

DESENVOLVIMENTO DE FITAS DE BANANA COMO VEÍCULOS PARA PROBIÓTICOS

Carolina Madazio Niro^a, Jackson Andson de Medeiros^b, Joana Dias Bresolin^c, Ana Paula Dionísio^d, Mateus Kawata Salgaço^b, Katia Sivieri^b, Henriette M. C. Azeredo^c

^aUFSCar, São Carlos, SP, Brazil; ^bUNESP, Araraquara, SP, Brasil; ^cEmbrapa Instrumentação, São Carlos, SP, Brasil; ^dEmbrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, Brasil.

RESUMO

O mercado de alimentos probióticos vem aumentando, e observa-se uma demanda crescente por alimentos probióticos não-lácteos. O objetivo do estudo foi desenvolver uma fita probiótica de banana que pode ser consumida como *snack* probiótico não-lácteo. As fitas foram elaboradas a partir de polpa de banana adicionada de uma matriz filmogênica (amido ou celulose bacteriana - CB, representando respectivamente uma matriz digerível e uma não-digerível) e uma cepa probiótica (*Bacillus coagulans* BC4, esporogênica, ou *Lactobacillus acidophilus* LA-3, não-esporogênica). As diferentes formulações foram avaliadas quanto à viabilidade das cepas após secagem em estufa a 50 °C, durante o armazenamento a 25 °C e ao longo da passagem simulada pelo trato gastrointestinal. Enquanto uma alta viabilidade probiótica foi mantida nas fitas com *B. coagulans* durante a secagem e armazenamento por 180 dias, as fitas com *L. acidophilus* sofreram grandes perdas de viabilidade na secagem. As fitas com *B. coagulans* liberaram mais de 7 log UFC g⁻¹ de bactérias no intestino, além de terem sido bem aceitas sensorialmente, apresentando-se como produtos não-lácteos probióticos promissores para o mercado de alimentos funcionais.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da preocupação com a saúde, o mercado de alimentos probióticos vem crescendo. Estima-se que o mercado global de probióticos ultrapasse US\$ 111 bilhões até 2030 (1). A maioria dos alimentos probióticos presentes no mercado são lácteos (2). Porém, grande parte da população tem restrição ao consumo de laticínios, o que motiva a demanda por produtos probióticos não-lácteos (2,3).

Existem muitos desafios para produzir alimentos probióticos, de maneira a garantir que os microrganismos sobrevivam em quantidade adequada após o processamento (incluindo estresses térmicos, osmóticos, oxidativos e mecânicos) e o tempo de estocagem (3–5). Além disso, é necessário também que uma quantidade adequada de probióticos se mantenham viáveis durante a passagem pelo trato gastrointestinal (TGI), que apresenta condições hostis aos microrganismos, até serem liberadas no intestino (2).

Um dos fatores mais importantes a se considerar para produzir um alimento probiótico é a cepa utilizada. Bactérias do gênero *Bifidobacterium* ou da família *Lactobacillaceae* são as mais comumente utilizadas (2,6), apesar de mais suscetíveis às condições de processamento e do TGI (6). Por outro lado, bactérias esporogênicas, como *Bacillus coagulans*, apesar de menos comumente utilizadas, são mais resistentes (6–8).

Outro fator importante é a matriz alimentar que será utilizada como carreadora dos probióticos, de forma que protejam os microrganismos principalmente durante a passagem pelo TGI. Fitas de frutas, que são folhas feitas de polpa de frutas desidratadas, às vezes com aditivos, são *snacks* saudáveis interessantes (9). A adição de

polissacarídeos à sua composição pode torná-los bons carreadores de probióticos (10). Amido é digerível, de baixo custo e abundante (11), enquanto a celulose bacteriana (CB) é não digerível, portanto, uma fibra alimentar (12). Por um lado, por não ser digerível, o CB parece adequado para proteger os probióticos ao longo do TGI (13). No entanto, essa mesma não-digestibilidade pode prejudicar a liberação de probióticos no intestino.

OBJETIVO

O objetivo geral do estudo é desenvolver uma fita probiótica de banana. Os objetivos específicos incluem: comparar os efeitos do tipo de matriz polissacarídica (digerível x não digerível) e do tipo de bactéria (esporogênia x não-esporogênica) sobre a viabilidade do probiótico nas fitas ao longo do processamento, estocagem e passagem simulada pelo TGI; avaliar a aceitação sensorial dos produtos.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As fitas foram formuladas a partir de polissacarídeo (amido de mandioca ou CB), polpa de banana previamente processada e xarope de yacon (como plastificante, adoçante e prebiótico), e foram adicionadas ou não de probióticos (*Lactobacillus acidophilus* LA-3 ou *Bacillus coagulans* BC4). Portanto, foram feitas seis formulações diferentes (Tabela 1). Para sua suspensão, o pó de CB foi misturado com carboximetilcelulose (CMC) à razão mássica de 5:1 (CB/CMC).

Tabela 1.: Diferentes formulações das fitas de banana

Formulação	Matriz polissacarídica	Bactérias probióticas
Cont-CB	CB/CMC	-
Cont-AM	Amido de mandioca	-
Lac-CB	CB/CMC	<i>L. acidophilus</i>
Lac-AM	Amido de mandioca	<i>L. acidophilus</i>
Bac-CB	CB/CMC	<i>B. coagulans</i>
Bac-AM	Amido de mandioca	<i>B. coagulans</i>

Para comparar a textura das diferentes formulações, foram feitos teste de tração e de cisalhamento em texturômetro TA.XT Plus. O teste de cisalhamento foi feito com lâmina *Knife Edge* e base com fenda, para determinar a força necessária para cortar transversalmente cada fragmento. As fitas à base de CB apresentaram maior resistência, módulo elástico e força de cisalhamento, além de menor elongação (Figura 1), o que pode ser atribuído à maior cristalinidade da CB quando comparado ao amido, tornando os materiais mais resistentes e rígidos (12). A presença de bactérias diminuiu os valores de resistência e módulo, corroborando outros estudos sobre filmes probióticos (14–16). *L. acidophilus* causou maior diminuição nestes valores do que *B. coagulans*, o que provavelmente se deve às diferenças estruturais entre as bactérias.

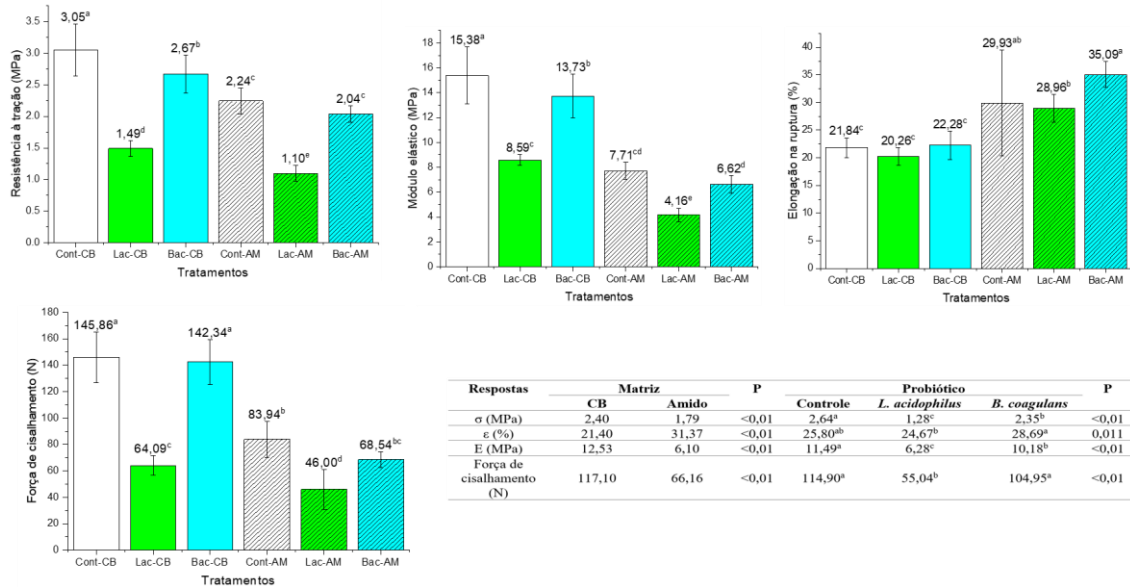


Figura 1: Propriedades de tração e força de cisalhamento de fitas de banana. σ : resistência à tração; ϵ : alongação na ruptura; E: módulo elástico. Valores seguidos de pelo menos uma letra em comum não são significativamente diferentes (Tukey, $p > 0,05$). Cont-, Lac- e Bac-: controle (sem probióticos), com *L. acidophilus* e *B. coagulans*, respectivamente; -CB e -AM: com matrizes de CB e amido, respectivamente.

O processo de secagem em estufa resulta em estresse térmico e osmótico, podendo causar perda de viabilidade das bactérias. Portanto, para avaliar a influência do processo de secagem na viabilidade celular, foram feitas contagens de células viáveis na dispersão filmogênica, antes da secagem, e nas fitas de banana resultantes imediatamente após a secagem.

Para as fitas com *B. coagulans*, a perda de viabilidade após a secagem foi em torno de 1 ciclo log e não apresentou diferença significativa dependendo do tipo de matriz utilizada (Figura 2a), com aproximadamente $7,6 \log \text{ UFC g}^{-1}$ após a secagem. No entanto, as formulações com *L. acidophilus* não apresentaram viabilidade detectável ($< 3 \log \text{ UFC g}^{-1}$) após secagem em estufa a 50°C . Esta diferença entre as duas espécies de bactérias pode ser explicada pela maior resistência dos esporos de *B. coagulans*.

Para analisar a estabilidade de *B. coagulans* nas fitas em estocagem a 25°C , foram feitas contagens periódicas durante 187 dias (Figura 2a). Não houve perda de viabilidade, corroborando os estudos de Marcial-Coba *et al.* (8) e Oliveira *et al.* (6).

Também foram realizados experimentos para simular a passagem das fitas de banana com *B. coagulans* pelo TGI. A quantidade de células viáveis liberadas por grama de fita de banana foi calculada para cada fase do TGI e comparada com a contagem inicial (Figura 2b). Para a fita à base de CB, as contagens no fluido gástrico e intestinal foram um pouco (mas significativamente) menores que a contagem inicial, enquanto que para a fita à base de amido não houve diferença significativa entre as fases. Isso pode indicar uma retenção das bactérias na estrutura na fita de CB, provavelmente por esta não ser digerível, além de apresentar estrutura mais compacta (17). Porém, ambas as formulações liberaram mais de $7 \log \text{ UFC g}^{-1}$ no intestino, sem diferença significativa entre as matrizes, valor bastante promissor.

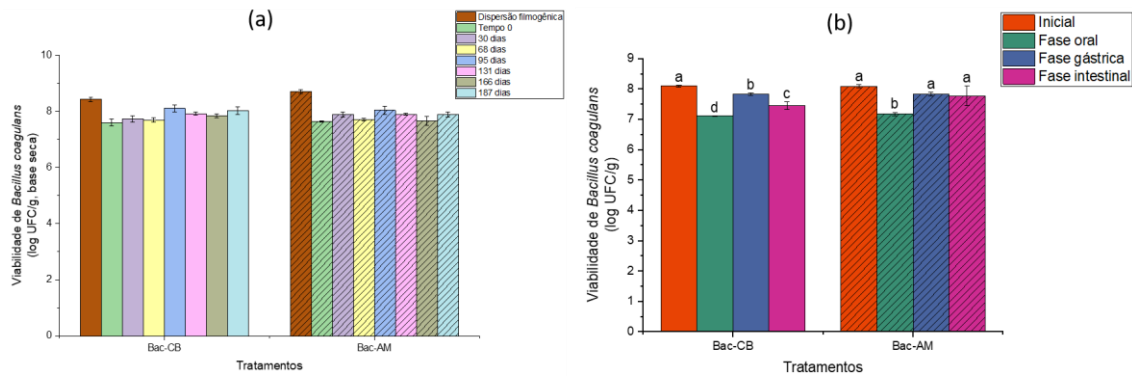


Figura 2: Alterações na viabilidade de *B. coagulans* na secagem e armazenamento de fitas de banana (a); e viabilidade de *B. coagulans* ao longo da passagem simulada pelo TGI. Dentro de um mesmo tratamento, valores seguidos de pelo menos uma letra em comum não são significativamente diferentes (Tukey, $p > 0,05$). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos para valores dentro de uma mesma fase (inicial, oral, gástrica ou intestinal), segundo testes t.

Para avaliar a aceitação sensorial das fitas com *B. coagulans*, estas foram analisadas sensorialmente (análise aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSCar - CAAE 27.815.920.7.0000.5504). Os escores hedônicos para aceitação das fitas de banana com *B. coagulans* com CB e amido foram de 3,83 e 3,94 respectivamente (em escala hedônica de 5 pontos), sem diferença significativa, respectivamente, indicando boa aceitação do produto para ambas as formulações, embora alguns comentários dos provadores tenham sugerido que o amido pode ser uma escolha melhor em relação à textura e à liberação do sabor na boca.

CONCLUSÃO

Fitas de banana à base de CB ou amido contendo bactérias probióticas foram produzidas com sucesso como produtos alimentícios probióticos não-lácteos promissores. As fitas de frutas adicionadas com *B. coagulans* mantiveram alta viabilidade probiótica durante a secagem e armazenamento, enquanto *L. acidophilus* sofreram grandes perdas de viabilidade na secagem, indicando que as bactérias formadoras de esporos são mais adequadas para fitas de frutas como produzido de acordo com o presente estudo. Ambas as formulações com *B. coagulans* apresentaram liberação no intestino superior a $7 \log \text{ UFC g}^{-1}$, assim como apresentaram boa aceitação sensorial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (apoio financeiro, 408940/2018–2, e bolsa de produtividade, 308777/2021-2). Agradecemos também à CAPES pelas bolsas de estudo (88882.426523/2019–01 e 88882.432561/2019–01) e à Biosmart Nanotechnology por nos fornecer as membranas de CB.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. GRAND VIEW RESEARCH. **Probiotics Market Worth \$111.21 Billion By 2030 | CAGR: 7.5%**. Disponível em: <<https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-probiotics-market>>. Acesso em: 23 out. 2022.

2. NEFFE-SKOCIŃSKA, K. et al. Trends and Possibilities of the Use of Probiotics in Food Production. **Alternative and Replacement Foods**, v. 17, p. 65–94, 1 jan. 2018.
3. KUMAR, B. V.; VIJAYENDRA, S. V. N.; REDDY, O. V. S. Trends in dairy and non-dairy probiotic products - a review. **Journal of Food Science and Technology** 2015 52:10, v. 52, n. 10, p. 6112–6124, 13 mar. 2015.
4. FU, N.; CHEN, X. D. Towards a maximal cell survival in convective thermal drying processes. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1127–1149, 1 jun. 2011.
5. SHU, G. et al. Characterization of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* in goat milk powder and tablet: Optimization of the composite cryoprotectants and evaluation of storage stability at different temperature. **LWT**, v. 90, p. 70–76, 1 abr. 2018.
6. OLIVEIRA, A. S. et al. Dehydrated strawberries for probiotic delivery: Influence of dehydration and probiotic incorporation methods. **LWT**, v. 144, p. 111105, 1 jun. 2021.
7. ELSHAGHABEE, F. M. F. et al. *Bacillus* As Potential Probiotics: Status, Concerns, and Future Perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v. 0, n. AUG, p. 1490, 10 ago. 2017.
8. MARCIAL-COBA, M. S. et al. Dried date paste as carrier of the proposed probiotic *Bacillus coagulans* BC4 and viability assessment during storage and simulated gastric passage. **LWT**, v. 99, p. 197–201, 1 jan. 2019.
9. DIAMANTE, L. M.; BAI, X.; BUSCH, J. Fruit Leathers: Method of preparation and effect of different conditions on qualities. **International Journal of Food Science**, v. 2014, 2014.
10. GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, M. P. Enhancement of oral bioavailability of natural compounds and probiotics by mucoadhesive tailored biopolymer-based nanoparticles: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 118, p. 106772, 1 set. 2021.
11. PIÑEROS-HERNANDEZ, D. et al. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 488–495, 1 fev. 2017.
12. AZEREDO, H. M. C. et al. Bacterial Cellulose as a Raw Material for Food and Food Packaging Applications. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 0, p. 7, 18 fev. 2019.
13. FIJAŁKOWSKI, K. et al. Survival of probiotic lactic acid bacteria immobilized in different forms of bacterial cellulose in simulated gastric juices and bile salt solution. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, p. 322–328, 1 maio 2016.
14. EBRAHIMI, B. et al. Survival of probiotic bacteria in carboxymethyl cellulose-based edible film and assessment of quality parameters. **LWT**, v. 87, p. 54–60, 1 jan. 2018.
15. KANMANI, P.; LIM, S. T. Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films. **Food Chemistry**, v. 141, n. 2, p. 1041–1049, 15 nov. 2013.
16. OLIVEIRA-ALCÂNTARA, A. V. et al. Bacterial cellulose/cashew gum films as probiotic carriers. **LWT**, v. 130, p. 109699, 1 ago. 2020.
17. SINGH, P. et al. Cellulose-based edible films for probiotic entrapment. **Food Hydrocolloids**, v. 88, p. 68–74, 1 mar. 2019.