

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO POTENCIAL PREBIÓTICO DOS RESÍDUOS DE PROCESSAMENTO DO JENIPAPO (*Genipa americana* L.) FRENTE À ESPÉCIES DE *Lactobacillus* E *Bifidobacterium*

RESUMO

No bioma Cerrado é encontrada uma grande variedade de espécies de frutos, dentre elas o jenipapo (*Genipa americana* L.), que se destaca por sua utilização no preparo de licores, geleias, sucos, dentre outros. Os resíduos gerados pelo processamento do fruto, compostos principalmente por cascas e sementes, podem apresentar componentes relevantes à alimentação humana. O objetivo deste estudo foi investigar o potencial prebiótico *in vitro* dos resíduos do processamento do jenipapo (RJ). O RJ apresentou elevado teor de fibra alimentar (36,82%), dos quais 30,58% fibras insolúveis e 5,63% fibras solúveis. Apresentou valores de 34,56% de carboidratos, 6,26% de proteínas, 8,20% de açúcares totais, e valor energético de 241,90 kcal. Apresentou ainda 161,50 mg AGE/100 g de fenólicos totais e 2,40 $\mu\text{mol/g}$ de capacidade antioxidante. O cultivo de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* em meio de cultura contendo RJ (20 g/L) teve considerável contagem bacteriana (7,73-10,41 log UFC/mL), e pH reduzido em todos os tempos. Portanto, o resíduo do jenipapo parece ser um potencial ingrediente prebiótico para uso na formulação de alimentos, aumentando o valor nutricional e reduzindo possíveis impactos negativos ao meio ambiente que seus descartes poderiam ocasionar.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado está entre as mais ricas savanas do mundo, está localizado na região central do Brasil, possui recursos naturais renováveis e espécies frutíferas exóticas que apresentam sabor peculiar e elevado teor de açúcar, proteínas, sais minerais e ácidos graxos (1). É encontrada uma grande variedade de espécies de plantas utilizadas na alimentação humana, dentre elas destaca-se a *Genipa americana* L. pertencente à família *Rubiaceae*, popularmente conhecido como “jenipabeiro”, que produz o fruto “jenipapo”. O jenipapo é amplamente consumido pela população local tanto na forma *in natura* como em produtos processados, a exemplo de sucos, sorvetes, pães e bolos; após o processamento é comum que os resíduos sejam descartados (2). Em geral, as frutas e seus subprodutos apresentam elevado conteúdo de carboidratos, especialmente fibras e compostos fenólicos, favorecendo seu potencial prebiótico (3). Prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis que promovem o crescimento seletivo de bactérias probióticas, permitindo mudanças específicas na composição e atividade da microbiota intestinal com a produção de diferentes ácidos orgânicos. Exerce uma série de efeitos na saúde do hospedeiro, com fatores de competição exclusiva contra patógenos e micro-organismos indesejáveis resultando no aumento da resistência corporal do indivíduo (4). Carboidrato não digerível tal como frutooligosacarídeos (FOS), são reconhecidos como prebióticos pela literatura. No entanto, outros compostos também têm demonstrado propriedades prebióticas como proteínas, flavonóides, ácidos graxos insaturados, macro e micronutrientes (5). Probióticos são definidos como “micro-organismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios a saúde do hospedeiro” (6). Dentre os probióticos, as espécies de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são as mais abundantes e têm sido amplamente citadas na literatura. O valor nutricional e funcional de resíduos de frutos, assim como seu potencial prebiótico vem sendo amplamente descritos na literatura, com resultados

promissores, apontando oportunidade de aproveitamento pela indústria de alimentos (7), entretanto, investigações sobre os resíduos de frutos do Cerrado ainda são escassos.

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi investigar o potencial prebiótico *in vitro* dos resíduos do processamento do jenipapo (*Genipa americana* L.). Os objetivos específicos foram analisar a composição centesimal, compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante, além de avaliar o crescimento de cepas de bactérias probióticas (*Lactobacillus* e *Bifidobacterium*) frente a utilização dos resíduos do processamento do jenipapo.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O resíduo liofilizado do jenipapo (RJ) composto por casca e semente apresentou valores consideráveis de carboidratos, fibras alimentares e proteínas (Tabela 1).

Tabela 1: Características químicas (g/100g) dos resíduos liofilizados do jenipapo.

Parâmetros	RJ ¹
Umidade (%)	19,23 ± 0,04
Cinzas (%)	2,59 ± 0,01
Proteína	6,26 ± 0,06
Lipídios	0,56 ± 0,04
Carboidratos	34,56 ± 1,02
Açúcares totais	8,20 ± 0,28
Fibra alimentar total	36,82 ± 0,95
Fibra alimentar insolúvel	30,58 ± 1,07
Fibra alimentar solúvel	5,63 ± 0,06
Valor energético (kcal/100g)	241,90 ± 2,24

¹Resíduo liofilizado do jenipapo. Valores constituem média ± desvio-padrão (n=3).

RJ apresentou alto teor de carboidratos, superior ao encontrado em farinha de subprodutos de frutas e hortaliças (26 g/100 g) analisadas por Andrade et al., 2016 (8). O teor de fibra alimentar de RJ foi elevado, em 100 g, foram encontrados 36,82 g, teor superior ao encontrado em bagaço de romã (29–30 g/100 g) e maçã, laranja, tâmaras e tomates (5–12 g/100 g) (9). O RJ apresentou elevado teor de fibra alimentar insolúvel (30,58 g/100g). Efeitos fisiológicos benéficos são associados às fibras alimentares insolúveis, como a capacidade de aumentar o volume fecal e diminuir o tempo de trânsito intestinal. Os níveis de proteína encontrados (6,26 g/100 g) foram elevados em comparação ao encontrado em farinhas de casca de pequi (3,36 g/100g) (10).

Tabela 2: Compostos fenólicos e capacidade antioxidante dos resíduos liofilizados do jenipapo.

Parâmetros	RJ ¹
Compostos fenólicos totais (AGE/100g)	161,50 ± 4,20
Capacidade antioxidante (µmol TE/g)	2,40 ± 1,55

¹Resíduo liofilizado do jenipapo. AGE: Ácido gálico equivalente; TE: Trolox equivalente. Valores constituem média ± desvio-padrão (n=3).

Os compostos fenólicos têm sido associados a benefícios à saúde humana, atribuído principalmente pela sua atividade antioxidante, devido sua capacidade em eliminar radicais livres, doar átomos de hidrogênio ou elétrons, ou quelar cátions metálicos. Os polifenóis

podem atuar como prebióticos, modulando a microbiota intestinal humana (11). A atividade antioxidante de frutas e seus derivados é complexa e depende de vários fatores (12), valores de compostos fenólicos do RJ foram superiores a 7 dos 11 frutos e polpas de frutas nativas brasileiras analisados por Genovese, 2008. Os resíduos do jenipapo apresentaram valores de capacidade antioxidante superiores aos valores encontrados (0,80 $\mu\text{mol TE/g}$) em maracujá (*Passiflora sp.*) (13).

Tabela 3: Propriedades tecnológicas dos resíduos liofilizados do jenipapo.

Parâmetros	RJ ¹
Capacidade de retenção de água (g água/ g amostra)	4,06 \pm 0,01
Capacidade de retenção de óleo (g óleo/ g amostra)	1,14 \pm 0,01

¹Resíduo liofilizado do jenipapo. Valores constituem média \pm desvio-padrão (n=3).

As características de capacidade de retenção de água e óleo das amostras (tabela 3) são importantes fatores de desenvolvimento de novos produtos, pois pode modificar a textura e viscosidade de um produto formulado, reduzir calorias e evitar fenômenos de degradação (14). O RJ apresentou valores de capacidade de retenção de água e óleo, superiores aos achados de Salih, et al (15), em análise de farinha de casca de banana madura seca (0,7 g de água/g de amostra e 0,8 g de óleo/g de amostra, respectivamente).

Ensaio *in vitro* foram realizados para avaliar o potencial prebiótico do RJ, através do crescimento de bactérias probióticas (*Lactobacillus acidophilus* LA-05, *Lactobacillus casei* L-26 e *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BB-12). RJ foi utilizado como fonte de carbono (20 g/L) e foi comparado a outros meios contendo glicose, FOS e sem fonte de carbono, como controle negativo. Observou-se maior crescimento microbiano (log UFC/mL) das cepas LA-05 e L-26 no tempo de 48 h para o caldo contendo RJ em comparação a todos os controles (Figura 1A e 1C). Já BB-12 apresentou maior crescimento microbiano no tempo 18 h, para o caldo contendo RJ, não apresentando diferença significativa em comparação com meio suplementado com FOS, que é uma fonte reconhecidamente prebiótica (Figura 1E). Portanto, nota-se que, por meio desses resultados, o meio contendo RJ promoveu o crescimento das culturas testadas, o que pode sugerir quantidades elevadas de carboidratos fermentáveis nesses substratos.

Análises de determinação de pH foram realizadas para confirmar o metabolismo dessas bactérias. O cultivo das três cepas probióticas em meio com as diferentes fontes de carbono causou diminuição nos valores de pH ao longo do tempo (Figuras 1B, 1D e 1F). A redução do pH inicial juntamente com a detecção do crescimento da população de probióticos nos diferentes meios de cultivo ao longo do tempo de incubação, apontaram intensas atividades metabólicas fermentáveis desses micro-organismos nas fontes de carbono analisadas. Observou-se diminuições consideráveis nos valores de pH nos meios com glicose, FOS e RJ em todas as cepas analisadas, enquanto que os meios sem fonte de carbono apresentaram uma leve diminuição nos valores, mantendo-se estável. Houve grande redução nos valores de pH após 18 h de fermentação em todos os meios de cultivo, entretanto, nos meios suplementados com RJ, enquanto as cepas de LA-05 e BB-12 apresentaram um ligeiro aumento nos tempos 24 e 48 h, as cepas de L-26 atingiram seus menores valores de pH no tempo 48. Durante a fermentação, os prebióticos produzem ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como ácido butírico, ácido propiônico e ácido lático, sendo substratos altamente digeríveis pelas bactérias, mantendo um baixo valor de pH e inibindo o crescimento de

micro-organismos patogênicos (16). Assim, observa-se que o RJ foi utilizado como fonte de carbono na fermentação *in vitro*, uma vez que induziu ao crescimento de cepas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, e na redução do pH.

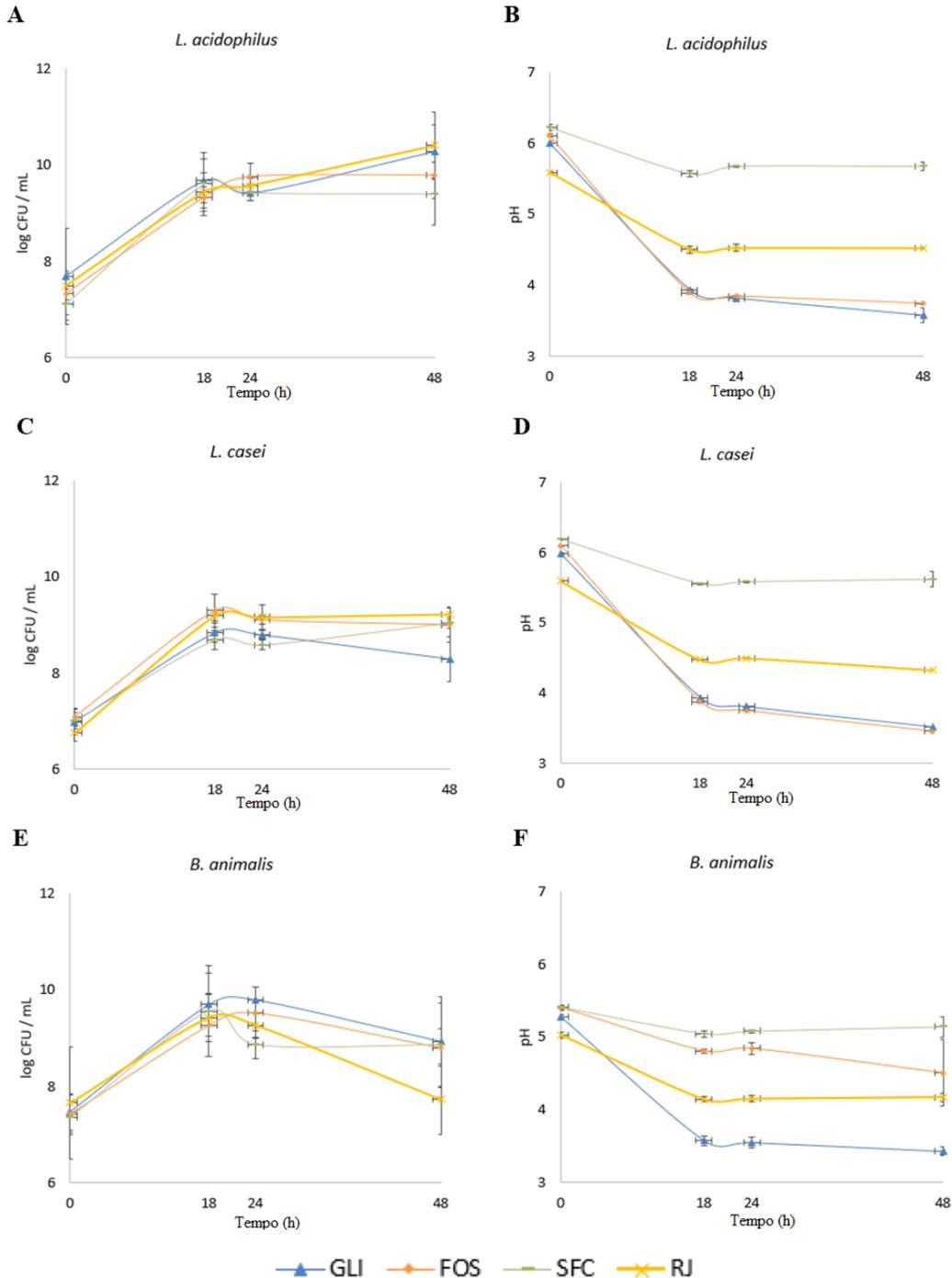


Figura 1. Valores de contagens de células viáveis (A, B, C) e de pH (D, E, F) de *L. acidophilus* LA-05, *L. casei* L-26 e *B. animalis* BB-12 em meio com glicose, frutooligossacarídeos, resíduo de jenipapo liofilizado e sem fonte de carbono (controle negativo) durante 48 h de incubação

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que o RJ possui grande quantidade de carboidratos, proteínas e fibras alimentares, e ainda, apresenta capacidade antioxidante e compostos fenólicos. O cultivo de *L. acidophilus*, *L. casei* e *B. animalis* em meios com RJ resultaram em elevadas contagens bacterianas e valores de pH diminuídos, que são indicativos de intensas atividades metabólicas bacterianas sobre esses substratos, sugerindo a possibilidade de ser considerado um ingrediente prebiótico para uso na formulação de alimentos ou suplementos alimentares. Contudo, análises complementares podem ser realizadas para a melhor compreensão dos efeitos prebióticos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. PERFEITO, D. G. A.; CORRÊA, I. M.; PEIXOTO, N. Elaboração de bebida com extrato hidrossolúvel de soja saborizada com frutos do cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 21-27, 2017.
2. MORZELLE, M. C. et al. Chemical and physical characterization of fruits from cerrado: curriola, gabirola and murici. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 96-103, 2015.
3. DUARTE, F. N. D. et al. Potential prebiotic properties of cashew apple (*Anacardium occidentale L.*) agro-industrial byproduct on *Lactobacillus* species. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 11, p. 3712-3719, 2017.
4. GIBSON, G. R. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature reviews Gastroenterology & hepatology**, v. 14, n. 8, p. 491-502, 2017
5. ASHAOLU, T. J. Immune boosting functional foods and their mechanisms: A critical evaluation of probiotics and prebiotics. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 130, p. 110625, 2020.
6. [FAO/WHO]. Probiotics in food-health and nutritional properties and guidelines for evaluation. p. 413–426, 2006.
7. DE ALBUQUERQUE, T. M. R. et al. In vitro characterization of *Lactobacillus* strains isolated from fruit processing by-products as potential probiotics. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 10, n. 4, p. 704-716, 2018
8. ANDRADE, M. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Development and characterization of edible films based on fruit and vegetable residues. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 2, p. E412-E418, 2016.
9. ELLEUCH, M. et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food chemistry**, v. 124, n. 2, p. 411-421, 2011.
10. LEÃO, D. P. et al. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146-153, 2017.
11. BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.
12. GENOVESE, M. I. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008.
13. MEZADRI T. et al. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 282-290, 2008.
14. ZAHID, H. F. et al. Utilization of mango, apple and banana fruit peels as prebiotics and functional ingredients. **Agriculture**, v. 11, n. 7, p. 584, 2021.
15. SALIH, Zakaria A. et al. Physicochemical and functional properties of pulp and peel flour of dried green and ripe banana (*Cavendish*). 2017.
16. JALILI, H., et al. "Unstructured Model for Free and Immobilized Cell Culture without PH Control of *Bifidobacterium Animalis* Subsp. *Lactis* Bb 12—Inhibitory Effect of the Undissociated Organic Acids." **Biochemical Engineering Journal**, vol. 58, p. 184–188, 2011.