DISCIPLINARUM SCIENTIA *Disciplinarum Scientia.* **Série: Naturais e Tecnológicas**
Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 17-34, 2026
Recebido em: 23.01.2026. Aprovado em: 12.06.2026.
ISSN 2176-462X | DOI: doi.org/10.37779/nt.v27i3.5683

INCORPORAÇÃO DE EXTRATO DE PITAYA EM GOMAS FUNCIONAIS: CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL, FÍSICO-QUÍMICA E ANTIOXIDANTE

INCORPORATION OF PITAYA EXTRACT INTO FUNCTIONAL GUMS: NUTRITIONAL, PHYSICOCHEMICAL, AND ANTIOXIDANT CHARACTERIZATION

Júlia Lopes da Mota[1], Karina Zanella Lodi[2], Paola de Souza[3], Simone Hickmann Flôres[4] e Cátia Santos Branco[5]

RESUMO

A crescente demanda por alimentos naturais tem impulsionado a substituição de aditivos sintéticos por compostos bioativos, como antocianinas, pigmentos com propriedades antioxidantes e corantes. As gomas vêm ganhando destaque pela capacidade de veicular compostos funcionais, tornando-se uma alternativa atrativa, especialmente para populações com restrições. Este estudo teve como objetivo incorporar extratos da polpa de *Hylocereus polyrhizus* (pitaya vermelha) a gomas. Foram adicionadas três matrizes de extratos: líquido filtrado, líquido não filtrado e liofilizado. As amostras foram caracterizadas quanto à composição nutricional, pH, sólidos solúveis totais (SST), teor de antocianinas (TA), fenólicos totais (FT) e atividade antioxidante (AA), além de cor, textura e estabilidade por 30 dias. A adição dos extratos aumentou o valor funcional das gomas, que apresentaram coloração mais intensa, indicando retenção de antocianinas. A textura permaneceu firme, elástica e consistente, confirmando a boa integração dos compostos fenólicos na matriz. As gomas apresentaram pH ácido e alto teor de SST, com diferenças significativas entre as formulações. O extrato liofilizado apresentou os maiores aumentos em TA, FT e AA. No estudo de estabilidade, apenas a amostra sem adição de pitaya apresentou redução na atividade antioxidante durante o armazenamento, enquanto as demais formulações mantiveram a estabilidade físico-química. Conclui-se que as gomas de pitaya, especialmente as formuladas com extrato liofilizado, constituem uma matriz promissora para a incorporação de antocianinas.

Palavras-chave: Nutracêuticos; Gelificação; Gomas vegetais.

ABSTRACT

The growing demand for functional products has driven the replacement of synthetic additives with bioactive compounds such as anthocyanins, pigments known for their antioxidant and coloring properties. Gummies have gained prominence for their ability to deliver functional compounds, making them an attractive alternative, especially for populations with specific restrictions. This study aimed to incorporate Hylocereus polyrhizus (red pitaya) pulp extracts into gummies. Three matrices of extracts (filtered liquid, unfiltered liquid, and freeze-dried) were added. The gummies were then characterized for proximate composition,

1 Universidade de Caxias do Sul. E-mail: jlmota@ucs.br. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5520-1746
2 Universidade de Caxias do Sul. E-mail: kzanella@ucs.br. ORCID: http://orcid.org/0009-0008-7770-5099
3 Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: paolasouza.ll@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-1841-6736
4 Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: simone.flores@ufrgs.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5320-3448
5 Laboratório de Estresse Oxidativo e Antioxidantes, Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul. E-mail: csbranc1@ucs.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3709-3004

pH, total soluble solids (TSS), anthocyanin content (AC), total phenolic content (TPC), and antioxidant activity (AA), as well as color, texture, and stability over 30 days. The addition of the extracts increased the functional value of the gummies, which exhibited a more intense color, indicating retention of anthocyanins. Texture remained firm, elastic, and consistent, confirming good integration of phenolic compounds within the matrix. The gummies presented acidic pH and high TSS, with significant differences among formulations. The freeze-dried extract showed the greatest increases in AC, TPC, and AA. In the stability study, only the gum without pitaya addition showed a reduction in antioxidant activity during storage, while the other formulations maintained physicochemical stability. It is concluded that pitaya-based gummies, especially those formulated with freeze-dried extract, represent a promising matrix for anthocyanin incorporation, exhibiting stability and bioactivity.

Keywords: *Nutraceuticals; Gelling; Plant gums.*

INTRODUÇÃO

A pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*, syn. *lemairei*) destaca-se por sua alta concentração de metabólitos bioativos, especialmente flavonoides e betalaínas, que contribuem para sua coloração intensa e propriedades funcionais (Lim *et al.*, 2025). Estudos demonstram que a espécie possui perfil nutricional diversificado, com elevada capacidade antioxidante em comparação com outras frutas tropicais (Coelho *et al.*, 2024; Lin *et al.*, 2021). Além disso, sua variabilidade genética confere diferenças significativas nos teores de compostos bioativos (Hua *et al.*, 2018), ampliando suas aplicações tecnológicas (Deng *et al.*, 2026). A composição química da fruta reforça seu potencial como ingrediente funcional, pois contém fenólicos e pigmentos naturais estáveis (Lim *et al.*, 2025). Pesquisas recentes também apontam que a pitaya apresenta características agronômicas favoráveis ao cultivo sustentável e à produção de corantes naturais (Abreu *et al.*, 2024).

Os antioxidantes presentes na pitaya desempenham papel essencial na neutralização de radicais livres e na proteção contra danos oxidativos envolvidos em várias doenças (Sadowska-Bartosz; Bartosz, 2024). Dados demonstram que a síntese desses pigmentos é regulada por vias bioquímicas específicas e altamente ativas na fruta (Xie *et al.*, 2023). Há também evidências de que o extrato da pitaya exibe efeitos antidiabéticos *in vitro* (Lodi *et al.*, 2023a) e *in vivo* (Flores-Verastegui *et al.*, 2025), além de modular o microambiente intestinal, regulando enzimas envolvidas no metabolismo glicêmico (Lodi *et al.*, 2023b).

A pitaya vem ganhando destaque como fonte de corantes naturais devido à estabilidade térmica e à elevada solubilidade dos seus pigmentos (Coelho *et al.*, 2024; Vellano *et al.*, 2022). A incorporação do extrato da casca da pitaya em alimentos, como produtos de panificação, apresentou excelente desempenho e manutenção da cor, além de evitar a formação de produtos de glicação avançada, observada após o aquecimento (Chumroenvidhayakul *et al.*, 2023). Além disso, o uso do extrato da casca da pitaya em lipossomas também se valida como uma aplicação tecnológica potencial para as áreas farmacêutica e alimentícia, demonstrando estabilidade e atividade antioxidante (Teixeira *et al.*, 2026).

Atualmente, o mercado de suplementos vem apresentando crescimento contínuo no segmento de gomas, devido à praticidade de consumo e ao formato atrativo para incorporação de compostos bioativos. Essas formulações representam uma alternativa versátil para o desenvolvimento de produtos funcionais, ao associar características tecnológicas favoráveis à veiculação de diferentes ingredientes bioativos (Ganea *et al*., 2025). A matriz gelificada favorece a proteção dos compostos naturais com ação antioxidante, aumentando sua conservação ao longo do tempo (Roudbari *et al*., 2024). Além disso, são especialmente indicadas para populações com dificuldade de deglutição, como crianças e idosos. Estudos recentes também demonstram que a adição de extratos antioxidantes melhora o valor funcional, sem prejudicar a textura e o sabor (Lucas-González *et al*., 2025).

Considerando que a adição de antioxidantes naturais a produtos mastigáveis é uma tendência crescente global e ainda pouco estudada, este estudo teve como objetivo desenvolver uma formulação de gomas contendo extratos aquosos da polpa de *H. polyrhizus*, avaliando as propriedades físico-químicas, a estabilidade e a atividade antioxidante do produto obtido, integrando, assim, funcionalidade e inovação tecnológica no campo das ciências naturais e tecnológicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

OBTENÇÃO DA POLPA LIOFILIZADA DE PITAYA

As amostras de pitaya vermelha (*Hylocereus lemairei*) foram adquiridas no comércio local de Caxias do Sul, RS, Brasil, durante a safra de 2025. Após a aquisição, as amostras foram higienizadas e despolpadas. Em função da sazonalidade e da perecibilidade da fruta, optou-se por liofilizar a polpa, visando concentrar seus ativos e viabilizar seu aproveitamento por um período prolongado. Dessa forma, a polpa obtida foi congelada e, em seguida, liofilizada a -55 °C em liofilizador de bancada (modelo L101, LIOTOP, Brasil), resultando na obtenção de um pó. O material liofilizado foi armazenado no freezer a -20 °C até o momento das análises.

PREPARAÇÃO DO EXTRATO PARA INCORPORAÇÃO EM GOMAS

A polpa liofilizada foi utilizada para a obtenção de um extrato aquoso, conforme a metodologia adaptada por Lodi *et al.* (2023). Para tanto, utilizou-se um condensador em sistema de refluxo, com a água como solvente na proporção de 10% (p/v) durante 10 minutos. Após o preparo do extrato, três formas distintas de incorporação em gomas foram definidas. A primeira correspondeu ao extrato líquido filtrado a vácuo, denominado E1. A segunda consistiu na obtenção de um extrato bruto, sem o uso do sistema de filtração a vácuo (E2), o que permitiu o aproveitamento total do resíduo sólido.

Já a terceira forma correspondeu ao extrato aquoso submetido à liofilização (E3), resultando em um pó estável e de fácil incorporação em matrizes sólidas ou semissólidas.

PRODUÇÃO DA FORMULAÇÃO E INCORPORAÇÃO DO EXTRATO OBTIDO

A formulação padrão foi desenvolvida com água purificada aquecida a 60 °C. Em seguida, adicionaram-se o ágar-ágar, a gelatina e a goma xantana sob agitação constante para garantir a hidratação completa dos gelificantes. Após a homogeneização, foram incorporados o manitol e o sorbitol, mantendo a temperatura e a agitação até a completa dissolução. Em seguida, adicionaram-se os extratos de pitaya (E1, E2 e E3), evitando que a temperatura ultrapassasse 50 °C para preservar os compostos bioativos. A mistura final foi vertida em moldes apropriados e deixada em repouso à temperatura ambiente por cerca de 30 minutos. Após esse período, as gomas foram armazenadas em geladeira (4-8 °C) por, no mínimo, 12 horas para estabilização antes das análises.

A Tabela 1 apresenta as formulações do estudo: formulação padrão (G0), utilizada como referência para o preparo das gomas mastigáveis, e as formulações-teste correspondentes aos diferentes extratos utilizados: goma com extrato líquido filtrado a vácuo (GE1), goma com extrato bruto não filtrado (GE2) e goma com extrato liofilizado (GE3).

Tabela 1 - Formulações do estudo.

Insumos	G0	GE1	GE2	GE3	Finalidade
Extrato filtrado (E1)	-	10 g	-	-	Bioativo / antioxidante
Extrato bruto (E2)	-	-	10 g	-	Bioativo / antioxidante
Extrato liofilizado (E3)	-	-	-	10 g	Bioativo / antioxidante
Manitol	10 g	10 g	10 g	10 g	Edulcorante
Gelatina	8 g	8 g	8 g	8 g	Gelificante
Ágar-ágar	2 g	2 g	2 g	2 g	Gelificante
Goma xantana	1 g	1 g	1 g	1 g	Espessante
Sorbitol	1 g	1 g	1 g	1 g	Umectante
Sorbato de potássio	1 g	1 g	1 g	1 g	Conservante
Ácido cítrico	1 g	1 g	1 g	1 g	Conservante
Água purificada	78 g	68 g	68 g	68 g	Veículo / solvente

Fonte: Construção do Autor.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A análise da composição centesimal foi realizada conforme a metodologia descrita na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (BRASIL, 2011). A umidade foi obtida pelo cálculo da perda de peso por dessecação em estufa a 105 °C até o peso constante. A determinação das cinzas foi realizada por carbonização em mufla a 550 °C e o teor de fibra alimentar total foi determinado por digestão enzimática. Para a determinação de proteína, empregou-se o método de Microkjeldahl,

seguido de destilação e titulação, com o fator de conversão de nitrogênio de 6,25. A quantificação de gordura total/extrato etéreo foi realizada por gravimetria, e a de carboidratos, por cálculo de diferença. Para a determinação do valor energético, foram utilizados os resultados em gramas obtidos para carboidratos, proteínas e lipídios, com os seguintes fatores de conversão: 2 kcal/g para fibras, 4 kcal/g para carboidratos, 4 kcal/g para proteínas e 9 kcal/g para lipídios (BRASIL, 2020).

CARACTERIZAÇÃO DE COR E TEXTURA

Os parâmetros de cor (L*, a* e b*) foram medidos com um colorímetro Miniscan XE (HunterLab, Estados Unidos) no sistema CIELAB. O parâmetro de cor L* representa o espectro claro-escuro, com uma faixa que vai de preto (0) a branco (100). O a* representa vermelho ou verde, e o b* representa amarelo ou azul. Os dados foram expressos na escala CIELAB. Já as características da textura foram analisadas para determinar a dureza, coesividade, elasticidade, resiliência, gomosidade e mastigabilidade. Estes parâmetros foram analisados com um analisador de textura do modelo TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), equipado com uma sonda cilíndrica de 35 mm. A análise foi realizada em temperatura ambiente, e os parâmetros de análise foram: velocidade pré-teste de 1 mm/s, velocidade de teste de 5 mm/s, velocidade pós-teste de 5 mm/s e deformação de 75%. As amostras foram analisadas no tempo inicial (tempo zero) e em intervalos semanais ao longo de 30 dias de armazenamento sob refrigeração.

ANÁLISE DE FENÓLICOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, PH E SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

Para determinar o teor de polifenóis totais, antocianinas, a atividade antioxidante, pH e SST, 2 g de cada goma foi adicionada a uma mistura de etanol, ácido acético e água (50:8:42), homogeneizada em ultrassom usando *glass beads* por 10 minutos a 40 °C e centrifugado a 6000 rpm por 3 minutos para a extração, de acordo com a metodologia adaptada de (Tumbas Šaponjac *et al.*, 2016). As amostras foram homogeneizadas e centrifugadas conforme descrito previamente. O sobrenadante foi coletado e filtrado por meio de membrana de 0,45 μm. As amostras foram analisadas no tempo inicial (tempo zero) e em intervalos semanais ao longo de 30 dias de armazenamento sob refrigeração.

O teor de compostos fenólicos totais foi avaliado pela metodologia de Folin-Ciocalteu (Singleton; Orthofer; Lamuela-Raventós, 1999), e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico/g. Os teores de antocianinas foram avaliados pelo método do pH diferencial, utilizando solução de etanol acidificado. A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 535 nm e os resultados foram expressos em mg/g. A atividade antioxidante foi determinada pela capacidade de varredura do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (Yamaguchi *et al.*, 1998).

A absorbância das amostras foi medida em espectrofotômetro a 517 nm, e os resultados foram expressos como percentual de varredura do radical livre e comparados à vitamina C, um antioxidante reconhecido. Os resultados foram expressos como porcentagem (%). O pH foi determinado com um pHmetro devidamente calibrado, e o teor de SST foi determinado por refratometria, utilizando refratômetro de bancada, e os resultados foram expressos em escala Brix (°Brix). Cada um destes parâmetros também foi avaliado individualmente nos extratos (E1, E2 e E3) antes da incorporação às formulações, permitindo avaliar a influência da composição intrínseca de cada extrato sobre as propriedades antioxidantes e o perfil fenólico das gomas obtidas.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

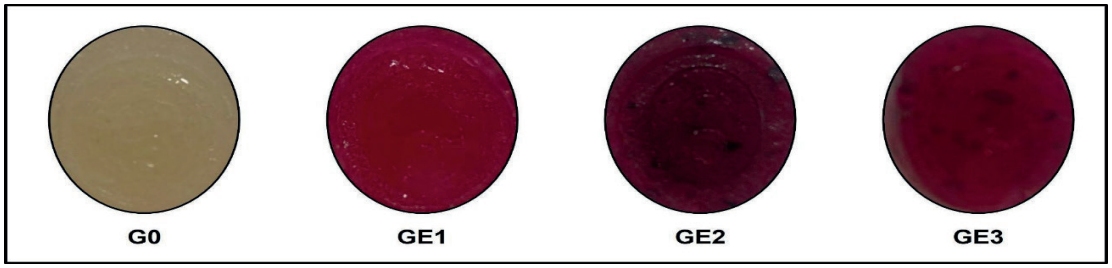
Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos como média e desvio padrão. Os dados foram analisados quanto à distribuição, e as comparações foram realizadas por meio de Análise de Variância (ANOVA), seguida de pós-teste de Tukey para comparação entre três ou mais grupos. O teste *t* de Student foi utilizado para comparar dois grupos. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software SPSS, versão 22.0 (SPSS, Chicago, IL), com nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DESENVOLVIMENTO DAS FORMULAÇÕES

Este trabalho avaliou o uso de extratos de polpa de pitaya, obtidos sob diferentes condições de preparo, como corantes naturais, no desenvolvimento de gomas funcionais. A aparência final das amostras produzidas com os distintos extratos é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Formulação padrão (G0), contendo extrato filtrado (GE1), extrato bruto não filtrado (GE2) e extrato liofilizado (GE3).



Fonte: Construção do Autor.

ANÁLISE DE COR

Os parâmetros de cor, no tempo zero e após 30 dias de armazenamento em geladeira, medidos no sistema CIELAB, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de cor das gomas avaliadas no tempo zero e após 30 dias.

	Dia 0			Dia 30		
	L*	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
G0	37,12 ± 2,31^{a}	-1,07 ± 0,08^{a}	0,30 ± 0,04^{a}	33,50 ± 1,67$^{a\#}$	-1,01 ± 0,06^{a}	1,73 ± 0,16$^{a\#}$
GE1	24,73 ± 1,16^{b}	15,48 ± 1,00^{b}	-1,93 ± 0,11^{b}	25,71 ± 0,43^{b}	10,54 ± 0,87$^{b\#}$	-3,04 ± 0,08$^{b\#}$
GE2	21,86 ± 0,96^{b}	8,35 ± 0,19^{c}	-0,89 ± 0,09^{c}	26,14 ± 0,42$^{b\#}$	7,11 ± 0,23^{c}	-1,25 ± 0,11$^{c\#}$
GE3	21,39 ± 0,31^{b}	16,63 ± 0,69^{b}	0,97 ± 0,05^{d}	24,61 ± 0,27^{b}	11,25 ± 1,08$^{b\#}$	2,47 ± 0,18$^{d\#}$

Legenda: goma formulação padrão (G0); goma contendo extrato filtrado (GE1); goma contendo extrato bruto não filtrado (GE2) e goma contendo extrato liofilizado (GE3). Dados expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as amostras pela Análise de Variância ANOVA e pós-teste de Tukey e # indicam diferença entre os respectivos tempos pelo teste *T* para amostras independentes ($p<0.05$).
Fonte: Construção do Autor.

Na avaliação inicial, a amostra G0 destacou-se como a mais clara, com L* de 37,12, enquanto as amostras com extrato (GE3, GE2 e GE1) foram significativamente mais escuras, com L* entre 21,39 e 24,73. Após 30 dias de armazenamento, a amostra GE2 foi a única contendo extrato que exibiu um aumento significativo nos valores de L*, indicando que perdeu coloração, sugerindo maior instabilidade neste parâmetro. Em relação ao parâmetro a* (vermelho/verde), os dados mostram que, no Dia 0, as amostras com extrato (GE3, GE1 e GE2) apresentavam coloração vermelha mais intensa (valores de a* entre 16,63 e 8,35) em comparação à formulação padrão (a* = -1,07). Após 30 dias, as amostras GE1 e GE3 registraram redução no valor de a*, sugerindo perda de intensidade da cor vermelha. Finalmente, o parâmetro b* (amarelo/azul) no Dia 0 foi próximo de zero para a maioria, exceto para o GE1 e o GE2, que apresentaram valores negativos (-1,93 e -0,89, respectivamente), indicando uma leve tonalidade azul. Após 30 dias, G0 e GE3 apresentaram os maiores aumentos na magnitude da coordenada b* (1,47 e 1,5 vezes, respectivamente), sugerindo uma alteração cromática em direção ao amarelo.

AVALIAÇÃO DA TEXTURA

As gomas apresentam comportamento viscoelástico, o que justifica a mensuração de múltiplos parâmetros, como dureza, coesividade, gomosidade, elasticidade e resiliência. Estas características foram analisadas em um texturômetro e apresentadas na Tabela 3. A avaliação inicial do perfil de textura revelou uma ampla variação na dureza entre as amostras. GE2 apresentou a menor dureza do estudo, com um valor de 7,54 N.

Em contraste, G0 foi a amostra mais dura (13,24 N), seguida por GE1 (12,22 N) e GE3 (11,40 N). É importante notar que as durezas de G0, GE1 e GE3 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

Tabela 3 - Análise inicial do perfil de textura (tempo zero).

	Dia 0					
	Dureza (N)	**Coesividade (N/s)**	**Gomosidade (N)**	**Elasticidade (N/mm²)**	**Resiliência (N/s)**	**Mastigabilidade (N)**
G0	13,24 ± 1,17[a]	0,44 ± 0,02[a]	6,19 ± 0,35[a]	1,05 ± 0,01[a]	0,21 ± 0,01[a]	6,50 ± 0,37[a]
GE1	12,22 ± 1,16[a]	0,32 ± 0,02[b]	4,05 ± 0,09[b]	1,03 ± 0,01[ab]	0,46 ± 0,03[b]	4,18 ± 0,12[b]
GE2	7,54 ± 0,46[b]	0,38 ± 0,05[ab]	3,52 ± 0,16[c]	1,07 ± 0,03[a]	0,24 ± 0,03[ac]	3,49 ± 0,04[c]
GE3	11,40 ± 0,21[a]	0,49 ± 0,02[a]	5,53 ± 0,06[d]	1,07 ± 0,01[a]	0,16 ± 0,01[a]	5,92 ± 0,13[d]

Legenda: goma formulação padrão (G0); goma contendo extrato filtrado (GE1); goma contendo extrato bruto não filtrado (GE2) e goma contendo extrato liofilizado (GE3). Dados expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as amostras pela Análise de Variância ANOVA e pós-teste de Tukey ($p<0.05$).
Fonte: Construção do Autor.

A dureza representa a força máxima de compressão, refletindo firmeza inicial. Já a coesividade reflete a capacidade de manter a estrutura interna após deformações sucessivas, sendo um indicador de integridade estrutural. A gomosidade, por sua vez, representa a energia necessária para desintegrar o alimento semissólido até o ponto de deglutição, enquanto a elasticidade avalia o retorno à forma original após deformação, característica crítica em gomas mastigáveis para garantir a textura esperada. A resiliência mensura a recuperação imediata após a compressão, contribuindo para a avaliação da resposta elástica do gel, enquanto a mastigabilidade desempenha um papel similar, porém para alimentos sólidos (Tan *et al.*, 2015).

A coesividade indica que GE3 e G0 possuem a estrutura interna mais resistente (0,49 e 0,44 N/s, respectivamente), enquanto GE1 é o menos coeso (0,32 N/s), sugerindo maior facilidade de desintegração interna sob compressão. A gomosidade variou significativamente entre as amostras. G0 apresentou a maior gomosidade (6,19 N), indicando ser a mais resistente à desintegração, enquanto a GE2 registrou a menor (3,52 N). As amostras GE1 (4,05 N) e GE3 (5,53 N) formaram grupos estatisticamente distintos, com valores intermediários. No parâmetro de elasticidade, este foi altamente consistente, variando entre 1,03 e 1,07 N/mm². A amostra GE1 apresentou o menor valor, enquanto G0, GE2 e GE3 foram estatisticamente similares. A resiliência foi significativamente maior no GE1 (0,46 N/s), destacando-se como o mais capaz de recuperar sua forma original. Em contraste, os grupos G0, GE2 e GE3 apresentaram resiliência estatisticamente semelhante (entre 0,16 e 0,24 N/s), indicando menor capacidade de recuperação imediata. Por fim, a mastigabilidade apresentou diferenças estatisticamente significativas. O grupo G0 exigiu a maior energia de mastigação (6,50 N), sendo o mais resistente, enquanto o GE2 foi o mais fácil de mastigar (3,49 N). As amostras GE3 (5,92 N) e GE1 (4,18 N) definiram grupos intermediários de resistência à mastigação.

Para avaliar se os parâmetros de textura se alteraram ao longo do tempo, estes foram reavaliados após 30 dias do preparo e armazenados em geladeira (Tabela 4). A análise revelou mudanças estatisticamente significativas: o grupo G0 ficou mais macio e mais elástico (coesividade e elasticidade aumentaram), ao passo que o grupo GE1 aumentou sua coesividade, perdendo resiliência. Em contraste, GE2 e GE3 endureceram significativamente, mas ambos apresentaram grande aumento de resiliência, e GE3 também perdeu coesividade e se tornou mais fácil de mastigar.

Tabela 4 - Análise do perfil de textura mostrando as diferenças em relação à análise inicial.

	Dia 30					
	Dureza (N)	**Coesividade (N/s)**	**Gomosidade (N)**	**Elasticidade (N/mm²)**	**Resiliência (N/s)**	**Mastigabilidade (N)**
G0	- 4,431#	+0,238#	-0,952	+0,061#	-0,032	-0,788
GE1	-1,422	+0,169#	+0,002	+0,021	-0,106#	+0,178
GE2	+2,303#	+0,058	-0,812	-0,028	+0,406#	-0,382
GE3	+6,504#	-0,169#	-0,737	-0,025	+0,456#	-0,963#

Legenda: goma formulação padrão (G0); goma contendo extrato filtrado (GE1); goma contendo extrato bruto não filtrado (GE2) e goma contendo extrato liofilizado (GE3). Dados expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as amostras pela Análise de Variância ANOVA e pós-teste de Tukey e # indicam diferença entre os respectivos tempos pelo teste *T* para amostras independentes ($p<0.05$). Os valores apresentados indicam a variação do parâmetro de textura em relação ao Dia 0 ("+" = aumento; "-" = redução).
Fonte: Construção do Autor.

Nossos achados corroboram os dados de Trentin *et al.* (2024), que também identificaram influência da matriz fenólica na cor das gomas, com maior estabilidade cromática nos extratos liofilizados. Enquanto em nosso estudo houve redução da intensidade vermelha nas amostras GE1 e GE3, o trabalho com bagaço de uva de Trentin preservou melhor a cor púrpura devido ao uso de misturas eutéticas (colina + ácido cítrico), que protegem as antocianinas, o que indica que os extratos aquosos são menos eficazes na manutenção da cor. Quanto à textura, ambos os estudos indicam que a incorporação de extratos altera as propriedades mecânicas das gomas; contudo, enquanto Trentin *et al.* (2024) relataram aumento da firmeza com extratos eutéticos, no presente trabalho observaram-se variações, destacando-se o extrato bruto não filtrado (GE2), que resultou em gomas mais macias.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A Tabela 5 apresenta a composição centesimal (g/100 g) e o valor energético (VE) (kcal/100 g) de formulações de gomas na ausência (G0) e na presença de extratos de pitaya (GE1, GE2 e GE3). A umidade variou, com maiores teores na amostra GE1 e menores na GE2. Houve aumento no teor de cinzas na amostra GE2, em comparação com as demais. O maior teor de carboidratos foi observado na amostra GE2, que, consequentemente, apresentou o VE mais elevado. Nenhuma amostra apresentou quantidades significativas de lipídios totais.

Tabela 5 - Composição nutricional das gomas contendo diferentes extratos de pitaya (g/100 g).

	G0	GE1	GE2	GE3
Umidade	70,06 ± 1,34 [a]	77,24 ± 1,07 [b]	68,25 ± 1,07 [a]	70,32 ± 0,96 [a]
Cinzas	0,22 ± 0,03 [a]	0,23 ± 0,01 [a]	0,72 ± 0,03 [b]	0,23 ± 0,01 [a]
Fibras	4,59 ± 0,84 [a]	4,62 ± 0,54 [a]	6,61 ± 0,55 [a]	4,95 ± 0,35 [b]
Proteínas	10,93 ± 0,11 [a]	8,88 ± 0,16[b]	12,79 ± 0,30 [a]	12,38 ± 0,88[a]
Lipídeos	< L.Q.	< L.Q	< L.Q	< L.Q
Carboidratos	10,68 ± 0,46 [a]	10,42 ± 2,01 [b]	14,39 ± 1,95 [c]	11,84 ± 2,59[c]
VE*	95,58 ± 2,26 [ab]	86,46 ± 7,38 [a]	121,92 ± 6,65 [b]	106,75 ± 6,86[ab]

*Valor energético expresso em kcal/100 g. Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as amostras pela Análise de Variância ANOVA e pelo pós-teste de Tukey ($p<0.05$).
LQ para gordura total ou extrato etéreo (0,142).
Fonte: Construção do Autor.

A composição centesimal das formulações desenvolvidas neste estudo apresenta um perfil semelhante ao descrito em outras pesquisas recentes com produtos funcionais à base de extratos vegetais. O teor de carboidratos observado na amostra GE2, acompanhado do maior valor energético, está em conformidade com o relatado por Ghodsi e Nouri (2024), que desenvolveram gomas veganas de baixo teor calórico, elaboradas com purê de aipo e goma de *Boswellia*, nas quais o teor de açúcares variou em torno de 13,5%. Assim como observado neste estudo, as gomas apresentaram baixos teores de lipídios totais, reforçando a ideia de que formulações com predominância de compostos hidrofílicos, como polissacarídeos e açúcares simples, tendem a apresentar perfil energético moderado e teor lipídico insignificante. Da mesma forma, Stępień *et al.* (2023), ao desenvolverem gomas veganas à base de um polissacarídeo derivado de algas, relataram baixo teor de gordura e valores de fibra entre 5,5 e 8,7 g/100 g, resultados compatíveis com os da amostra analisada neste trabalho, especialmente a GE2.

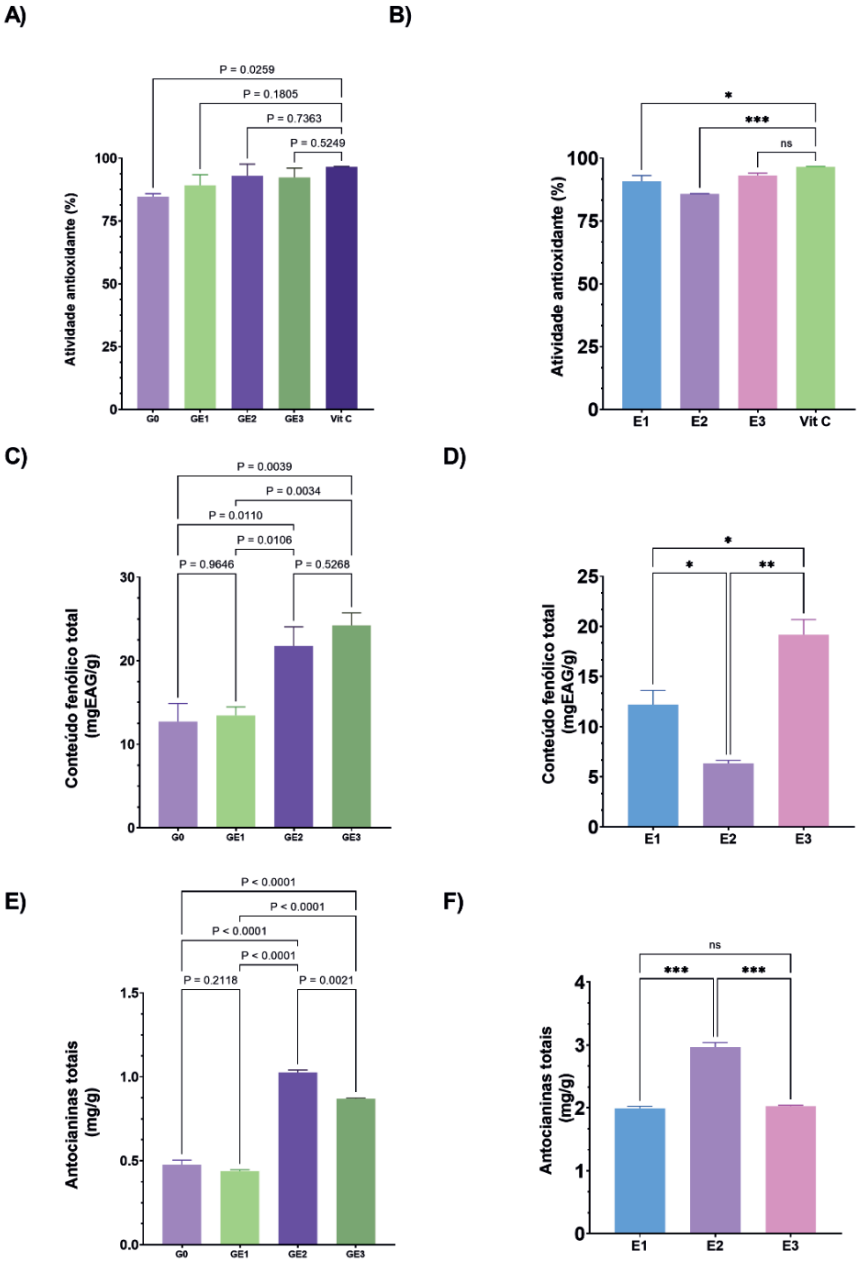
Esses achados demonstram que a incorporação de extratos de pitaya contribui positivamente para o enriquecimento nutricional das gomas, mantendo-as em conformidade com as tendências atuais no desenvolvimento de alimentos funcionais e veganos. Observa-se, ainda, que a formulação GE2 apresentou valores superiores de cinzas e de carboidratos. Esse comportamento pode ser explicado pela presença dos sólidos totais do extrato bruto não filtrado, constituintes naturalmente presentes na polpa. Assim, a ausência do processo de filtração favorece uma composição mais complexa e densa, o que contribui para os valores elevados observados em GE2.

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (ENSAIO DPPH)

A Figura 2 apresenta os resultados da atividade antioxidante de gomas contendo extrato de pitaya (G1-G3), dos respectivos extratos (E1-E3) e da vitamina C (Vit C), padrão antioxidante. De maneira geral, todas as amostras apresentaram atividade antioxidante superior a 75%. Não foram verificadas diferenças significativas entre as amostras contendo pitaya (G1, G2 e G3) e a Vit C, utilizada como controle positivo. No entanto, a amostra sem adição (G0) apresentou desempenho inferior

em relação à Vit C, com redução de aproximadamente 12% na atividade antioxidante (Figura 2A). Esse resultado era esperado, uma vez que G0 não contém compostos fenólicos ou antocianinas provenientes da pitaya, considerados importantes contribuintes para a atividade antioxidante observada nas demais formulações. Entretanto, é importante destacar que outros componentes presentes na matriz da goma podem influenciar a atividade antioxidante residual detectada na formulação controle.

Figura 2 - Atividade antioxidante (A-B), conteúdo fenólico total (C-D) e de antocianinas (E-F) de gomas contendo extrato de pitaya e dos respectivos extratos.



Legenda: E1 (extrato líquido filtrado a vácuo); E2 (extrato bruto, não filtrado); E3 (extrato liofilizado); G0 (goma sem adição de pitaya); GE1 (goma contendo E1); GE2 (goma contendo E2) e GE3 (goma contendo E3). Diferença estatisticamente significativa pela Análise de Variância (ANOVA) e pelo pós-teste de Tukey. Significância estatística: *(p<0.05); **(p<0.01); ***(p<0.001).
Fonte: Construção do Autor.

Os extratos adicionados também foram avaliados quanto à capacidade antioxidante (Figura 2B). Verificou-se que o extrato liofilizado (E3) apresentou desempenho semelhante ao da Vit C, sem diferenças estatisticamente significativas, diferindo, entretanto, do extrato filtrado (E1) e do extrato não filtrado (E2), que apresentaram atividade antioxidante inferior à do controle positivo. Esse resultado pode ser explicado pela maior concentração de compostos bioativos no liofilizado, pois o processo de remoção completa da água concentra dos fenólicos e as antocianinas, aumentando a eficiência antioxidante. Por outro lado, E1 e E2 apresentaram menor atividade antioxidante possivelmente devido à menor concentração de bioativos por volume, já que permanecem na forma aquosa e, portanto, mais diluídos. Assim, a diferença no desempenho antioxidante está diretamente relacionada ao grau de concentração dos compostos presentes em cada tipo de extrato. Os achados desta análise reforçam a importância da incorporação de extratos botânicos para otimizar a atividade antioxidante em produtos alimentícios funcionais.

CONTEÚDO FENÓLICO TOTAL (CFT) E ANTOCIANÍNICO

Referente ao CFT, observou-se uma ampla variação entre as amostras analisadas, com o maior teor obtido na amostra G3 (Figura 3A). G1 apresentou comportamento semelhante ao da amostra controle (G0), ambas com CFT inferiores a 20 mg EAG/g, enquanto G2 e G3 apresentaram valores próximos de 22,5 mg EAG/g, sem diferença estatisticamente significativa entre si (Figura 2C). Isso indica que a adição do extrato filtrado (E1) não promoveu aumento significativo no conteúdo fenólico em relação à formulação sem adição. Os extratos adicionados às gomas também foram avaliados quanto ao CFT (Figura 2D). Verificou-se que o extrato liofilizado (E3) apresentou o maior CFT, seguido pelo extrato filtrado (E1) e, por fim, pelo extrato não filtrado (E2). As diferenças observadas no teor total de fenólicos e na atividade antioxidante entre as formulações podem estar associadas aos perfis e às concentrações distintos de fenólicos naturalmente presentes em cada extrato. É importante ressaltar que os extratos não foram padronizados intencionalmente antes da incorporação, pois o objetivo era avaliar o comportamento e a contribuição de cada extrato tal como obtido, fornecendo uma avaliação comparativa de seu potencial de aplicação em matrizes de goma.

Os valores obtidos no ensaio de Folin Ciocalteu mostram-se compatíveis com os descritos na literatura, como o reportado por Rodríguez-Félix; Fortiz-Hernández; Tortoledo-Ortiz (2019) (11,31 mg EAG/g) e superiores aos do estudo de (Lodi *et al*., 2023b) que reportaram valores inferiores de 1,79 mg EAG/g para extrato aquoso de polpa de *Hylocereus polyrhizus*. Assim, considerando as diferentes espécies de Cactaceae e as diferenças metodológicas, o CFT do extrato liofilizado obtido neste estudo mostra-se consistente e comparável aos observados em extratos secos de pitaya, indicando boa eficiência de extração e preservação dos compostos fenólicos.

Com relação ao teor antocianínico (Figura 2 E-F), os dados demonstram uma variação significativa entre as amostras. A amostra GE2 apresentou os maiores teores de antocianinas entre todas as gomas avaliadas, enquanto GE1 apresentou os menores. Quanto aos extratos, E2 apresentou a maior média (2,967 mg/g), destacando-se significativamente dos demais grupos. Por outro lado, os grupos E1 e E3 apresentaram teores de cerca de 2 mg/g, sem diferença estatisticamente significativa entre si. Embora o extrato bruto não filtrado (E2), bem como a goma produzida com ele (GE2), tenham apresentado os maiores índices de antocianinas, isto não foi observado no ensaio que mede fenólicos totais. Este achado pode ser explicado pela menor reatividade exibida pelas antocianinas presentes nas amostras em relação ao reagente de Folin-Ciocalteu, quando comparadas aos compostos fenólicos de baixo peso molecular (Singleton; Orthofer; Lamuela-Raventós, 1999). Assim, mesmo em amostras com elevado teor de antocianinas, pode ocorrer subestimação do teor de fenólicos totais, uma vez que essas moléculas apresentam menor eficiência de redução do reagente, resultando em menor resposta espectrofotométrica.

AVALIAÇÃO DO pH E SST

O pH das amostras variou de 3,23 a 5,17 (Figura 3 A-B), indicando um meio ácido, o que, em gomas, é esperado e útil para inibir o crescimento microbiológico e otimizar a gelificação e textura do produto (Ganea *et al.*, 2025). Esse resultado pode ser, em parte, explicado pela acidez dos próprios extratos de polpa de pitaya adicionados (E1, E2, E3), que apresentaram pH entre 3,39 e 3,92, o que confirma a hipótese. Estudos anteriores já demonstraram que a fruta é considerada de baixa acidez a levemente ácida, devido à presença de ácidos orgânicos, como cítrico e málico (Lodi *et al.*, 2023b; Oliveira *et al.*, 2021). Na comparação com a formulação padrão (G0), sem adição de extratos de polpa de pitaya, o pH das amostras aumentou de 3,23 para 3,97, confirmando a hipótese de que os extratos contribuem para o aumento da acidez nas gomas adicionadas.

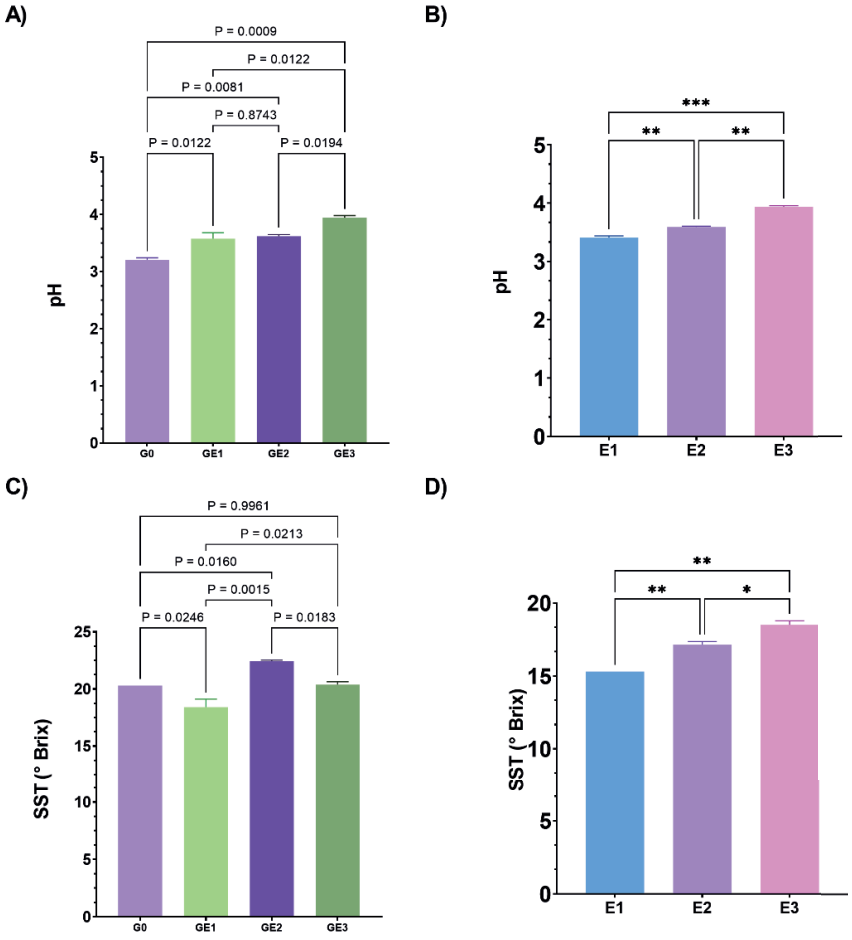
Para compreender a interação entre a acidez e o teor de açúcar, também foi determinado o teor de SST das formulações, como apresentado na Figura 3 (C-D). Observou-se que a adição de extrato de polpa de pitaya não filtrado em gomas (GE2) aumentou o teor de SST em comparação à goma sem adição (G0). Este resultado pode ser explicado pela transferência de sólidos do extrato para a goma, refletido nos maiores valores de °Brix. Quanto aos extratos, observaram-se diferenças estatisticamente significativas neste parâmetro, com destaque para o extrato liofilizado (E3).

O aumento do SST nas amostras de goma contendo extratos está relacionado à composição química da pitaya e à natureza dos extratos. A pitaya é rica em açúcares simples (glicose, frutose e sacarose), polióis, compostos fenólicos e betalaínas, todos solúveis em solventes hidrofílicos, o que contribui para um aumento direto na concentração de sólidos dissolvidos na matriz da goma. As betalaínas e polifenóis presentes nos extratos de pitaya também podem interagir com açúcares e polímeros da goma

(como gelatina e pectina), formando uma rede mais densa e rica em compostos solúveis, como previamente descrito por (Maier *et al.*, 2009).

A maior concentração de SST no extrato liofilizado (E3) em comparação aos extratos não liofilizados deve-se principalmente à remoção quase completa da água livre durante o processo de liofilização. Tal processo preserva os compostos sólidos, como açúcares e polifenóis, concentrando-os. Além disso, a liofilização é um processo realizado a baixas temperaturas e pressões reduzidas, o que minimiza a perda de compostos e aumenta a densidade dos sólidos dissolvidos no pó reconstituído. Em contraste, extratos líquidos não liofilizados contêm maior proporção de água, o que os dilui e reduz o grau Brix medido.

Figura 3 - Avaliação do pH (A-B) e dos sólidos solúveis totais (C-D) em gomas contendo extrato de pitaya e respectivos extratos.



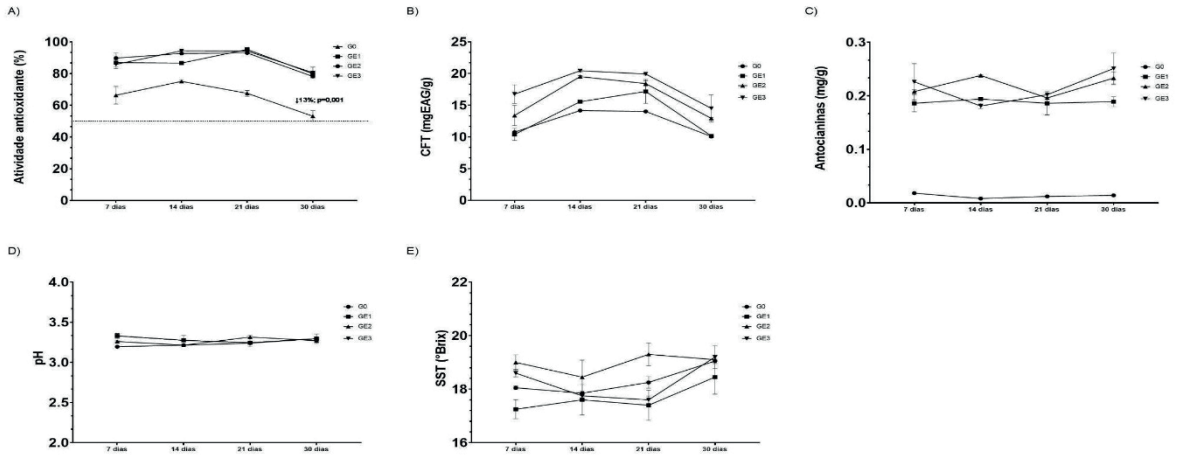
Legenda: E1 (extrato líquido filtrado a vácuo); E2 (extrato bruto, não filtrado); E3 (extrato liofilizado); G0 (goma sem adição de pitaya); GE1 (goma contendo E1); GE2 (goma contendo E2) e GE3 (goma contendo E3). Diferença estatisticamente significativa pela Análise de Variância (ANOVA) e pelo pós-teste de Tukey. Significância estatística: *($p<0.05$); **($p<0.01$); ***($p<0.001$).
Fonte: Construção do Autor.

ESTUDO DE ESTABILIDADE QUÍMICA

Com base no estudo de estabilidade, observou-se que apenas a atividade antioxidante apresentou alteração significativa ao longo do período de armazenamento. Especificamente, na amostra sem adição de extrato (G0), houve redução estatisticamente significativa entre 7 e 30 dias. Esse comportamento é esperado, uma vez que produtos alimentícios ou suplementos sem adição de extratos tendem a apresentar um declínio natural na capacidade antioxidante devido à degradação de moléculas endógenas facilmente oxidáveis, especialmente na presença de oxigênio, luz ou variações de temperatura (Neri *et al.*, 2020). Por outro lado, as formulações contendo extrato de pitaya permaneceram estáveis ao longo do tempo, evidenciando que a presença de compostos fenólicos desempenha papel protetor, retardando ou impedindo a perda da atividade antioxidante durante o armazenamento.

De fato, o conteúdo de compostos fenólicos totais (CTF) e de antocianinas não se alterou significativamente ao longo do período avaliado. O mesmo comportamento foi observado para os parâmetros de pH e de sólidos solúveis totais (SST). A constância dos valores de pH e SST sugere que não ocorreu hidrólise nem outro processo químico relevante na matriz. Já a estabilidade de antocianinas e de CTF demonstra que os compostos bioativos permaneceram protegidos na formulação, o que pode estar relacionado à matriz de gelificação das gomas, que atua como barreira contra a oxidação, a luz e a umidade (Lucas-González *et al.*, 2025; Trentin *et al.*, 2024). Em conjunto, os resultados indicam que a incorporação dos extratos melhora a estabilidade físico-química, prevenindo a queda na atividade antioxidante observada na formulação sem extrato.

Figura 4 - Estabilidade físico-química de gomas formuladas com ou sem extratos de pitaya ao longo de 30 dias de armazenamento.



Legenda: CFT: conteúdo fenólico total; GE1 (goma contendo E1); GE2 (goma contendo E2) e GE3 (goma contendo E3). Diferença estatisticamente significativa pela Análise de Variância (ANOVA) e pelo pós-teste de Tukey. * indica significância estatística para $p<0.05$).
Fonte: Construção do Autor.

CONCLUSÃO

Nossos dados demonstram que a incorporação de extratos da polpa de *Hylocereus polyrhizus* em gomas é uma opção viável para produzir formulações com estabilidade físico-química, cor intensa e manutenção dos compostos bioativos. Entre os extratos adicionados, o liofilizado apresentou o melhor desempenho, preservando compostos fenólicos ao longo de 30 dias, sem comprometer os demais parâmetros. As gomas enriquecidas apresentaram coloração mais vibrante e mantiveram propriedades texturais adequadas, evidenciando que a matriz gelificada integrou bem os extratos. Na atividade antioxidante, a goma sem adição apresentou queda significativa, enquanto as formulações com pitaya permaneceram estáveis, indicando maior proteção e maior *shelf life*. Assim, conclui-se que as formulações produzidas constituem uma matriz promissora para a entrega de antocianinas em aplicações farmacêuticas e nutracêuticas. Como limitação, este estudo não contemplou a avaliação sensorial das formulações, sendo necessários estudos futuros para determinar a aceitabilidade do consumidor e a influência das características sensoriais na aplicação das gomas como produtos funcionais.

REFERÊNCIAS

ABREU, Giovanna de Menezes *et al.* Antioxidant characterization of fruits of the Family Cactaceae: Hylocereus undatus, Selenicereus megalanthus, and Hylocereus polyrhizus. **Food Science and Technology**, v. 44, p. 1-6, 2024.

BRASIL. **Brazilian Food Composition Table 4th ed.** Disponível em: http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela. Acesso em: 10 nov. 2018.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020**. *[S.l.: S.n.]*. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa//2020/IN 75_2020_.pdf.

CHUMROENVIDHAYAKUL, Siriwan *et al.* Dragon Fruit Peel Waste (Hylocereus undatus) as a Potential Ingredient for Reducing Lipid Peroxidation, Dietary Advanced Glycation End Products, and Starch Digestibility in Cookies. **Antioxidants**, v. 12, n. 5, 2023.

COELHO, Vinicius Serafim *et al.* The Profile of Phenolic Compounds Identified in Pitaya Fruits, Health Effects, and Food Applications: An Integrative Review. **Plants**, v. 13, n. 21, p. 1-29, 2024.

DENG, Liangting *et al.* Dragon fruit peel pigment extraction residue based intelligent and biodegradable film for indicating milk freshness. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 108, n. August 2025, p. 104418, 2026.

FLORES-VERASTEGUI, Mildred Inna Marcela *et al.* Effects of Frozen Red Dragon Fruit Consumption on Metabolic Markers in Healthy Subjects and Individuals at Risk of Type 2 Diabetes. **Nutrients**, v. 17, n. 3, p. 1-16, 2025.

GANEA, Mariana *et al.* Development and Evaluation of Gelatin-Based Gummy Jellies Enriched with Oregano Oil: Impact on Functional Properties and Controlled Release. **Foods**, v. 14, n. 3, 2025.

GHODSI, Saba; NOURI, Marjan. Vegan gummy candies with low calorie based on celery (Apium graveolens) puree and boswellia gum (Boswellia thurifera). **Food Science and Nutrition**, v. 12, n. 8, p. 5785-5798, 2024.

HUA, Qingzhu *et al.* Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 126, p. 117-125, 2018.

LIM, Teck Wei *et al.* Red dragon fruit (Hylocereus polyrhizus), a superfruit rich in betacyanins pigments with antioxidative potential for hepatoprotection: A review. **Future Foods**, v. 11, n. February, 2025.

LIN, Xing'E *et al.* Comparative Metabolic Profiling in Pulp and Peel of Green and Red Pitayas (Hylocereus polyrhizus and Hylocereus undatus) Reveals Potential Valorization in the Pharmaceutical and Food Industries. **BioMed Research International**, v. 2021, 2021.

LODI, Karina Z. *et al.* Pitaya (Hylocereus lemairei) extracts avoid mitochondrial dysfunction and NF-kβ/NLRP-3-mediated inflammation in endothelial cells under high glucose and are in vivo safe. **PharmaNutrition**, v. 26, n. August, p. 100356, 2023a.

LODI, Karina Zanella *et al.* Pre-clinical evidence for the therapeutic effect of Pitaya (Hylocereus lemairei) on diabetic intestinal microenvironment. **Natural Product Research**, v. 37, n. 10, p. 1735-1741, 2023b.

LUCAS-GONZÁLEZ, Raquel *et al.* Fortified Gummy Candies Containing Orange Peel Extract: Polyphenol Profile, Bioaccessibility and Antioxidant Potential During In Vitro Gastrointestinal Digestion. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 15, n. 21, 2025.

MAIER, Thorsten *et al.* Process and storage stability of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics in pectin and gelatin gels enriched with grape pomace extracts. **European Food Research and Technology**, v. 229, n. 6, p. 949-960, 2009.

NERI, Lilia *et al.* Antioxidant activity in frozen plant foods: Effect of cryoprotectants, freezing process and frozen storage. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1-35, 2020.

OLIVEIRA, Bruna Andressa dos Santos *et al.* Caracterização físico- química de polpa e casca de pitaya ' Golden ' Physicochemical characterization of ' Golden ' pitaya pulp and bark Caracterización fisicoquímica de la pulpa y corteza de pitaya ' Golden '. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. 1-8, 2021.

RODRÍGUEZ-FÉLIX, Armida; FORTIZ-HERNÁNDEZ, Judith; TORTOLEDO-ORTIZ, Orlando. Physico-chemical characteristics, and bioactive compounds of red fruits of sweet pitaya (Stenocereus thurberi). **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 21, p. 87-100, 2019.

ROUDBARI, Mozhgan *et al.* Formulation of functional gummy candies containing natural antioxidants and stevia. **Heliyon**, v. 10, n. 11, p. e31581, 2024.

SADOWSKA-BARTOSZ, Izabela; BARTOSZ, Grzegorz. Antioxidant Activity of Anthocyanins and Anthocyanidins: A Critical Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 22, 2024.

SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

STĘPIEŃ, Anna *et al.* Sugar-Free, Vegan, Furcellaran Gummy Jellies with Plant-Based Triple-Layer Films. **Materials**, v. 16, n. 19, p. 6443, 2023.

TAN, Thuan Chew *et al.* Comparative assessment of textural properties and microstructure of composite gels prepared from gelatine or gellan with maize starch and/or egg white. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 3, p. 592-604, 2015.

TEIXEIRA, Jéssica *et al.* DEVELOPMENT, CHARACTERIZATION, AND STABILITY OF LIPOSOMES CONTAINING RED PITAYA (Hylocereus lemairei) PEEL AQUEOUS EXTRACT. **Disciplinarum Scienta. Série: Naturais e Tecnológicas**, v. 27, n. 1, p. 23-35, 2026.

TRENTIN, Julia *et al.* Antioxidant Ready-to-Use Grape Pomace Extracts Recovered with Natural Eutectic Mixtures for Formulation of Color-Rich Gummies. **Foods**, v. 13, n. 17, 2024.

TUMBAS ŠAPONJAC, Vesna *et al.* Sour cherry pomace extract encapsulated in whey and soy proteins: Incorporation in cookies. **Food Chemistry**, v. 207, p. 27-33, 2016.

VELLANO, Patrícia *et al.* Extraction and stability of pigments obtained from pitaya bark flour (Hylocereus costaricensis). **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, p. 1-8, 2022.

XIE, Fangfang *et al.* Betalain biosynthesis in red pulp pitaya is regulated via HuMYB132: a R-R type MYB transcription factor. **BMC Plant Biology**, v. 23, n. 1, p. 1-14, 2023.

YAMAGUCHI, Tomoko *et al.* Hplc method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 62, n. 6, p. 1201-1204, 1998.