

MICROENCAPSULAÇÃO E VIABILIDADE DE *Lactocaseibacillus casei* CSL3 APLICADO EM *WHEY PROTEIN*

KAROLINE MOREIRA MARQUES¹; GABRIELLY AMARAL CESPEDES FIORAVANTI²; SILVANA DE SOUZA SIGALI³; GABRIELA SOARES MARTIN⁴; PATRICIA BOHMER RADATZ⁵; ÂNGELA MARIA FIORENTINI⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – marqueskarline16@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – gabriellyamaral.zootec@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – silvanasigali@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – gabrielaamartin@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – patiradatz@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – angefiore@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

Os probióticos são microrganismos que, quando consumidos em quantidades adequadas, promovem benefícios à saúde, como melhora da saúde intestinal, absorção de nutrientes e estímulo do sistema imunológico (FAO, 2001; HILL *et al.*, 2014; FREIRE *et al.*, 2021). A proteção e manutenção da viabilidade dos probióticos durante o armazenamento é muito importante, sendo assim, a microencapsulação é uma estratégia que contribui para a mesma. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a viabilidade de *Lactocaseibacillus casei* CSL3, potencialmente probiótica, microencapsulada em *whey protein*, agregando valor ao produto.

A inovação consiste no desenvolvimento de um suplemento alimentar à base de *whey protein* isolado contendo *Lactocaseibacillus casei* CSL3 microencapsulado, buscando associar a suplementação proteica à incorporação de um microrganismo potencialmente benéfico. A microencapsulação foi empregada como estratégia para proteger as células microbianas e favorecer sua estabilidade durante o armazenamento (ROSOLEN *et al.*, 2019). Para a obtenção do produto experimental, foram adicionadas microcápsulas (material de parede composto de soro de leite e inulina) contendo *L. casei* CSL3 ao *whey protein* isolado comercial, na proporção de 1% de microcápsulas para 900 g de produto. A mistura foi homogeneizada manualmente por agitação branda, acondicionada em recipientes plásticos e armazenada protegida da luz, a 25 °C, durante 60 dias. O produto foi fracionado em recipientes menores, identificados de acordo com os períodos de avaliação. A viabilidade de *L. casei* CSL3 foi avaliada nos tempos 0, 15, 30, 40 e 60 dias. Para o rompimento das microcápsulas, a fim de realizar a contagem de células, as amostras foram submetidas a 100 mL de solução salina 0,5%, pH 2,0, contendo pepsina (300 mg/mL), durante 30, 60 e 120 minutos, sob agitação orbital a 37 °C e 150 rpm. A contagem de células viáveis foi realizada por diluição seriada em água peptonada 0,1%, semeadura em ágar MRS pela técnica de gota em placa e incubação a 37 °C por 72 horas, em anaerobiose, com resultados expressos em log UFC.g⁻¹. A contagem de células viáveis foi expressa em log UFC.g⁻¹ (APHA 2002).

Os resultados demonstraram estabilidade da bactéria durante os 60 dias de armazenamento a 25 °C, com valores superiores a 10 log UFC.g⁻¹ e

ausência de diferença significativa entre os períodos avaliados ($p > 0,05$). Aos 60 dias, a concentração foi de $10,20 \pm 0,20 \log \text{ UFC.g}^{-1}$. Esses resultados indicam potencial para aplicação da tecnologia no desenvolvimento de suplementos alimentares com características funcionais, embora estudos adicionais sejam necessários para avaliar a estabilidade em condições comerciais, a resistência ao trato gastrointestinal, a segurança e a eficácia do produto.

2. ANÁLISE DE MERCADO

O público-alvo potencial compreende consumidores de suplementos alimentares, especialmente praticantes de atividades físicas, frequentadores de academias e consumidores de *whey protein* interessados em produtos que associam suplementação proteica e componentes com potencial funcional. Os principais concorrentes são os suplementos convencionais de *whey protein* e os produtos contendo probióticos comercializados separadamente. O diferencial proposto é a integração da matriz proteica com um microrganismo microencapsulado em um único produto. O potencial de mercado pode ser dividido em três níveis: o TAM, correspondente ao mercado total de suplementos alimentares e produtos funcionais; o SAM, relacionado ao segmento de suplementos proteicos e produtos funcionais voltados à nutrição esportiva e saúde intestinal; e o SOM, representado pela parcela desse mercado que poderá ser alcançada inicialmente pela inovação, considerando capacidade produtiva, distribuição, preço e concorrência.

A quantificação financeira desses mercados deverá ser realizada em estudos posteriores, com base em dados atualizados do setor de suplementos e alimentos funcionais.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

A inovação poderá ser comercializada como suplemento alimentar proteico contendo *L. casei* CSL3 microencapsulado, direcionado principalmente aos mercados de nutrição esportiva e alimentos funcionais. O modelo de negócios poderá envolver produção própria ou licenciamento da tecnologia para empresas fabricantes de suplementos, com distribuição por lojas especializadas, farmácias, academias e comércio eletrônico.

A tecnologia encontra-se em fase de desenvolvimento experimental, não havendo, até o momento, registro de propriedade intelectual. A possibilidade de proteção deverá ser avaliada por meio de busca de anterioridade e análise especializada, considerando a espécie da bactéria e o processo de microencapsulação.

As etapas seguintes envolvem a otimização da formulação, estudos de estabilidade, avaliação da resistência à digestão gastrointestinal simulada, análises de segurança e características físico-químicas, testes sensoriais, desenvolvimento de protótipo comercial, avaliação econômica e regulatória e validação em escala piloto.

Com base nos resultados obtidos, a tecnologia apresenta características compatíveis com TRL 3 a TRL 4, por demonstrar prova de conceito em ambiente laboratorial. Para avançar em maturidade tecnológica,

são necessárias validações em escala piloto e condições próximas às de uso comercial.

Entre os principais desafios estão a manutenção da viabilidade microbiana durante o armazenamento, a estabilidade das microcápsulas, a padronização do processo produtivo e a adequação às exigências regulatórias. Esses riscos poderão ser reduzidos por meio de estudos de estabilidade, padronização dos processos e avaliação microbiológica, físico-química e regulatória.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Tabela 1 - Viabilidade de *L. casei* CSL3 microencapsulado adicionado ao *Whey protein* (T2) nos tempos 0, 15, 30, 40 e 60 dias de armazenamento a 25°C

Tratamento	T0	T15	T30	T40	T60
T2	10,84±0,96 ^{aA}	10,25±0,05 ^{aA}	10,53±0,16 ^{aA}	10,02±0,71 ^{aA}	10,20±0,20 ^{aA}

Resultados expressos em log UFC.g⁻¹. Os dados são expressos como média ± desvio padrão. Valores seguidos por uma letra minúscula sobrescrita diferente na mesma linha são significativamente diferentes em p < 0,05.

Fonte: O autor

Os resultados demonstraram manutenção da viabilidade de *L. casei* CSL3 microencapsulado durante os 60 dias de armazenamento, sem diferença estatisticamente significativa entre os períodos avaliados (p > 0,05). A concentração inicial foi de 10,84 ± 0,96 log UFC.g⁻¹ e, ao final do período, manteve-se em 10,20 ± 0,20 log UFC.g⁻¹.

A inovação apresenta potencial para diversificar o mercado de suplementos alimentares, agregando valor ao *whey protein* por meio da incorporação de um microrganismo microencapsulado. Entretanto, ainda não foram avaliados impactos ambientais diretos ou realizada análise econômica detalhada. Estudos futuros deverão considerar os custos de produção, microencapsulação, embalagem, distribuição e adequação regulatória.

Como perspectivas, a tecnologia poderá ser aprimorada por meio da otimização da concentração de microcápsulas, avaliação de diferentes materiais encapsulantes e estudos de estabilidade em diferentes condições de armazenamento. Também poderão ser realizados estudos de sobrevivência ao trato gastrointestinal simulado, ensaios *in vivo* e avaliação sensorial. A tecnologia poderá ainda ser adaptada a outras matrizes alimentares e outros suplementos.

5. CONCLUSÕES

A incorporação de *Lacticaseibacillus casei* CSL3 microencapsulado ao *whey protein* apresentou resultados promissores quanto à manutenção da viabilidade microbiana durante 60 dias de armazenamento a 25 °C. A

ausência de diferença significativa entre os períodos avaliados demonstra estabilidade do microrganismo nas condições experimentais estudadas. Os resultados indicam potencial para o desenvolvimento de um suplemento alimentar de maior valor agregado, associando uma matriz proteica à incorporação de um microrganismo microencapsulado. Entretanto, são necessários estudos complementares de estabilidade, segurança, resistência gastrointestinal, aceitação do consumidor, viabilidade econômica e adequação regulatória antes de uma possível aplicação comercial. A continuidade da pesquisa, em parceria com instituições científicas e empresas do setor de suplementos, poderá contribuir para o aprimoramento da tecnologia, sua validação em escala piloto e futura transferência para o mercado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.M.; MAFFEI, J.T.; GABARA, C.; MINAFRA, C.; TOLEDO-SILVA, B.; GONÇALVES, M.C.; LANGONI, H.; NETO, A. T.; SOUZA, F.N.; SILVA, N. C. C. Exploring probiotic potential and antimicrobial properties of lactic acid bacteria from cow's milk. **Appelied Food Research**. v.4, dezembro 2024.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington, DC: American Public Health Association, 2002.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD HEALTH ORGANIZATION. Evaluation of health and nutritional properties **of probiotics** in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Córdoba, 2001.34p.

FREIRE, T. T., SILVA, A. L. T., FERREIRA, B. K. O., SANTOS, T. M., Lactic acid bacteria its characteristics and importance: review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e513101119964, 2021.

HILL, C.; GUARNER, F; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J; SALMINEN, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology e Hepatology**, v. 11, p. 506- 514, 2014.

ROSOLEN, M. D. et al. Symbiotic microencapsulation of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* R7 using whey and inulin by spray dring. **LWT**, v. 115, p. 108411, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108411>