

MICROENCAPSULAÇÃO DE BACTÉRIAS LÁCTICAS PROBIÓTICAS E PREBIÓTICO INCORPORADOS EM SUCO MISTO DE ACEROLA E UMBU

MICROENCAPSULATION OF PROBIOTIC AND PREBIOTIC LACTIC BACTERIA INCORPORATED IN MIXED ACEROLA AND UMBURU JUICE

DOI: 10.65747/conali2025v3c15

Maria Eduarda Barreto Bezerra¹; Michelle Maria Barreto de Souza²; Vitória
Brenda do Nascimento Souza³, Thaís Regina Rodrigues Vieira⁴; Amanda Rafaela
Carneiro de Mesquita⁵, Maria Inês Sucupira Maciel⁶

¹Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos/DCC/UFRPE/eduarda.barreto@ufrpe.br;

²Pós-doutora em Ciência e Tecnologia de

Alimentos/DCC/UFRPE/dra.michellebarretonutri@gmail.com; ³ Doutoranda em

Nutrição/DN/PPGN/UFPE/vitoria.brenda@ufpe.br; ⁴ Doutoranda em Ciência e Tecnologia dos

Alimentos/PPGCTA/UFPEL/thaistrv@gmail.com. ⁵ Doutora em Ciências

farmacêuticas/DTR/UFRPE/arcmesquita@hotmail.com; ⁶ Professora

titular/DCC/UFRPE/m.inesdcd@gmail.com

Resumo: A adição de prebióticos e probióticos em alimentos tem atraído o interesse de pesquisadores devido aos seus efeitos bifidogênicos e de termoproteção. Embora os simbióticos sejam uma área promissora, há escassez de estudos combinando múltiplos microrganismos probióticos e prebióticos em um único produto, especialmente com matérias-primas vegetais. Este trabalho visa verificar a viabilidade celular e as características físico-químicas das microcápsulas. Três cepas de *Lactobacillus* foram microencapsuladas em um mini *spray drying* (140 °C e 0,60 L/h) usando 20% de maltodextrina 10 DE como agente encapsulante e 1% de β -glucano como prebiótico, que foram inoculados nas polpas de frutas, sendo 60% de acerola e 40% de umbu. O processo de microencapsulação alcançou taxas de sobrevivência celular de $7,33 \pm 0,33$ log UFC/g provando ser uma técnica viável e relativamente barata para proteger células probióticas. Baixo teor de umidade ($5,12\% \pm 0,25$) e baixa atividade de água ($0,38 \pm 0,01$) indicando reduzida disponibilidade de água livre para ocorrência de reações químicas e crescimento microbiológico. O valor das coordenadas de cor obtidas do pó ($L^* 72,94 \pm 0,77$; $a^* 11,39 \pm 0,09$; $b^* 17,42 \pm 0,14$) demonstrou que as condições operacionais foram viáveis, pois não alteraram drasticamente os pigmentos. O pH mais ácido ($2,70 \pm 0,03$) indica que a fermentação láctica foi realizada no substrato. Esses resultados destacam o potencial da microencapsulação facilitando o desenvolvimento de pós alimentícios funcionais.

Palavras-chave: β -glucano; *Lactobacillus* spp.; spray dryer, suco misto.

Abstract: Adding prebiotics and probiotics to food has garnered researcher interest due to their bifidogenic and thermoprotective effects. While symbiotics are a promising field, there's a lack of studies combining multiple probiotic microorganisms and prebiotics in a single product, especially with plant-based raw materials. This work aims to verify the cell viability and evaluate the physicochemical characteristics of microcapsules. Three *Lactobacillus* strains were microencapsulated in a mini spray dryer (140 °C and 0.60 L/h) using 20% maltodextrin 10 DE as encapsulating agent and 1% β -glucan as prebiotic, which were inoculated into the pulps fruits, 60% acerola and 40% umbu. The microencapsulation process achieved cell survival rates of 7.33 ± 0.33 log CFU/g, proving to be a viable and relatively inexpensive technique to protect probiotic cells. Low moisture content ($5.12\% \pm 0.25$) and low water activity (0.38 ± 0.01) indicated reduced availability of free water for the occurrence of chemical reactions and microbiological growth. The value of the color coordinates obtained from the powder ($L^* 72.94 \pm 0.77$; $a^* 11.39 \pm 0.09$; $b^* 17.42 \pm 0.14$) demonstrated that the operational conditions were viable, as they did not drastically alter the pigments. The more acidic pH (2.70 ± 0.03) also indicates that lactic fermentation was carried out in the substrate. These results highlight the potential of microencapsulation to facilitate the development of functional food powders with properties that are beneficial to individual health.

Keywords: β -glucan; *lactobacillus* spp.; mixed juice; spray dryer

INTRODUÇÃO

O enriquecimento de sucos de frutas com probióticos e prebióticos (simbióticos) vem sendo muito estudado pelos efeitos promotores que a combinação desses agentes pode promover (1). Simbióticos que combinam probióticos e prebióticos representam uma abordagem inovadora para o desenvolvimento de alimentos funcionais com benefícios à saúde, aprimorados em comparação com seus componentes individuais (2).

Dentre as cepas probióticas, destacam-se *Lactocaseibacillus casei*, *Lactocaseibacillus rhamnosus* e *Lactiplantibacillus plantarum*, as quais apresentam importante funcionalidade na redução do colesterol, prevenção dos distúrbios gastrointestinais, como a modulação da diarreia associada a antibióticos, melhoramento da barreira intestinal e alívio das doenças inflamatórias intestinais (3; 4; 5).

Além dos probióticos, o β -glucano é um prebiótico que possui propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, antitumorais e age principalmente na regulação da microbiota intestinal. O β -glucano apresenta características importantes no tratamento de doenças intestinais, como a doença inflamatória intestinal e o câncer colorretal (6).

Neste contexto, sucos de frutas podem ser considerados como excelentes alimentos funcionais alternativos, devido à sua grande quantidade de componentes saudáveis como vitaminas, antioxidantes e polifenóis, que exercem vários benefícios à saúde humana. A percepção dos consumidores sobre bebidas à base de frutas como alternativas mais saudáveis tem impulsionado o desenvolvimento de novos produtos no mercado, que vêm crescendo exponencialmente em todo o mundo. Por esta razão, uma grande variedade de pesquisas vem se concentrando na produção de sucos

fermentados, além de serem uma alternativa para aqueles que não consomem laticínios (7; 8; 9).

Neste cenário destaca-se a acerola e umbu. A alta concentração de compostos bioativos da acerola e seu reconhecido valor nutricional juntamente com os teores de sais minerais, atividade antioxidante, compostos fenólicos e carotenoides do umbu, faz delas excelentes candidatas para o desenvolvimento de novos alimentos funcionais com efeitos promissores à saúde humana (10; 11).

Como o armazenamento prolongado é frequentemente necessário, os produtos simbióticos comerciais devem ter uma vida útil estendida. Reduzir a atividade de água e o nível de umidade intracelular inibe as funções e mantém as células em uma condição inerte. A microencapsulação melhora o armazenamento, o manuseio e a administração de probióticos, protegendo-os de fatores ambientais e condições adversas no trato gastrointestinal. Esse processo facilita sua liberação controlada no organismo, o que pode simplificar seu uso em terapias sem comprometer sua eficácia (12).

Dentre os métodos de microencapsulação, destaca-se o *spray drying*, que consiste em transformar uma suspensão fluida em partículas secas, sendo amplamente utilizada para encapsular ingredientes alimentares sensíveis ao calor, como compostos bioativos e probióticos usando um agente encapsulante, que atua como um material de revestimento, o qual permite a produção de pós de alta qualidade (13). A microencapsulação por *spray drying* apresenta uma diversidade de vantagens como custo-benefício, aplicabilidade em ingredientes de larga escala, controle na formação das partículas e conseqüentemente nas propriedades morfológicas e químicas do produto (14). A maltodextrina é um carboidrato muito utilizado no processo de microencapsulação por *spray drying* por ser econômico, altamente solúvel e possuir baixa higroscopicidade (15).

Diante dos argumentos expostos, observando o cenário de crescente interesse por parte da indústria e ativo desenvolvimento de pesquisas sobre esse tema, o trabalho surge com o objetivo de desenvolver suco misto de acerola e umbu simbiótico microencapsulado por *spray drying*, verificar a viabilidade celular dos *Lactocaseibacillus casei* LPAA 02, *Lactocaseibacillus rhamnosus* LPAA 01 e *Lactiplantibacillus plantarum* LPAA 03 antes e após a microencapsulação e avaliar as características físico-químicas das microcápsulas.

MATERIAL E MÉTODOS

MATÉRIA-PRIMA E MICRORGANISMOS

Frutos de umbu foram adquiridos do Banco Ativo de germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e frutos de acerola foram adquiridos no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco - CEASA, localizado na cidade do Recife – PE.

A maltodextrina 10 DE (Ingredion) foi usada como agente encapsulante. Três espécies do gênero *Lactobacillus* spp., catalogadas na Coleção de Cultura do Departamento de Tecnologia Rural - DTR da UFRPE, provenientes do *American Type Culture Collection* (ATCC), como: *Lactocaseibacillus rhamnosus* LPAA 01, *Lactocaseibacillus casei* LPAA 02 e *Lactiplantibacillus plantarum* LPAA 03 foram

utilizados. β -glucano (Roval®), fibras solúveis derivadas dos grãos de aveia, foi adicionado como prebiótico.

ATIVAÇÃO DA CULTURA MICROBIANA

Culturas de *Lactobacillus* spp. foram mantidas em meio MRS (De Man, Rogosa e Sharpe) contendo óleo mineral. Subcultivos de *Lactobacillus* spp. foram realizados mensalmente em meio líquido MRS e incubados a 35 °C durante 48 horas, em seguida estas culturas foram mantidas sob refrigeração a 4 °C. A reativação foi realizada pela transferência da cultura mantida no caldo MRS para um novo caldo MRS, em uma proporção de 10% (v/v) do volume inicial de fermentação. A partir desta transferência foi iniciada a fermentação que durou 48 horas (9).

TESTE DE PUREZA

O controle microbiológico foi realizado periodicamente por meio da coloração de Gram e teste de catalase para verificar pureza das culturas de *Lactobacillus* spp. Colônias das diferentes espécies de *Lactobacillus* spp. foram coradas pelo método de Gram, onde se caracterizam bacilos Gram positivos curtos.

O teste para detectar a presença de catalase foi realizado de acordo com Sharpe (16), sendo a ausência de bolhas indicativo de teste negativo.

PREPARO DO SUCO MISTO

Inicialmente os frutos foram despulpados em despulpadeira (Bonina compacta NB-10) e congelados a -22 °C em sacos de polietileno de alta densidade. Para obtenção do suco misto de acerola e umbu simbiótico, as polpas foram descongeladas e peneiradas em peneira de aço inox. A inoculação da cultura microbiana foi realizada em 500 g de suco, sendo 60% de acerola e 40% de umbu, proporção selecionada de acordo com Ribeiro et al. (17) de forma a obter concentração de 10^{10} UFC/g. O suco foi fermentado a 35 °C durante 24 horas em anaerobiose (9).

OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

A maltodextrina 10 DE foi adicionada na concentração de 20% no suco misto fermentado. Posteriormente, foi adicionado cerca de 50% de água destilada (para diluir o suco e facilitar o uso no *spray drying*) e 1% de β -glucano. Sendo esta mistura mantida sob agitação em homogeneizador (Tecnal TE-102) até completa dissolução e submetida a microencapsulação por *spray drying* que foi realizada em mini atomizador LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), operando com temperatura do ar de entrada de 140 °C, vazão de alimentação de 0,6 L/h, bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar (9). O pó obtido foi acondicionado em vidros hermeticamente fechados e armazenados em ambiente seco e sem incidência de luz solar.

VIABILIDADE CELULAR

A viabilidade celular dos *Lactobacillus* spp. foi realizada antes e após a microencapsulação do suco misto simbiótico. Antes da microencapsulação, foi realizada

a contagem de células viáveis em placas por meio de diluições seriadas, até 10^{-7} , em água peptonada estéril (MERCK) (0,1% p/v). Alíquotas de 1 mL das diluições foram inoculadas em triplicata em placas com meio ágar MRS, utilizando técnica *pour plate*, e incubadas invertidas a 35 °C durante 72 horas, em anaerobiose. Placas com 20 a 350 colônias foram contadas e registradas em log Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/g de suco simbiótico.

Após microencapsulação, 1 grama do produto em pó foi dissolvido em 9 mL de água peptonada estéril a 0,1% (diluição 10^{-1}) e mantido a 25 °C durante 30 minutos para liberar as células. A contagem de células viáveis foi realizada como descrito acima.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Com finalidade de caracterizar o suco misto simbiótico microencapsulado por *spray drying*, todas as determinações foram realizadas em triplicata (9), de acordo com os procedimentos descritos a seguir:

Atividade de água: Realizada com o auxílio do equipamento analisador de atividade de água (“Operator’s manual Decagon clevis”, AQUA LAB - 4TE) a 25 °C.

Umidade: Foi determinada em balança infravermelho (MARTE - IDSO) a 105 °C durante 30 minutos. Os resultados foram expressos em (%).

Potencial hidrogeniônico (pH): Determinado por meio da diluição do pó em água destilada (1:5 p/v) e posterior medida direta utilizando pHmetro com eletrodo de vidro (TECNAL TEC-5 - Piracicaba/SP).

Cor: Foi avaliada em colorímetro (Minolta CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc), operando em sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TESTE DE PUREZA E VIABILIDADE CELULAR

As colônias das diferentes espécies de *Lactobacillus* spp. coradas pelo método de Gram, caracterizaram-se como bacilos Gram positivos curtos (Figura 1). Além disso, o teste para detectar a presença de catalase indicou a ausência de bolhas, o que indica que as bactérias não produzem essa enzima, o que é característico de *Lactobacillus* spp.

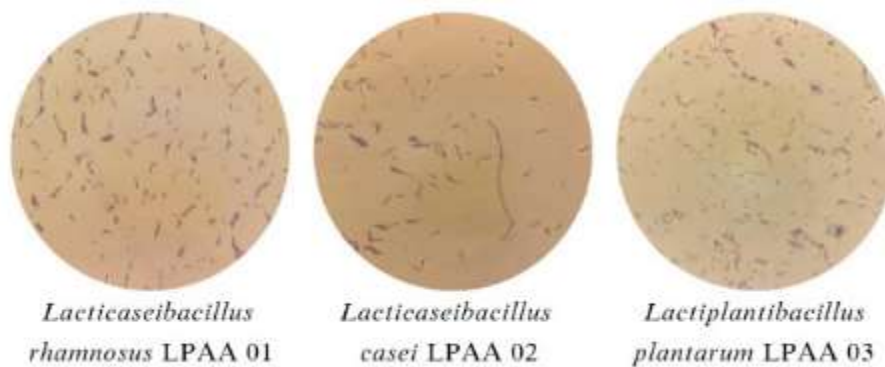


Figura 1 - *Lactobacillus* spp. corados pelo método Gram

Fonte: Autores, 2025

No presente estudo, a contagem inicial de probióticos no suco misto de acerola e umbu simbiótico antes da microencapsulação foi de $9,61 \pm 0,32$ log UFC/g. De acordo com a Tabela 1, a microencapsulação por *spray drying* causou uma perda de viabilidade probiótica de 2 log UFC/g. Esses resultados demonstram que a maltodextrina é uma boa matriz encapsulante para alta sobrevivência de probióticos, e os açúcares presentes no suco misto de acerola e umbu também podem ter contribuído para a sobrevivência durante a microencapsulação, visto que os açúcares atuam como termoprotetores (18). De modo geral, a maltodextrina atua como um bom material encapsulante e prebiótico moderado para alta sobrevivência de probióticos (18). A viabilidade microbiana do suco misto de acerola e umbu simbiótico microencapsulado foi semelhante ao de Guedes et al. (19), onde as cepas de *Lactobacillus*, entre elas as de *Lactiplantibacillus plantarum* adicionadas de β -glucano apresentaram perda de 1 log UFC/g após serem submetidas à liofilização, afirmando o efeito protetor do β -glucano na viabilidade dos probióticos. Números semelhantes também foram apresentados por Souza et al. (9) e Neuenfeldt et al. (20) no qual houve redução de 2 logs UFC/g da viabilidade dos *Lactobacillus* spp. no suco misto de acerola e ciriguela e extrato de mirtilo, respectivamente, após submetidos a microencapsulação por *spray drying*.

Tabela 1 - Viabilidade celular e propriedades físico-química do suco misto de acerola e umbu microencapsulado por *spray drying*

Análises	Média \pm Desvio Padrão
Viabilidade celular (log UFC/g)	$7,33 \pm 0,33$
Atividade de água	$0,38 \pm 0,01$
Umidade (%)	$5,12 \pm 0,25$
pH	$2,70 \pm 0,03$

Cor	
L*	72,94 ± 0,77
a*	11,39 ± 0,09
b*	17,42 ± 0,14

Fonte: Autores, 2025

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

As microcápsulas do suco misto simbiótico apresentaram baixo teor de atividade de água <0,40 (Tabela 1), faixa típica de produtos microencapsulados por *spray drying* (21), apresentando estabilidade do ponto de vista microbiológico. Atividades de água superiores a 0,40 favorecem as reações metabólicas e de desenvolvimento microbiano e podem contribuir para aumento da pegajosidade e aglomeração (22; 23). Além disso, níveis baixos de atividade de água reduzem significativamente a oxidação lipídica e a degradação enzimática, potencialmente prolongando a vida útil das matrizes em pó (24).

De acordo com Broeckx et al. (25), níveis de umidade em torno de 4% são recomendados para prevenir reações de deterioração, como oxidação lipídica, e para garantir a viabilidade bacteriana por períodos prolongados. Os valores obtidos neste estudo de 5% de umidade (Tabela 1) foram ligeiramente superiores aos valores ideais mencionados anteriormente. Isso pode ser atribuído à presença de maltodextrina, visto que microcápsulas contendo maltodextrina, em comparação com outros materiais de revestimento, podem apresentar valores de *aw* mais elevados devido à sua estrutura menor e mais ramificada (26). Embora esses valores permaneçam abaixo dos limites de risco e indiquem condições favoráveis para produtos microencapsulados, garantindo sua estabilidade e funcionalidade durante o armazenamento, estudos futuros poderiam explorar ajustes nos materiais de revestimento para reduzir ainda mais esses valores (2).

Mohamadzadeh et al. (27) obtiveram melhor resposta de *aw* e teor de umidade para suspensões com maltodextrina e pectina. A temperatura do *spray drying* afeta o teor de água nos pós, sendo este parâmetro fundamental para preservar a estabilidade e a viabilidade dos probióticos (28; 29). Minj; Anand (30) relataram um teor de umidade de $0,91 \pm 0,08\%$ e $0,64 \pm 0,14\%$ com temperatura de 200 °C, materiais de parede hidrolisado de proteína do soro de leite e maltodextrina no encapsulamento probiótico. Barajas-Álvarez et al. (29) registraram um teor de umidade de $6,67 \pm 0,57\%$ e *aw* de $0,31 \pm 0,02$ em *Lactobacillus rhamnosus* microencapsulado por *spray drying* com maltodextrina e goma arábica.

O pH serve como um importante parâmetro que indica o nível de acidez do alimento, variando de 1 a 14 e exerce influência sobre o sabor e a proliferação microbiana no alimento. De acordo com os resultados (Tabela 1), o suco misto de acerola e umbu simbiótico apresentou um valor de pH acidificado. Isto deve-se também ao processo fermentativo causado pela presença de bactérias lácteas, estando abaixo de 4,5, assegurando a viabilidade do produto do ponto de vista microbiológico, sendo

classificado como um alimento muito ácido (pH abaixo de 3,7). Amostras fermentadas apresentam valores de pH abaixo de 3,8. A queda de pH nas amostras fermentadas é esperada, devido à produção de ácido láctico durante a fermentação, no entanto, esses valores foram ligeiramente inferiores aos valores de pH de 4,0 e 4,2 relatados por Mariscal et al. (31) para *Lactobacillus plantarum* Lp29 e *Lactobacillus acidophilus* LA3, respectivamente.

Os parâmetros de cor L*, a* e b* fornecem informações sobre a aparência visual do suco misto de acerola e umbu simbiótico microencapsulado. O alto valor de L* (Tabela 1) indica uma cor clara, enquanto os valores de a* e b* sugerem uma tonalidade levemente avermelhada e amarelada, respectivamente (Tabela 1). A redução da vermelhidão foi relatada recentemente pelo aumento da temperatura de entrada do *spray drying* (32). Fenômeno semelhante também foi observado para pós de laranja, cenoura (33), romã (32) e amla (34) na técnica de microencapsulação por *spray drying*, o que pode ser atribuído à destruição de componentes sensíveis ao calor, como carotenos e pigmentos antocianínicos. Nesse estudo, observou-se que ao reconstituir o produto em água potável a coloração ficou bem similar ao suco antes da microencapsulação evidenciando a eficiência da maltodextrina 10 DE na preservação dos pigmentos. Esses valores podem ser utilizados como referência para o controle de qualidade do pó durante o processo de produção e armazenamento.

CONCLUSÕES

O crescimento dos *Lacticaseibacillus rhamnosus* LPAA 01, *Lacticaseibacillus casei* LPAA 02 e *Lactiplantibacillus plantarum* LPAA 03 no suco misto de acerola e umbu não apenas demonstra a adaptabilidade das bactérias aos substratos não lácteos, mas também abre novos caminhos para o desenvolvimento de pós alimentícios à base de sucos de frutas probióticos. Aproveitando a flexibilidade desses *Lactobacillus* spp., é possível criar produtos simbióticos inovadores que combinam os benefícios à saúde do indivíduo pela ingestão controlada de microrganismos e prebióticos como β-glucano, além dos sucos ricos em nutrientes. A população bacteriana após o processo de microencapsulação por *spray drying* foi superior a 10⁻⁶ log UFC/g, provando ser uma técnica viável e relativamente barata para proteger células probióticas. Além disso, o suco misto de acerola e umbu simbiótico microencapsulado por *spray drying* apresentou propriedades físico-químicas adequadas para a produção de pós alimentícios, incluindo umidade, atividade de água, pH e cor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE e ao Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA.

REFERÊNCIAS

(1) LASCANO, R. A. et al. Physico-chemical properties, probiotic stability and sensory characteristics of *Lactobacillus plantarum* S20 – supplemented passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) juice powder. **Food Research**, v.4, p.320-326, 2020.

- (2) RAMÍREZ-DAMIÁN, M. et al. Synbiotic Microencapsulation of *Lactobacillus* Strains from Mexican Fermented Beverages for Enhanced Probiotic Functionality. **Molecules**, v.30, p.1185, 2025.
- (3) GUO, X. et al. Effects of apple juice fermented with *Lactobacillus plantarum* CICC21809 on antibiotic-associated diarrhea of mice. **Journal of Functional Foods**, v.99, p.105334, 2022.
- (4) TANG, C. et al. Yogurt-derived *Lactobacillus plantarum* Q16 alleviated high-fat diet-induced non-alcoholic fatty liver disease in mice. **Food Science and Human Wellness**, v.11, p.1428-1439, 2022.
- (5) ANDRADE, D. et al. Microencapsulation of presumptive probiotic bacteria *Lactiplantibacillus plantarum* CCMA 0359: Technology and potential application in cream cheese. **International Dairy Journal**, v.143, p.105669, 2023.
- (6) HAN, M. et al. Layer-by-layer coated probiotics with chitosan and liposomes exhibit enhanced therapeutic effects for DSS-induced colitis in mice. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.269, p.132063, 2024.
- (7) OLIVEIRA, A. et al. Impact of food matrix components on nutritional and functional properties of fruit-based products. **Current Opinion in Food Science**, v.22, p.153-159, 2018.
- (8) MANTZOURANI, I. et al. Functional pomegranate beverage production by fermentation with a novel synbiotic *L. paracasei* biocatalyst. **Food Chemistry**, v.308, p.125658, 2020.
- (9) SOUZA, M. et al. New functional non-dairy mixed tropical fruit juice microencapsulated by spray drying: Physicochemical characterization, bioaccessibility, genetic identification and stability. **LWT-Food Science and Technology**, v.152, p.112271, 2021.
- (10) XU, M. et al. Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International**, v.130, p.108915, 2020.
- (11) ADERNE, I. et al. Potencial nutricional e funcional da farinha da casca de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Cam.). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, (s.l.), v. 11, n. 2, p. 964-974, 23 maio 2021. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas.
- (12) NOGUEZ, C. G. et al. Microencapsulation and Probiotic Characterization of *Lactiplantibacillus plantarum* LM-20: Therapeutic Application in a Murine Model of Ulcerative Colitis. **Nutrients**, v.17, p.1-25, 2025.
- (13) ZHANG, Y. et al. The application of dietary fibre as microcapsule wall material in food processing. **Food Chemistry**, v. 463, p. 141195, 2024.
- (14) BALDELLI, A. et al. Spray dried powder of common fruit juices: Enhancement of main properties. **Powder Technology**, v.441, p.119560, 2024.

- (15) TURK-GUL, A. et al. The effects of different amounts of maltodextrin on the rheological behaviour and stability of white cheese emulsions, and the physical, microstructural, chemical and sensory properties of white cheese powders. **Internacional Dairy Journal**, v.138, p.105552, 2023.
- (16) SHARPE, M. E. The genus *Lactobacillus*. In: STARR, M. P. (Eds). **The prokaryotes**, Springer-Verlag, v.2, p.1653, 1981.
- (17) RIBEIRO, C. et al. Optimization of the spray drying process conditions for acerola and seriguela juicemix. **Food Science and Technology**, 2018.
- (18) CARVALHO, A. et al. Effects of Addition of Sucrose and Salt, and of Starvation upon Thermotolerance and Survival during Storage of Freeze-Dried *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. **Journal Food Science**, v.68, p.2538-254, 2023.
- (19) GUEDES, J. et al. Protective effects of β -glucan extracted from spent brewer yeast during freeze-drying, storage and exposure to simulated gastrointestinal conditions of probiotic lactobacilli. **LWT-Food Science and Technology**, v.116, p.108496, 2019.
- (20) NEUENFELDT, N. et al. Effects of blueberry extract co-microencapsulation on the survival of *Lactobacillus rhamnosus*. **LWT-Food Science and Technology**, v.155, p.112886, 2022.
- (21) MEDEIROS, F. et al. Fermentation of American elderberry juice yields functional phytochemicals for spray dried protein–polyphenol ingredients. **Food Research International**, v.201, p.115536, 2025.
- (22) SHELKE, G. et al. Physical and functional stability of spray-dried jamun (*Syzygium cumini* L.) juice powder produced with different carrier agents. **Journal of Texture Studies**, v.54, p.560-570, 2023.
- (23) TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in Food Science & Technology**, v.63, p.91-102, 2017.
- (24) FIGURA, L.; TEIXEIRA, A. Water Activity. In Food Physics (pp. 1–57). **Springer International Publishing**, 2023.
- (25) BROECKX, G. et al. Enhancing the Viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG after Spray Drying and during Storage. **International Journal of Pharmaceutics**, v.534, p.35-41, 2017.
- (26) KALITA, D. et al. Characteristics of Synbiotic Spray Dried Powder of Litchi Juice with *Lactobacillus plantarum* and Different Carrier Materials. **LWT-Food Science and Technology**, v.87, p.351-360, 2018.
- (27) MOHAMADZADEH, M. et al. Viability and stability evaluation of microencapsulated *Lactobacillus reuteri* in polysaccharide-based bionano-composite. **Carbohydrate Polymers**, 347, 2025.

- (28) RAJAM, R.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (MTCC 5422) with fructooligosaccharide as wall material by spray drying. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v.60, p.773-780, 2015.
- (29) BARAJAS-ÁLVAREZ, P. et al. Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* HN001 by spray drying and its evaluation under gastrointestinal and storage conditions. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v.153, p.112485, 2022.
- (30) MINJ, S.; ANAND, S. Development of a spray-dried conjugated whey protein hydrolysate powder with entrapped probiotics. **Journal Dairy Science**, v.105, p.2038–2048, 2022.
- (31) MARISCAL, M. et al. Comparative lactic acid fermentation with five *Lactobacillus* strains of supernatants made of extruded and saccharified chickpea flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v.58, p.397-405, 2023.
- (32) GHALEGI, M. et al. Physico-chemical and nutritional properties of pomegranate juice powder produced by spray drying. **Drying Technology**, v.39, p.1941-1949, 2021.
- (33) SIDLAGATTA, V. et al. Effect of maltodextrin concentration and inlet air temperature on properties of spray dried powder from reverse osmosis concentrated sweet orange juice. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.63, 2020.
- (34) MISHRA, P. et al. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v.92, p..252-258, 2014.