K. F., Altman, D. G., & The CONSORT Group. (2001). The CONSORT statement: Revised recommendations for improving the quality of reports of parallel-group randomized trials. *Journal of the American Medical Association*, 285(15), 1987-1991.

Olivares, A., Silva, P., & Altamirano, C. (2017). Microencapsulation of probiotics by efficient vibration technology. *Journal of microencapsulation*, 34(7), 667-674.

Orhan, I. E., Senol, F. S., Skalicka-Wozniak, K., Georgiev, M., & Sener, B. (2016). Nutraceuticals, Nanotechnology in the Agri-Food Industry.

Parsana, Y., Yadav, M., & Kumar, S. (2023). Microencapsulation in the chitosan-coated alginate-inulin matrix of *Limosilactobacillus reuteri* SW23 and *Lactobacillus salivarius* RBL50 and their characterization. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 5, 100285.

Puttarat, N., Thangrongthong, S., Kasemwong, K., Kerdsup, P., & Taweechoitpatr, M. (2021). Spray-drying microencapsulation using whey protein isolate and nano-crystalline starch for enhancing the survivability and stability of *Lactobacillus reuteri* TF-7. *Food Science and Biotechnology*, 30, 245-256.

Raddatz, G. C., & Menezes, C. R. D. (2021). Microencapsulation and co-encapsulation of bioactive compounds for application in food: challenges and perspectives. *Ciência Rural*, 51.

Razavi, S., Janfaza, S., Tasnim, N., Gibson, D. L., & Hoorfar, M. (2021). Microencapsulating polymers for probiotics delivery systems: Preparation, characterization, and applications. *Food Hydrocolloids*, 120, 106882.

Sarao, L. K., & Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(2), 344-371.

Sbehat, M., Mauriello, G., & Altamimi, M. (2022). Microencapsulation of probiotics for food functionalization: An update on literature reviews. *Microorganisms*, 10(10), 1948.

Talib, N., Mohamad, N. E., Yeap, S. K., Hussin, Y., Aziz, M. N. M., Masarudin, M. J., & Alitheen, N. B. (2019). Isolation and characterization of *Lactobacillus* spp. from kefir samples in Malaysia. *Molecules*, 24(14), 2606.