



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Flamênia Shirley Ribeiro Silva

**Utilização do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) na
Carne Ovina**

MOSSORÓ

2025

Flamênia Shirley Ribeiro Silva

**Utilização do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) na
Carne Ovina**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido.

Orientadora: Karoline Mikaelle de Paiva Soares, Prof^ª Dra.

Co-orientador: Claudio Costa dos Santos, Prof. Dr.

Co-orientadora: Sthenia dos Santos Albano Amora, Prof^ª Dra.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586u Silva, Flamênia Shirley Ribeiro.
Utilização do Extrato Hidroalcoólico da Casca de
Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) na Carne Ovina /
Flamênia Shirley Ribeiro Silva. - 2025.
60 f. : il.

Orientadora: Karoline Mikaelle de Paiva
Soares.
Coorientador: Claudio Costa dos Santos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2025.

1. compostos bioativos. 2. derivado cárneo. 3.
fruta dragão. 4. resíduo agroindustrial. I.
Soares, Karoline Mikaelle de Paiva , orient. II.
Santos, Claudio Costa dos, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Flamênia Shirley Ribeiro Silva

**Utilização do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) na
Carne Ovina**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido.

Defendida em: 28/ 08/ 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **KAROLINE MIKAELLE DE PAIVA SOARES**
Data: 24/11/2025 14:59:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Karoline Mikaelle de Paiva Soares, Profª Dra. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **ANA CARLA DIOGENES SUASSUNA BEZERRA**
Data: 24/11/2025 14:55:20-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ana Carla Diógenes Suassuna Bezerra, Profª Dra (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ELIKA SUZIANNY DE SOUSA**
Data: 24/11/2025 14:39:05-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Èlika Suzianny de Sousa, Profª Dra (IFRN)
Membro Examinador

UTILIZAÇÃO DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*) NA CARNE OVINA

A casca da pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*), rica em compostos bioativos como fenólicos, flavonoides e betalaínas, apresenta potencial para reaproveitamento na indústria alimentícia devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Este estudo teve como objetivo caracterizar o extrato hidroalcoólico da casca de pitaya e avaliar sua aplicação como conservante natural em carne ovina. Para a caracterização, as cascas foram submetidas à extração hidroalcoólica com etanol e água (40:60 v/v), na proporção de 1:10. O rendimento do processo foi calculado e o extrato foi analisado quanto à concentração de compostos fenólicos, teor de flavonoides, atividade antioxidante e atividade antimicrobiana *in vitro* contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *S. aureus*, bactérias contaminantes de alimentos. Para aplicação no produto cárneo, pernil ovino foi dividido em quatro tratamentos: um controle (C) e três grupos imersos na solução de extrato por 15 (E15), 30 (E30) e 60 minutos (E60). As amostras foram armazenadas em refrigeração a aproximadamente (4 °C) e analisadas nos dias 0, 3 e 6 de armazenamento, quanto a parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A extração com 177 g de casca seca de pitaya resultou em 831 mL de extrato hidroalcoólico (HPCH), apresentando teores relevantes de compostos fenólicos e flavonoides, indicando boa capacidade antioxidante. Nos testes *in vitro*, foi possível verificar eficiência na inibição do crescimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *S. aureus* na concentração de 5%, mas não apresentou efeito contra *E. coli*. Na carne ovina, não foram observadas alterações significativas nas características físico-químicas nem efeito antimicrobiano frente a microrganismos aeróbios mesófilos durante o período de armazenamento refrigerado. Esses resultados sugerem que, embora a casca de pitaya seja uma fonte promissora de compostos bioativos, a eficácia de sua utilização em produtos cárneos pode depender de fatores como a concentração do extrato, a metodologia de extração e a interação com a matriz alimentar.

Palavras-chave: compostos bioativos; derivado cárneo; fruta dragão; resíduo agroindustrial.

USE OF HYDROALCOHOLIC EXTRACT FROM PITAYA PEEL (*Hylocereus polyrhizus*) AS A NATURAL PRESERVATIVE IN LAMB MEAT

In this context, the peel of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*), which is rich in bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, and betalains, presents potential for reuse in the food industry due to its antioxidant and antimicrobial properties. This study aimed to characterize the hydroalcoholic extract of dragon fruit peel and evaluate its application as a natural preservative in lamb meat. For characterization, the peels were subjected to hydroalcoholic extraction with ethanol and water (40:60 v/v) at a 1:10 ratio. The extraction yield was calculated, and the extract was analyzed for phenolic compound concentration, flavonoid content, antioxidant activity, and in vitro antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*, food-contaminating bacteria. For application in meat products, lamb leg was divided into four treatments: a control (C) and three groups immersed in the extract solution for 15 (E15), 30 (E30), and 60 minutes (E60). The samples were stored under refrigeration (4°C) and analyzed on days 0, 3, and 6 for physicochemical and microbiological parameters. Extraction with 177 g of dried dragon fruit peel yielded 831 mL of hydroalcoholic extract (HPCH), showing relevant levels of phenolic compounds and flavonoids, indicating good antioxidant capacity. In vitro tests demonstrated effectiveness in inhibiting the growth of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* at a 5% concentration but showed no effect against *E. coli*. However, when applied to lamb meat, no significant changes were observed in physicochemical characteristics or antimicrobial effects during refrigerated storage. These results suggest that although dragon fruit peel is a promising source of bioactive compounds, its effectiveness in meat products may depend on factors such as extract concentration, extraction methodology, and interaction with the food matrix.

Keywords: agro-industrial by-product; bioactive compounds; dragon fruit; meat product.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Referencial Teórico

- Figura 1** – Características visuais da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*).....16
- Figura 2** – Representação estrutural de flavonoides, fenólicos e xantonas encontrados em *Hylocereus polyrhizus*.....17

CAPÍTULO II: Caracterização e Potencial Bioativo do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya

- Figura 1** – Fluxograma do processo de obtenção do extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)..... 28
- Figura 2** – Resíduo sólido obtido da filtração do extrato de casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*).....32
- Figura 3** – Extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*).....36

CAPÍTULO III: Efeitos do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya na Qualidade da Carne Ovina Refrigerada

- Figura 1** – Aplicação do HPCH na carne ovina e separação dos tratamentos..... 46
- Figura 2** – Aferição de pH nas amostras de carne ovina..... 47
- Figura 3** – Medição das cores na carne ovina..... 47
- Figura 4** – Cocção das carnes ovinas para obtenção da PPC.....48
- Figura 5** – Texturômetro.....49
- Figura 6** – Alterações visuais na coloração da carne durante o período de armazenamento (0,3, 6) nos diferentes tratamentos (C, E15, E30, E60).....54

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: Referencial Teórico

Tabela 1	– Aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos de acordo com RDC Nº 272/2019.....	14
-----------------	---	----

CAPÍTULO III: Efeitos do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya na Qualidade da Carne Ovina Refrigerada

Tabela 1	– pH da carne sem tratamento e tratada com extrato hidroalcoólico da casca de pitaya em diferentes tempos de imersão durante o armazenamento refrigerado.....	51
Tabela 2	– Influência do tempo de imersão em extrato hidroalcoólico de casca de pitaya na capacidade de retenção de água de carne durante armazenamento refrigerado.....	51
Tabela 3	– Efeito do tempo de imersão em extrato de casca de pitaya na ppc de carne Ovina.....	52
Tabela 4	– Força de cisalhamento (kgf/cm ³) de carne ovina com diferentes tempos de imersão em extrato de casca de pitaya ao longo do armazenamento refrigerado.....	52
Tabela 5	– Média dos parâmetros de cor de carne com diferentes tempos de imersão em extrato de casca de pitaya ao longo do armazenamento refrigerado.....	53
Tabela 6	– Contagem de mesófilos aeróbios (log ₁₀ UFC/g) em carne ovina com diferentes tempos de imersão em extrato de casca de pitaya nos dias 3 e 6 de refrigeração.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANOVA	Análise de Variância
AA	Atividade Antioxidante
BHI	<i>Brain Heart Infusion</i>
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CFT	Compostos Fenólicos Totais
CE	Centro de Engenharias
CIM	Concentração Inibitória Mínima
CRA	Capacidade de Retenção de Água
C	Controle
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
DTAs	Doenças Transmitidas por Alimentos
EAG	Equivalente de Ácido Gálico
ECP	Extratos da Casca de Pitaya
EQ	Equivalentes de Quercetina
E15	Carne Ovina Imersa no Extrato da Casca de Pitaya 15 minutos
E30	Carne Ovina Imersa no Extrato da Casca de Pitaya 30 minutos
E60	Carne Ovina Imersa no Extrato da Casca de Pitaya 60 minutos
FC	Força de Cisalhamento
FLA	Flavonoides
HPCH	Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya
LABA	Laboratório de Tecnologia de Alimentos
LAMIV	Laboratório de Microbiologia Veterinária
LANIS	Laboratório de Análises Instrumentais e Sensoriais
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PCA	Cultura Ágar Padrão
PPC	Perda de Peso por Cocção
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SRD	Sem Raça Definida
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFC	Unidade Formadora de Colônia

LISTA DE SÍMBOLOS

*	Asterisco
÷	Divisão
°C	Graus Celsius
g	Gramas
g/L	Gramas por litro
h	Horas
a*	Intensidade do vermelho
b*	Intensidade do amarelo
L*	Luminosidade
μL	Microlitro
mL	Mililitro
mg/L	Miligrama por litro
±	Mais ou menos
x	Multiplicação
Nº	Número
ppm	Partes por milhão
%	Porcentagem
p:v	Peso por volume
ΔE	Variação total de cor
ΔL*	Variação total de luminosidade
Δa*	Variação total da intensidade do vermelho
Δb*	Variação total da intensidade do amarelo
v/v	Volume por volume

SUMÁRIO

	CAPÍTULO I: Referencial Teórico	13
1	ASPECTOS GERAIS DE CONSUMO E MERCADO DA CARNE OVINA.....	13
2	ADITIVOS ALIMENTARES	14
3	PITAYA (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	16
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
	REFERÊNCIAS.....	21
	CAPÍTULO II: Caracterização e Potencial Bioativo do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	26
1	INTRODUÇÃO	26
2	METODOLOGIA	28
2.1	Local do Experimento	28
2.2	Obtenção do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya	28
2.2.1	Análise Quantitativa das Perdas e Rendimento no Processo de Extração.....	29
2.3	Caracterização do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya.....	29
2.3.1	Concentração Inibitória Mínima.....	30
2.3.2	Quantificação de Compostos Fenólicos Totais.....	30
2.3.3	Determinação de Flavonóides.....	31
2.3.4	Atividade Antioxidante.....	31
2.3.5	pH.....	31
2.3.6	Cor.....	32
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1	Rendimento do HPCH.....	32
3.2	Atividade Antimicrobiana <i>in vitro</i>.....	33
3.3	Compostos Bioativos e Parâmetros Físico-Químicos.....	34
4	CONCLUSÃO.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38
	CAPÍTULO III: Efeitos do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) na Qualidade da Carne Ovina Refrigerada	43
1	INTRODUÇÃO.....	43
2	METODOLOGIA.....	45

2.1	Local do Experimento.....	45
2.2	Preparo do Extrato Hidroalcoólica da Casca de Pitaya.....	45
2.3	Obtenção da Carne Ovina e Aplicação dos Tratamentos.....	45
2.4	Análises de Qualidade da Carne Ovina.....	46
2.4.1	Análises Físico-químicas da Carne	46
2.4.1.1	pH.....	47
2.4.1.2	Cor.....	47
2.4.1.3	CRA.....	48
2.4.1.4	PPC.....	48
2.4.1.5	FC.....	49
2.4.2	Análise Microbiológica da Carne Ovina Quanto a Contagem de Bactérias Aeróbias Mesófilas.....	49
2.5	Análise Estatística.....	50
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.1	Efeito do HPCH nos Parâmetros de Qualidade da Carne Ovina.....	50
4	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58

CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO

1 ASPECTOS GERAIS DE CONSUMO E MERCADO DE CARNE OVINA

A carne ovina tornou-se uma parte importante da dieta humana, devido ao crescimento populacional e as suas características nutricionais como ácidos graxos poli-insaturados, vitamina B12, vitamina B2, cálcio, magnésio e potássio (Ding *et al.*, 2024). Segundo Santos *et al.* (2023), no Brasil, a ovinocultura é relevante na região Nordeste, onde se destaca pela adaptabilidade dos animais ao clima semiárido, possuindo importância econômica, social e cultural.

Por ser um alimento rico em nutrientes, como proteínas, lipídios, vitaminas e minerais, a carne é classificada como altamente perecível (Costa *et al.*, 2017; Ahmad *et al.*, 2018). Além disso, fatores intrínsecos como pH e elevada atividade de água criam condições favoráveis para o crescimento de microrganismos, o que evidencia a necessidade de medidas eficazes de conservação (Holck *et al.*, 2017).

A vida útil da carne ovina sob refrigeração em condições aeróbicas geralmente não ultrapassa 10 dias, devido à ação microbiana, principal causadora de sua rápida deterioração (Júnior *et al.*, 2013). O rápido crescimento microbiano em produtos cárneos representa uma preocupação significativa para a segurança alimentar, pois aumenta o risco de contaminação por patógenos e, conseqüentemente, os prejuízos à saúde do consumidor (Mia *et al.*, 2025).

Durante o armazenamento, pode ocorrer também a transformação da mioglobina, principal proteína encontrada no sarcoplasma que confere cor a carne, em metamioglobina, o que pode resultar em uma coloração marrom, sendo uma das principais razões para a rejeição de carne pelos consumidores (Oliveira *et al.*, 2012; Tushar; Rahman; Hashem, 2023).

Para enfrentar esses desafios, além dos métodos tradicionais de conservação, surgem inovações tecnológicas, como o uso de extratos vegetais que visam prolongar a vida útil da carne, preservando suas propriedades sensoriais e nutricionais, ao mesmo tempo em que atende às demandas por soluções mais sustentáveis (Júnior *et al.*, 2013).

2 ADITIVOS ALIMENTARES

Segundo Martins *et al.* (2019), nas últimas décadas, o crescimento populacional e as transformações nos estilos de vida têm desencadeado mudanças significativas na composição dos produtos alimentares, principalmente devido a utilização dos aditivos alimentares, que de

acordo com Damodaran e Parkin (2017), tem como funções, o aumento da vida útil e a melhoria das características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas dos alimentos processados.

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA (2023), aditivo alimentar é definido como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com intuito de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a produção, processamento, preparação, tratamento, embalagem, armazenagem, transporte ou manipulação.

Os conservantes são substâncias adicionadas a alimentos e outros produtos com o objetivo de prolongar seu tempo de vida útil, protegendo-os contra a ação de micro-organismos ou reações químicas que possam comprometer sua utilização (Coutinho *et al.*, 2020). Vale ressaltar que produtos cárneos estão entre os alimentos que mais utilizam conservantes químicos, como nitrito e nitrato de sódio (Mohamed *et al.*, 2021). Os antioxidantes desempenham um papel fundamental na proteção contra a oxidação, um fenômeno natural que ocorre em alimentos e pode levar a várias alterações, incluindo perda de valor nutricional, mudanças nas características sensoriais e rejeição do produto (Baldin, 2016).

Para cada aditivo alimentar aprovado, a legislação deve especificar quais alimentos podem receber a adição desse aditivo, as condições sob as quais ele pode ser utilizado e estabelecer a quantidade máxima permitida, que é calculada de forma a garantir a segurança do consumidor (Martins *et al.*, 2019). A tabela 1, apresenta alguns aditivos permitidos pela legislação brasileira para uso em produtos cárneos processados.

Tabela 1. Aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos de acordo com Resolução da Diretoria Colegiada N° 272/2019

Função	Nome do Aditivo	Limite Máximo (g/100g)
ANTIOXIDANTE	Ácido ascórbico (L-)	<i>quantum satis</i>
	Butil hidroxianisol, BHA	0,01
	Ascorbato de sódio	<i>quantum satis</i>
	Nitrito de potássio	0,015
CONSERVANTE	Nitrito de sódio	0,03
	Nitrato de sódio	0,03

Fonte: Adaptado de Resolução da Diretoria Colegiada-RDC Nº 27 de 14/03/2019.

De acordo com Zeece (2020), os aditivos alimentares podem ser categorizados em naturais, que estão naturalmente presentes nos alimentos ou são obtidos a partir de fontes naturais, e sintéticos, que correspondem a substâncias produzidas artificialmente.

Ferreira (2015), ressalta que, embora os aditivos sintéticos desempenhem um papel crucial na produção de alimentos do ponto de vista tecnológico, eles podem causar reações tóxicas, que podem manifestar-se de forma aguda ou crônica, resultando em processos alérgicos, alterações neurocomportamentais e até mesmo neoplasias. Devido à natureza tóxica dos aditivos sintéticos e ao seu alto custo, o desenvolvimento de aditivos naturais e não tóxicos tornou-se muito importante (Ong; Kasi; Subramaniam, 2021).

Segundo Pereira (2020), o emprego de substâncias naturais em sistemas alimentares como alternativa aos aditivos químicos na preservação de alimentos tem ganhado destaque na indústria alimentícia. Belluci *et al.* (2022), abordam que os consumidores têm demonstrado crescente preocupação quanto ao uso de aditivos químicos, o que intensifica a busca por alimentos com rótulo limpo.

Além disso, Nieto *et al.*, (2023), destacam que as fontes naturais contêm uma gama de componentes biologicamente ativos que combatem microrganismos, radicais livres e oferecem propriedades funcionais significativas. Consequentemente, a busca por alternativas naturais tornou-se uma prioridade tanto para os consumidores quanto para indústria de alimentos, refletindo a demanda por uma abordagem mais segura e saudável na produção e no consumo de alimentos (Faustino *et al.*, 2019; Nieto *et al.*, 2023).

Nesse contexto, Yu *et al.* (2021), abordam que conservantes naturais são frequentemente elaborados na forma de extratos, utilizando combinações de solventes orgânicos e água, a aplicação desses extratos por imersão permite a incorporação de compostos bioativos, como polifenóis e antioxidantes, que não apenas prolongam a vida de prateleira do produto, mas também conferem benefícios nutricionais ao consumidor.

De acordo com Assis (2020), a imersão de carnes em soluções contendo extratos naturais tem ganhado destaque, devido à sua eficácia na proteção superficial contra o crescimento microbiano, aliada ao potencial antioxidante desses compostos. Pires (2014), ressalta que essa técnica melhora características sensoriais, como textura, e atende à crescente demanda por produtos cárneos processados com maior valor agregado.

Shi *et al.* (2024), evidenciam que extratos vegetais podem atuar de forma eficaz como conservantes naturais em produtos cárneos, uma vez que reduzem a necessidade de aditivos sintéticos, diminuem a formação residual de nitrito e N-nitrosaminas e ainda exercem ação antimicrobiana.

3 PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*)

A pitaya, pertencente à família das Cactáceas, é originária da América Central e do Sul. Entre as espécies comerciais predominantes do gênero *Hylocereus*, destacam-se *H. guatemalensis*, *H. undatus* e *H. polyrhizus* (Attar *et al.*, 2022). De acordo com Santana (2019), os estados da Bahia, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará se destacam como principais produtores de pitaya na região Nordeste. A *Hylocereus polyrhizus* é uma das espécies mais comuns entre os produtores do Ceará, especialmente na região da Chapada do Apodi, e é caracterizada por frutas de casca e polpa de coloração vermelha intensa (Figura 1) (Oliveira, 2019).

Figura 1. Características visuais da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: Autora, 2025.

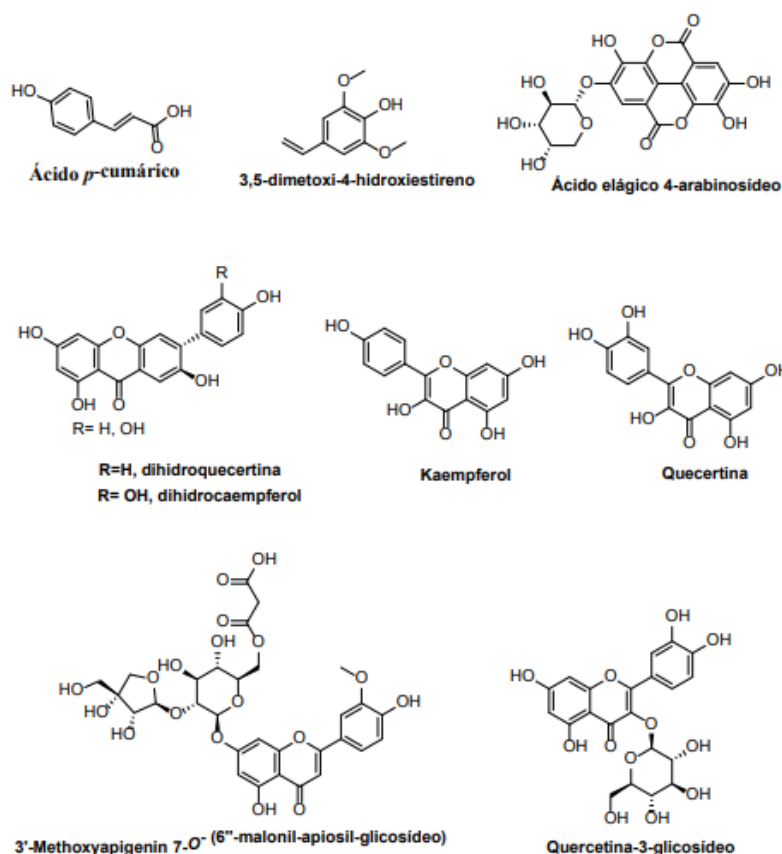
No Ceará a fruta é comercializada de acordo com três classes: classe I (acima de 250 g), comercializada em mercados mais exigentes, classe II (entre 250g e 100 g), para mercados menos exigentes em tamanho e massa, e, classe III (abaixo de 100 g), fruto utilizado para a produção de polpa, sendo a casca descartada durante o processo de beneficiamento (Santana, 2019).

Segundo Mirabella *et al.*, (2014), a indústria alimentícia, ao utilizar frutas como matérias-primas, frequentemente gera subprodutos, como sementes, cascas e bagaços, que geralmente são descartados como resíduos. Esse descarte indiscriminado impacta negativamente o meio ambiente e compromete o desenvolvimento econômico sustentável. No contexto global, o aumento na geração de resíduos alimentares e agrícolas representa um desafio ambiental significativo (Carmen *et al.*, 2023).

No entanto, estudos recentes destacam o potencial desses subprodutos para a recuperação de compostos de alto valor agregado. Jiang *et al.* (2021) demonstram que cascas, sementes e outras partes não comestíveis de frutas são ricas em compostos nutricionais e fitoquímicos (Figura 2). Para Saini *et al.*, (2025), o reaproveitamento desses materiais não apenas reduz o desperdício, mas também possibilita a produção de ingredientes valiosos para a indústria de alimentos, promovendo a sustentabilidade e otimizando o uso dos recursos naturais.

Conforme Carmen *et al.* (2023), a pitaya contém uma quantidade significativa de polifenóis, betalaína e triterpenóides. Esses componentes conferem a esta fruta um forte poder inibidor de radicais livres, resultando em uma alta capacidade antioxidante. Além disso, os autores enfatizam que a pitaya possui um potencial promissor não apenas na forma da própria fruta, mas também em seus subprodutos. A casca da pitaya é rica em pigmentos naturais, polissacarídeos, fibras alimentares e compostos fenólicos, sendo uma rica fonte de substâncias naturais (Zhong *et al.*, 2022).

Figura 2. Representação estrutural de flavonoides, fenólicos e xantonas encontrados em *Hylocereus polyrhizus*



Fonte: Lira *et al* (2018)

Os compostos fenólicos são predominantemente metabólitos secundários do metabolismo das plantas, abrangendo uma variedade de compostos. Eles vão desde estruturas simples, como ácidos fenólicos, até polifenóis mais complexos, como flavonoides (Do *et al.*, 2014). Esses compostos desempenham papéis fundamentais nas plantas e têm se destacado como componentes significativos em pesquisas relacionadas a alimentos e saúde. Jiang *et al.* (2021) em sua pesquisa destacam que as cascas da pitaya contêm diversos compostos fenólicos, que têm despertado o interesse de diversas pesquisas nos últimos anos.

Cunha *et al.* (2021), abordaram a microencapsulação do extrato da casca de pitaya e sua aplicação em hambúrgueres de carne suína, obtendo resultados na estabilização da oxidação lipídica, o que destacou sua eficácia na preservação da qualidade dos produtos cárneos.

Outra pesquisa relevante foi realizada por Xin *et al.* (2022), que analisaram o impacto do extrato da casca de pitaya e do óleo essencial de semente de limão como substitutos do nitrito de sódio em carne de carneiro curada. Os resultados demonstraram melhorias significativas na conservação do produto, com uma redução na necessidade do uso de nitrito, reforçando o potencial do extrato como aditivo natural.

Sobre as ações dos polifenóis, de acordo com Luo *et al.* (2021, *apud* Huang *et al.*, 2021), eles estimulam ativamente o crescimento de microrganismos benéficos à saúde, como os *Lactobacillus*, ao mesmo tempo que impedem o crescimento de microrganismos prejudiciais, como a *Escherichia coli*.

As cascas da pitaya são ricas em betacianinas, que são responsáveis pelo intenso tom vermelho característico da fruta, além de conferir cor, essas substâncias possuem atividade antioxidante, o que amplia seu potencial de aplicação na indústria alimentícia, seja como ingredientes funcionais ou corantes naturais (Qin *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, observa-se que a utilização da casca de pitaya, rica em compostos bioativos, por meio da técnica de imersão, pode contribuir significativamente para a conservação da carne ovina. Essa abordagem reduz o desperdício de alimentos, promove a incorporação de ingredientes naturais à cadeia produtiva estando alinhado com os princípios da economia circular e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, como o ODS 2, voltado à segurança alimentar e agricultura sustentável, e o ODS 12, que preconiza padrões responsáveis de consumo e produção.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, R. S. *et al.* Nutritional Composition of Meat. In: ARSHAD, M.S. **Meat Science and Nutrition**. London: Intechopen, 2018.
- ANVISA. **Aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/alimentos/aditivos-alimentares>. Acesso em 11 de jul. 2023.
- ASSIS, A. P. P. de. **Qualidade da carne bovina submetida à marinação com própolis verde, vermelha e marrom**. 2020. 83f. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.
- ATTAR, S. H. *et al.* Nutritional Analysis of Red-Purple and White-Fleshed Pitaya (Hylocereus) Species. **Molecules**, v. 27, 2022.
- BALDIN, J. C. **Avaliação do potencial antimicrobiano e antioxidante do extrato de jabuticaba (Myrciaria cauliflora) microencapsulado adicionado em linguiça frescal e mortadela**. 2016. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.
- BELLUCCI, E. R. B. *et al.* Addition of natural extracts with antioxidant function to preserve the quality of meat products. **Biomolecules**, v. 12, n. 10, p. 1506, 2022.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 272, de 14 de março de 2019**.
- CARMEN, F. *et al.* Trends on valorization of pitaya fruit biomass through value-added and green extraction technology – A critical review of advancements and processes. **Trends in Food Science & Technology**, v. 138, p. 339-354, 2023.
- COSTA, M. C. *et al.* Condições higiênico-sanitárias da carne bovina comercializada em um mercado público do Piauí. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2017.
- COUTINHO, M. G. S. *et al.* Utilização De Óleos Essenciais Na Conservação De Queijo: Revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 75, n. 2, p. 126-141, 2020.
- CUNHA, L. C. M. *et al.* Effect of microencapsulated extract of pitaya (Hylocereus costaricensis) peel on oxidative quality parameters of refrigerated ground pork patties subjected to UV-C radiation. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 3, p. e15272, 2021.
- DAMODARAN, S.; PARKIN K. L. F. **Fennema's Food Chemistry**. 5 ed. New York: CRC Press, 2017, 1125 p.
- DING, W. *et al.* Meat of sheep: insights into mutton evaluation, nutritive value, influential factors, and interventions. **Agriculture**, v. 14, n. 7, p. 1060, 2024.

DO, Q. D. *et al.* Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. **Journal of food and drug analysis**, v. 22, n. 3, p. 296-302, 2014.

FERREIRA, F. S. Aditivos alimentares e suas reações adversas no consumo infantil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 397-407, 2015.

FAUSTINO, M. *et al.* Agro-food byproducts as a new source of natural food additives. **Molecules**, v. 24, n. 6, p. 1056, 2019.

HOLCK, A. *et al.* Review Article Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. **Journal of Food Quality**, v. 2017, p. 1-25, 2017.

HUANG, Y. *et al.* Maturation Process, Nutritional Profile, Bioactivities and Utilisation in Food Products of Red Pitaya Fruits: A Review. **Foods**, v.10, p. 2862, 2021.

JIANG, H. *et al.* Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus* spp.) peels: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 199-217, 2021.

JÚNIOR, D. M. de L. *et al.* Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 1, p. 14-28, 2013.

LIRA, S. M. *et al.* Caracterização fitoquímica dos extratos bruto e aquoso da polpa e da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*). **A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias - Livro técnico**, 2018.

MARTINS, F. C. O. L. *et al.* Analytical methods in food additives determination: Compounds with functional applications. **Food Chemistry**, v. 272, p. 732-750, 2019.

MIA, M. S. *et al.* Valorization of Fruit Peel Extracts as Natural Preservatives: Characterization and Efficacy in Preserving Chicken Meatballs. **Applied Food Research**, p. 100981, 2025.

MIRABELLA, N. *et al.* Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 28-41, 2014.

MOHAMED, R. M. *et al.* Utilization of sugarcane bagasse aqueous extract as a natural preservative to extend the shelf life of refrigerated fresh meat. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. e2020167, 2021.

NIETO, G. *et al.* Applications of plant bioactive compounds as replacers of synthetic additives in the food industry. **Foods**, v. 13, n. 1, p. 47, 2023.

OLIVEIRA, R. R. *et al.* Antioxidantes naturais em produtos cárneos. **PUBVET**, v. 6, n. 10, ed. 197, 2012.

OLIVEIRA, M. M. T. **Sombreamento na fisiologia, produção e qualidade e efeito da temperatura nos aspectos moleculares da pitaia**. 2019. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

ONG, G.; KASI, R.; SUBRAMANIAM, R. A review on plant extracts as natural additives in coating applications. **Progress in Organic Coatings**, v. 151, p. 106091, 2021.

PEREIRA, J. M. G. *et al.* Aditivos alimentares naturais emergentes: Uma revisão. In: NOGUEIRA, W.V. (org.). **Realidades e Perspectivas em Ciência dos Alimentos**. Editora Pantanal, 2020. p. 46-84.

PIRES, V. G. **Avaliação físico-química de filés de pescada (*Cynoscion striatus*) sob imersão em diferentes concentrações de Tripolifosfato e NaCl**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

QIN, Y. *et al.* Comparison of the physical and functional properties of starch/polyvinyl alcohol films containing anthocyanins and/or betacyanins. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 163, p. 898-909, 2020.

SANTANA, F. M. de S. **Adubação nitrogenada e potássica no cultivo irrigado de pitaya vermelha (*Hylocereus* sp.), sob condições tropicais**. 2019. 107 f. Tese (Doutorado em fitotecnia) Curso de Pós-graduação em Agronomia/fitotecnia - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2019.

SANTOS, W. S. S. *et al.* Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil e na região Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 7, p. 21283-21303, 2023.

SAINI, R. K. *et al.* Bioactive Compounds of Agro-Industrial By-Products: Current Trends, Recovery, and Possible Utilization. **Antioxidants**, v. 14, n. 6, p. 650, 2025.

SHI, J. *et al.* Evaluation of some artificial food preservatives and natural plant extracts as antimicrobial agents for safety. **Discover Food**, v. 4, n. 1, p. 89, 2024.

TUSHAR, Z. H.; RAHMAN, M. M.; HASHEM, M. A. Metmyoglobin reducing activity and meat color: A review. **Meat Research**, v. 3, n. 5, 2023.

XIN, Ke-qi *et al.* Pitaya peel extract and lemon seed essential oil as effective sodium nitrite replacement in cured mutton. **Lwt**, v. 160, p. 113283, 2022.

YU, H. H. *et al.* Application of natural preservatives for meat and meat products against food-borne pathogens and spoilage bacteria: A review. **Foods**, v. 10, n. 10, p. 2418, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10102418>

ZEECE, M. **Food additives**. In: Introduction to the Chemistry of Food. Elsevier, p. 251-311, 2020.

ZHONG, X. *et al.* Ultrasound-alkaline combined extraction improves the release of bound polyphenols from pitahaya (*Hylocereus undatus* Foo-Lon) peel: Composition, antioxidant activities and enzyme inhibitory activity. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 90, p. 106213, 2022.

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL BIOATIVO DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*)

RESUMO

A crescente demanda por produtos mais saudáveis tem impulsionado as indústrias alimentícias a buscar alternativas naturais para substituir aditivos químicos, alinhando-se às práticas sustentáveis promovidas pelos ODS 2 e 12 da Agenda 2030. Nesse contexto, a casca da pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*), rica em compostos bioativos como fenólicos, flavonoides e betalaínas, apresenta potencial para reaproveitamento na indústria alimentícia devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Este estudo teve como objetivo caracterizar o extrato hidroalcoólico da casca de pitaya, avaliando seu rendimento, composição química e eficácia antimicrobiana. As cascas foram sanitizadas, secas, trituradas e submetidas a extração hidroalcoólica com etanol e água (40:60 v/v) na proporção de 1:10. O rendimento do processo foi analisado considerando perdas durante a filtração e evaporação do solvente. O extrato foi caracterizado quanto à concentração de compostos fenólicos, flavonoides, atividade antioxidante (DPPH) e atividade antimicrobiana *in vitro* contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Um total de 177g de casca seca de pitaya renderam 831 ml de extrato hidroalcoólico (HPCH). O extrato mostrou-se eficiente *in vitro* na inibição do crescimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *S. aureus* em concentração de 5%, mas não apresentou efeito significativo contra *E. coli*. Os teores de compostos fenólicos e flavonoides indicaram boa capacidade antioxidante. Conclui-se que o extrato hidroalcoólico da casca de pitaya possui potencial para aplicações como conservante natural na indústria alimentícia, alinhando-se às demandas por produtos mais sustentáveis, uma vez que apresentou propriedades antimicrobianas frente a microrganismos de interesse alimentar como *Pseudomonas aeruginosa* e *S. aureus*.

Palavras-chave: fruta dragão; metabólitos secundários; resíduos agroindustriais.

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL BIOATIVO DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*)

ABSTRACT

The growing demand for healthier products has encouraged the food industry to seek natural alternatives to chemical additives, aligning with the sustainable practices advocated by SDGs 2 and 12 of the 2030 Agenda. In this context, the peel of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*), rich in bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, and betalains, offers significant potential for reuse in the food industry due to its antioxidant and antimicrobial properties. This study aimed to characterize the hydroalcoholic extract of pitaya peel, evaluating its yield, chemical composition, and antimicrobial efficacy. The pitaya peels were sanitized, dried, ground, and subjected to hydroalcoholic extraction using ethanol and water (40:60 v/v) in a 1:10 ratio. The extraction yield was analyzed, considering losses during filtration and solvent evaporation. The extract was characterized for its concentrations of phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity (DPPH assay), and in vitro antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. From 177 g of dried pitaya peel, 831 ml of hydroalcoholic extract (HPCH) were obtained. The extract effectively inhibited the growth of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* at a 5% concentration but showed no significant effect against *E. coli*. The phenolic and flavonoid content demonstrated strong antioxidant capacity. It is concluded that the hydroalcoholic extract of pitaya peel has potential applications as a natural preservative in the food industry, meeting the demand for more sustainable products, as it demonstrated antimicrobial properties against food-relevant microorganisms such as *Pseudomonas aeruginosa* and *S. aureus*.

Keywords: dragon fruit; secondary metabolites; agro-industrial residues.

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL BIOATIVO DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*)

1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos saudáveis representa uma grande tendência mundial nas indústrias de alimentos, que têm buscado novas formas de reduzir o uso de aditivos químicos, substituindo-os por alternativas naturais (Pateiro *et al.*, 2021), o que permite muitas vezes o aproveitamento de propriedades funcionais e benéficas dos alimentos (Lucia *et al.* 2016).

Segundo Nieto *et al.* (2021), entre os fatores mais relevantes que influenciam o consumidor no ato da compra, estão a saúde e a sustentabilidade, portanto atender a ambos os aspectos constitui uma vantagem competitiva no mercado. Os autores destacam ainda que cresce, no cenário atual, a demanda por processos sustentáveis capazes de transformar subprodutos agroindustriais em novos ingredientes de valor agregado.

Assim, a valorização de fontes naturais e o reaproveitamento de resíduos da cadeia produtiva alinham-se às práticas sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício e para a promoção da economia circular. Essa abordagem está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 2 e ODS 12) da Agenda 2030, que visam garantir segurança alimentar, consumo responsável e produção sustentável.

Nesse contexto, a pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*), também conhecida como fruta dragão, uma fruta exótica amplamente cultivada em regiões tropicais, tem se destacado por suas propriedades funcionais e compostos bioativos (Khoo *et al.*, 2022). De acordo com Taharuddin *et al.* (2023), a pitaya normalmente é consumida *in natura*, embora também seja processada e utilizada na indústria de bebidas.

A casca, que representa cerca de 30% a 45% do peso total do fruto, é geralmente descartada durante o processamento, no entanto, estudos recentes evidenciam que ela é rica em compostos fenólicos, flavonoides, fibras alimentares e pigmentos naturais, como as betalainas, reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas (Jiang *et al.*, 2022; Zhong *et al.*, 2022; Coelho *et al.*, 2024).

Segundo Lucia *et al.* (2016), o maior conhecimento sobre as propriedades dos alimentos, possibilita um maior aproveitamento dos benefícios associados. Os compostos fenólicos presentes na casca são associados a diversos benefícios à saúde, incluindo a capacidade de combater o estresse oxidativo, reduzir o risco de doenças crônicas e atuar como conservantes naturais na indústria alimentícia (Coelho *et al.*, 2024).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o extrato hidroalcoólico da casca de pitaya, avaliando seu rendimento, composição em compostos fenólicos e flavonoides, bem como sua capacidade antioxidante e atividade antimicrobiana *in vitro*. Buscando assim explorar o potencial desse subproduto para aplicações na carne ovina, alinhando-se às tendências por produtos mais naturais e sustentáveis.

2 METODOLOGIA

2.1 Local do Experimento

A produção do extrato e as análises de caracterização foram realizadas nos laboratórios de Tecnologia de Alimentos (LABA), Engenharia Eletroquímica, Pós-Colheita e no de Microbiologia Veterinária (LAMIV), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, Rio Grande do Norte.

2.2 Obtenção do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya

As pitayas (*Hylocereus polyrhizus*) foram adquiridas em um comércio varejista do tipo supermercado em maturação comercial. Após a aquisição, as frutas foram transportadas em caixas de isopor até o LABA.

Inicialmente, as frutas passaram por uma sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 250 ppm por 25 minutos, seguida de enxágue em água corrente. Posteriormente, as cascas foram separadas manualmente, secas em estufa com circulação de ar a 50 °C por 48 horas e pesadas. Dos 7092 g de frutas frescas adquiridas, as cascas representaram 2217 g, correspondendo a aproximadamente 31,26% do peso total das frutas. Após a secagem, o peso foi reduzido para 188 g, sendo descartados 11 g de material não conforme, resultando em 177 g de cascas secas.

O material seco foi triturado com ajuda de um almofariz e pistilo até se transformar em pó. A extração hidroalcoólica seguiu a metodologia descrita por Braquehais *et al.* (2016), com adaptações. O pó foi misturado com uma solução composta por etanol 96% e água destilada esterilizada, na proporção de 40:60 (v/v), na relação de 1:10 (material vegetal/solvente extrator). A mistura permaneceu em repouso por 96 horas em ambiente escuro.

Após esse período, o material foi filtrado utilizando papel filtro, obtendo-se 1060 mL de extrato hidroalcoólico das cascas de *Hylocereus polyrhizus* (HPCH). O extrato foi submetido à evaporação do etanol em um rotaevaporador a 50 °C, resultando em 831 mL de HPCH concentrado, armazenado em frasco de vidro âmbar sob congelamento até o uso. O resíduo sólido da filtração totalizou 797 g, com propriedades hidrofílicas atribuídas à composição química da casca. A Figura 1 apresenta um esquema simplificado do processo.

Figura 1. Fluxograma do processo de obtenção do extrato hidroalcoólico da casca de pitaya

(*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: Autora, 2025.

2.2.1 Análise Quantitativa das Perdas e Rendimento no Processo de Extração do Extrato de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

Para determinar o rendimento e analisar as possíveis perdas no processo de extração, foram obtidos os seguintes dados:

Rendimento de secagem (%): $\text{Peso Final} \div \text{Peso Inicial} \times 100$

Perda durante a filtração (%): $(\text{Volume Inicial} - \text{Volume Filtrado}) \div \text{Volume Inicial} \times 100$

Perda durante a evaporação (%): $(\text{Volume Filtrado Inicial} - \text{Volume Concentrado}) \div \text{Volume Filtrado Inicial} \times 100$

2.3 Caracterização do Extrato Hidroalcoólico da Casca de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

A caracterização foi realizada com uma concentração previamente definida do HPCH, determinada a partir da Concentração Inibitória Mínima (CIM). Após a definição, o extrato foi diluído na proporção adequada para as demais análises.

2.3.1 Concentração Inibitória Mínima

A concentração inibitória mínima foi testada conforme metodologia descrita por Gama *et al.* (2023). O teste microbiológico *in vitro* foi realizado utilizando microplacas, onde foram adicionados 95 µL de meio de cultura BHI em cada poço. Nos poços iniciais, foram pipetados 100 µL do extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (1:10) em concentração inicial de 5%. A seguir, realizou-se uma série de diluições seriadas em duplicata, obtendo-se as concentrações de 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,312%, 0,156%, 0,078% e 0,039%, totalizando oito concentrações testadas.

Como controle positivo, utilizou-se clorexidina a 0,2%, e como controle negativo, foi utilizado o meio BHI mais inóculo, ambos também em duplicata. Após o preenchimento dos poços com o meio de cultura e as amostras, foram adicionados 5 µL das suspensões bacterianas (*E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*) em cada poço. As microplacas foram então incubadas em estufa de microcirculação de ar a 37 ± 1 °C por 24 horas.

A leitura inicial (tempo 0) e a leitura final (após 24 horas) foram realizadas em uma leitora de microplacas com comprimento de onda de 630 nm (Microplate Reader). Além disso, após o período de incubação, a presença ou ausência de crescimento microbiano foi avaliada por observação da turvação dos poços a olho nu. A concentração inibitória mínima (CIM) foi definida como a menor concentração do extrato da casca de pitaya em que não houve crescimento microbiano visível.

2.3.2 Quantificação de Compostos Fenólicos Totais

A determinação de compostos fenólicos totais (CFT) foi realizada seguindo a metodologia descrita por Meda *et al.* (2005), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu. Uma alíquota de 0,5 mL do HPCH foi transferida para um tubo de ensaio, onde foram adicionados 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (0,2 N). Após 5 minutos, adicionaram-se 2,0 mL de solução de carbonato de sódio (75 g/L).

A amostra foi mantida em repouso no escuro por 2 horas e, em seguida, a absorbância foi medida em espectrofotômetro modelo UV-340G, Gehaka, a 760 nm. O metanol e água destilada na proporção de 1:1 foram utilizados como branco.

Os resultados foram obtidos a partir de uma curva de calibração construída com padrão de ácido gálico (20 a 200 ppm) e expressos como mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 mL de extrato da casca de pitaya.

2.3.3 Determinação de Flavonóides

A quantificação de flavonoides foi realizada com base nas metodologias descritas por Meda *et al.* (2005) e Ahn *et al.* (2007), com adaptações. Para a análise, uma alíquota de 5,0 mL da solução preparada previamente para a determinação de fenólicos totais foi transferida para um tubo de ensaio e misturada com 5,0 mL de solução de cloreto de alumínio a 2%. Após um período de 10 minutos, a absorbância foi medida em um espectrofotômetro modelo UV-340G, Gehaka, a 415 nm, utilizando metanol como branco. A curva padrão foi construída utilizando concentrações de quercetina entre 5 e 50 mg/L. Os resultados foram expressos como mg equivalentes de quercetina (EQ) por 100 mL de extrato hidroalcoólico de pitaya.

2.3.4 Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante foi mensurada de acordo com o método de redução do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), descrito por Velázquez *et al.* (2003), com algumas modificações. Em uma alíquota de 1 mL do extrato obtido foi adicionado 1,5 mL de DPPH (0,029 mg/mL) e, após agitação, foi deixado em repouso no escuro por 15 minutos. A leitura de absorbância foi realizada através do espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G a 517nm utilizando 1 mL de metanol e DPPH como controle. O resultado foi expresso em capacidade do agente antioxidantes de sequestrar 50% dos radicais livres DPPH presente na solução.

2.3.5 pH

A aferição do pH foi conduzida utilizando um pHmêtro digital da marca QUIMIS, o qual foi previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7. Na análise, foi utilizado 5ml do extrato em triplicata, seguiu-se as especificações metodológicas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3.6 Cor

Para avaliação das características de cor, foi utilizado um calorímetro Delta Vista da marca Delta Color. A amostra foi acondicionada em cubeta no volume de 2 ml e o calorímetro ajustado para leitura de líquidos. Em seguida, os valores de L* [luminosidade (0 - preto, 100 - branco)], a* [de verde (-) ao vermelha (+)], e b* [de azul (-) a amarelo (+)], foram registrados em triplicata e uma média foi feita seguindo a metodologia proposta do Instituto Adolf Lutz (2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento do HPCH

O peso das cascas frescas foi de 2217 g. Após secagem, reduziu-se para 188 g (8,48%), e, considerando as perdas, o rendimento final foi de 7,98%. O extrato foi preparado na proporção de 1:10, resultando em 1,77 L iniciais. Após a filtração, obteve-se 1,06 L, correspondendo a uma perda de 40,1% atribuída à retenção de solvente pelo resíduo sólido (797g), como mostra a Figura 2. Além disso, a volatilização do etanol durante a extração contribuiu para perdas adicionais.

Figura 2. Resíduo sólido obtido da filtração do extrato de casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: Autora, 2025.

Após a evaporação, obteve-se 0,831 L de extrato concentrado, com perda de 21,6%. Assim, 177g de casca secas geraram 0,831 L de extrato hidroalcoólico, correspondendo a 78% do volume esperado (1,062 L). Esses resultados mostram que a retenção de solvente no resíduo sólido e a volatilização do etanol são as principais fontes de perda, reforçando a necessidade de controlar essas variáveis para maximizar o rendimento do extrato.

A eficiência da extração é influenciada por fatores, como método de extração, tamanho das partículas das amostras, tipo de solvente empregado e a presença de substâncias interferentes (Stalikas, 2007). Além disso, o rendimento da extração depende diretamente de variáveis como a polaridade do solvente, o pH, a temperatura, o tempo de extração e a composição da amostra (Do *et al.*, 2014).

Huang *et al.* (2021) ressaltam, que a escolha dos métodos de extração, tipos de solventes e condições de extração, desempenham um papel fundamental na obtenção de compostos fenólicos, flavonoides e betacianinas. Ares *et al.* (2018), abordam que solventes altamente polares são utilizados para extrair compostos bioativos, enquanto solventes de baixa polaridade, são empregados para a extração de compostos lipofílicos e determinados pigmentos. Portanto a seleção adequada dos tipos de solventes desempenha um papel essencial no processo de extração, uma vez que permite a escolha dos compostos de interesse.

3.2 Atividade Antimicrobiana *in vitro*

O extrato foi produzido na concentração de 10% e testado contra os principais microrganismos contaminantes de alimentos, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Os resultados indicaram que o extrato não demonstrou eficácia em nenhuma das diluições testadas contra *E. coli*. Entretanto, na diluição de 5%, o HPCH foi capaz de inibir o crescimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*.

Esses resultados diferem parcialmente dos obtidos por Tenore *et al.* (2012), que, ao utilizarem o extrato metanólico da casca de *H. polyrhizus* contra bactérias e observaram, por meio da Concentração Inibitória Mínima (CIM), uma eficácia variável, com menores valores de CIM para bactérias Gram-positivas como *S. aureus* em comparação as Gram-negativas como *E. coli*. Achados mais próximos foram relatados por Astridwiyanti *et al.* (2019), que ao avaliaram o extrato etanólico da casca de pitaya contra *S. aureus* ATCC 25923, obtiveram halos de inibição contra o patógeno. Do mesmo modo, Aulia *et al.* (2021), observaram a atividade antibacteriana do extrato metanólico da casca de pitaya contra *S. aureus*, usando teste de difusão em poço.

Embora o HPCH tenha apresentado eficácia limitada, especialmente contra *E. coli*, os resultados positivos frente a *Pseudomonas aeruginosa* e *S. aureus* são promissores. As variações observadas em relação a estudos anteriores podem estar relacionadas a diferenças nos métodos de extração, nas concentrações testadas ou mesmo nas cepas bacterianas utilizadas.

Conforme destacado por Tenore *et al.* (2012), os patógenos Gram-positivos demonstram-se geralmente mais suscetíveis que os Gram-negativos à ação de extratos polifenólicos de frutas e de seus subprodutos. Essa diferença pode ser explicada pela estrutura da parede celular bacteriana, uma vez que os compostos presentes nos extratos hidroalcoólicos, por serem polares, apresentam maior dificuldade de atravessar a membrana externa, o que limita sua interação com o citoplasma e as proteínas celulares.

3.3 Compostos Bioativos e Parâmetros Físico-Químicos

O HPCH apresentou $42,5 \pm 1,4$ mg EAG/100 mL de fenólicos totais, $27,4 \pm 0,8$ mg EQ/100 mL de flavonoides e atividade antioxidante de $74,8 \pm 1,8$ IC₅₀ µg/mL. Segundo Jimenez-Garcia *et al.* (2022), o perfil de compostos fenólicos totais fornece uma aproximação dos compostos bioativos presentes nas plantas, frutas e subprodutos agroindustriais, que podem ter um efeito protetor contra doenças crônicas como diabetes e hipertensão, além da aplicabilidade na indústria de alimentos.

O conteúdo de compostos fenólicos totais ($42,5 \pm 1,4$ mg EAG/100 mL) indica uma quantidade expressiva de fenóis, que segundo Takó *et al.*, (2020), são conhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas. Esses compostos desempenham papel crucial na neutralização de radicais livres e na proteção contra danos oxidativos.

A concentração de flavonoides ($27,4 \pm 0,8$ mg EQ/100 mL) reforça o potencial antioxidante do HPCH. Flavonoides são um subgrupo de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Marcucci *et al.*, 2021).

De acordo com Som *et al.*, (2019), com base na teoria da atividade de eliminação de radicais DPPH, quanto maior a quantidade de antioxidante na solução, menor a porcentagem de atividade de eliminação de radicais livres, ou seja, a atividade antioxidante do HPCH, medida como IC₅₀ ($74,8 \pm 1,8$ µg/mL), reflete a concentração necessária para sequestrar 50% dos radicais livres de DPPH na solução. Quanto menor o valor de IC₅₀, maior a eficácia antioxidante.

A avaliação de compostos fenólicos e valores de atividade antioxidante descritos na literatura apresentam unidades e formas de extração muito variáveis, dificultando, em muitas vezes a comparação absoluta (Mendonça *et al.*, 2021).

Lourith e Kanlayavattanakul (2013) analisaram extratos etanólicos e aquosos da casca de pitaya, obtendo um teor de CFT de $1,351 \pm 0,021$ mg EAG/100 g para o extrato aquoso e $1,193 \pm 0,011$ mg EAG/100 g para o extrato etanólico. Esses valores são consideravelmente inferiores aos observados no HPCH do presente estudo, o que pode ser atribuído à maior eficiência do método de extração hidroalcoólico. A combinação de etanol e água provavelmente favoreceu a solubilização dos compostos fenólicos, resultando em um teor superior no HPCH.

Em relação à atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH, Lourith e Kanlayavattanakul (2013) obtiveram valores de $261,520 \pm 0,980$ µg/mL para o extrato aquoso e $823,580 \pm 13,250$ µg/mL para o extrato etanólico, ambos significativamente mais altos que o observado no presente estudo ($74,8 \pm 1,8$ µg/mL). Esses dados reforçam a maior capacidade antioxidante do HPCH, demonstrando que a técnica de extração utilizada neste estudo não apenas aumentou o teor de compostos bioativos, mas também aprimorou a eficiência do extrato na neutralização de radicais livres.

No estudo de Jimenez-Garcia *et al.* (2022), os extratos metanólicos da casca de *H.polyrhizus* apresentaram um teor de compostos fenólicos totais de 1,863 mg EAG/g (equivalentes de ácido gálico por grama de amostra) e um conteúdo de flavonoides de 352,09 mg RE/g (equivalentes de rutina por grama de amostra).

Manihuruk *et al.* (2017), avaliaram o extrato aquoso da casca de pitaya e obtiveram $31,12 \pm 1,56$ mg EAG/100 g de fenólicos totais. No mesmo estudo foi feita a análise qualitativa dos compostos fitoquímicos presentes no extrato, sendo eles fenóis, flavonoides, triterpenoides, esteróides e saponinas além de taninos em menor quantidade.

O potencial antioxidante depende do conteúdo fenólico das partes da fruta e é afetado por vários fatores externos. Por exemplo, o solvente empregado no processo de extração desempenha um papel importante na atividade antioxidante, solventes que extraem compostos polares e apolares como metanol, são mais eficientes que solventes que extraem apenas compostos apolares (Som *et al.*, 2019).

A coloração vermelha da pitaya é atribuída predominantemente à presença de betalaínas (Aditama *et al.*, 2024), pigmentos naturais hidrossolúveis, amplamente encontrados em frutas e vegetais. Esses pigmentos são divididos em dois grupos principais: betacianinas e betaxantinas (Gandía-Herrero; García-Carmona, 2013). As betacianinas, presentes na pitaya vermelha, conferem sua coloração vermelho-púrpura característica e estão associadas a

importantes atividades biológicas, como propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Yong *et al.*, 2018). O HPCH apresentou-se vermelho, indicando possivelmente uma alta quantidade de betacianinas (Figura 3).

Figura 3. Extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: Autora, 2025.

Esses pigmentos são sensíveis a alterações de pH, o que influencia sua estabilidade e coloração (Surendhiran *et al.*, 2023). Em geral, elas apresentam maior estabilidade em condições de pH ácido e neutro (3-7), e alterações estruturais em condições alcalinas causam mudanças de cor, de vermelho para amarelo Miguel (2018, *apud* Qin *et al.*, 2021).

O extrato teve medição de pH no valor de 5,64 ficando no intervalo esperado. Essas propriedades são indicativas de que o extrato pode ter impacto direto na aparência e estabilidade de alimentos, ao conferir uma tonalidade mais atrativa e contribuir para a preservação microbiológica.

4 CONCLUSÃO

A casca de pitaya apresentou elevado potencial para a obtenção de compostos bioativos demonstrado, pela presença de fenólicos, flavonóides e atividade antioxidante significativa. O extrato hidroalcoólico mostrou ação antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, evidenciando aplicabilidade promissora em alimentos. Assim, o aproveitamento desse subproduto agroindustrial contribui para práticas sustentáveis, aliando o reaproveitamento de resíduos ao desenvolvimento de ingredientes naturais com potencial funcional para a indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

- ADITAMA, A. P. R. *et al.* Formulasi Dan Uji Stabilitas Fisik Sediaan Masker Wajah Gel Peel-Off Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). **Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 79–96, 2024. DOI: 10.33759/jrki.v6i1.467. Disponível em: <https://www.jurnalfarmasi.or.id/index.php/jrki/article/view/467>. Acesso em: 7 jun. 2025.
- AHN, M.-R. *et al.* Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1383-1392, 2007.
- ARES, A. M. *et al.* Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. v. 147, p. 110-124, 2018.
- ASTRIDWIYANTI, A. A. B. *et al.* Uji efektivitas ekstrak etanol kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 secara in vitro. **Intisari Sains Medis**. v.10, n.3, p. 482-486, 2019.
- AULIA, S. H. *et al.* Antibacterial activity of methanol extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel against methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* (MSSA) ATCC 25923 and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in vitro. **Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology**. v. 3, 2021.
- BRAQUEHAIS, I. D. *et al.* Estudo preliminar toxicológico, antibacteriano e fitoquímico do extrato etanólico das folhas de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. (pinhão-bravo, Euphorbiaceae), coletada no Município de Tauá, Ceará, Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, p. 582-587, 2016.
- COELHO, V. S. *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. 3020, 2024.
- DO, Q. D. *et al.* Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. **Journal of food and drug analysis**, v. 22, n. 3, p. 296-302, 2014.
- GAMA, G.S.P. *et al.* Antimicrobial activity and chemical profile of wood vinegar from eucalyptus (*E. urophylla* E. grandis-clone I144) and bamboo (*Bambusa vulgaris*). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.39, n.186, 2023.
- GANDÍA-HERRERO, F; GARCÍA-CARMONA, F. Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. **Trends in plant science**, v. 18, n. 6, p. 334-343, 2013.
- HUANG, Y. *et al.* Maturation Process, Nutritional Profile, Bioactivities and Utilisation in Food Products of Red Pitaya Fruits: A Review. **Foods**, v.10, p. 2862, 2021.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coord. Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JIANG, H. *et al.* Properties of pectin-based films from white-fleshed pitaya (*Hylocereus undatus*) peel waste as affected by montmorillonite. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 34, p. 100952, 2022.

JIMENEZ-GARCIA, S. N. *et al.* Pitahaya peel: a by-product with great phytochemical potential, biological activity, and functional application. **Molecules**, v. 27, n. 16, p. 5339, 2022.

KHOO, H. E. *et al.* Betacyanins and anthocyanins in pulp and peel of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus* cv. Jindu), inhibition of oxidative stress, lipid reducing, and cytotoxic effects. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 894438, 2022

LOURITH, N; KANLAYAVATTANAKUL, M. Antioxidant and stability of dragon fruit peel colour. **Agro Food Industry Hi Tech**, v. 24, n. 3, p. 56-58, 2013.

LUCIA, C. M. D. *et al.* Pigmentos naturais: usos e aplicações como compostos bioativos. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. de O. B. (org.). **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Editora Rubio, 2016. p. 91-106.

MANIHURUK, F. M. *et al.* Effectiveness of the red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel extract as the colorant, antioxidant, and antimicrobial on beef sausage. **Media Peternakan**, v. 40, n. 1, p. 47-54, 2017.

MARCUCCI, M. C. *et al.* Metodologias acessíveis para a quantificação de flavonoides e fenóis totais em propolis. **Revista Virtual Química**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2021.

MEDA A. *et al.* Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v. 91, p. 571-577, 2005.

MENDONÇA, F. J.; *et al.* Determinação do teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante de cúrcuma orgânica comercial. In: **Farmacologia Aplicada à Enfermagem: aspectos teóricos e práticos**. Editora Científica Digital, 2021.

NIETO, G. *et al.* Valorization of citrus co-products: Recovery of bioactive compounds and application in meat and meat products. **Plants**, v. 10, n. 6, p. 1069, 2021.

QIN, Y. *et al.* Development of active and intelligent packaging by incorporating betalains from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel into starch/polyvinyl alcohol films. **Food Hydrocolloids**, v. 100, p. 105410, 2020.

PATEIRO, M. *et al.* Plant Extracts Obtained with Green Solvents as Natural Antioxidants in Fresh Meat Products. **Antioxidants**, v. 10, n. 2, p. 181, 2021.

SOM, A. M. *et al.* A comparative study on foliage and peels of *Hylocereus undatus* (white dragon fruit) regarding their antioxidant activity and phenolic content. **Heliyon**, v. 5, n. 2, 2019.

STALIKAS, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. **Journal of separation science**, v. 30, n. 18, p. 3268-3295, 2007.

SURENDHIRAN, D. *et al.* Smart packaging film prepared from subcritical water-modified oat starch and betalain of beetroot extract reinforced with cellulose nanofibrils. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 36, p. 101349, 2023.

TAKÓ, M. *et al.* Plant phenolics and phenolic-enriched extracts as antimicrobial agents against food-contaminating microorganisms. **Antioxidants**, v. 9, n. 2, p. 165, 2020.

TAHARUDDIN, N. H. *et al.* Unlocking the potential of lignocellulosic biomass dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in bioplastics, biocomposites and various commercial applications. **Polymers**, v. 15, n. 12, p. 2654, 2023.

TENORE, G. C. *et al.* Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts, **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 129-136, 2012.

VELÁZQUEZ, E. *et al.* Antioxidant activity of Paraguayan plants extracts. **Fitoterapia**, v.74, p. 91-97, 2003.

YONG, Y. Y. *et al.* Effect of refrigerated storage on betacyanin composition, antibacterial activity of red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and cytotoxicity evaluation of betacyanin rich extract on normal human cell lines. **LWT**, v. 91, p. 491-497, 2018.

ZHONG, Xuanyu *et al.* Ultrasound-alkaline combined extraction improves the release of bound polyphenols from pitahaya (*Hylocereus undatus*' Foo-Lon') peel: Composition, antioxidant activities and enzyme inhibitory activity. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 90, p. 106213, 2022.

EFEITOS DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*) NA QUALIDADE DA CARNE OVINA REFRIGERADA

RESUMO

A carne ovina, é suscetível à deterioração oxidativa e microbiana, o que limita sua vida útil. Buscando alternativas aos conservantes sintéticos, este estudo investigou o potencial da casca de pitaya, um subproduto agroindustrial rico em compostos bioativos, como um conservante natural. O objetivo foi avaliar os efeitos da imersão em extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (HPCH) na qualidade físico-química e microbiológica da carne ovina. Para isso, foi preparado um extrato a partir de cascas de pitaya secas e moídas. Pernil ovino foi dividido em quatro tratamentos: um controle (C) e três grupos imersos na solução de extrato por 15 (E15), 30 (E30) e 60 minutos (E60). As amostras foram armazenadas sob refrigeração (4 °C) e analisadas nos dias 0, 3 e 6 quanto a parâmetros como pH, cor, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e contagem de bactérias mesófilas. Os resultados indicaram que a aplicação do extrato não alterou significativamente as características físico-químicas da carne, como pH, cor, maciez e capacidade de retenção de água, ao longo do armazenamento, além disso não foi observado ação antimicrobiana nas carnes imersas ao longo do armazenamento. Embora as cascas de pitaya sejam reconhecidas como fontes promissoras de compostos bioativos, no presente estudo não apresentaram impacto significativo na qualidade da carne ovina. Futuras investigações devem buscar a otimização do processo de extração e testar diferentes formas de aplicação e concentrações, visando potencializar os benefícios funcionais e tecnológicos dos compostos presentes na casca de pitaya em sistemas alimentícios.

Palavras-chave: aditivo natural; fruta dragão; produtos cárneos; subproduto agroindustrial.

EFFECTS OF HYDROALCOHOLIC PITAYA PEEL (*Hylocereus polyrhizus*) EXTRACT ON THE QUALITY OF REFRIGERATED LAMB MEAT

ABSTRACT

Sheep meat is susceptible to oxidative and microbial deterioration, which limits its shelf life. Seeking alternatives to synthetic preservatives, this study investigated the potential of pitaya peel, an agro-industrial byproduct rich in bioactive compounds, as a natural preservative. The objective was to evaluate the effects of immersion in hydroalcoholic extract of pitaya peel (HPCH) on the physicochemical and microbiological quality of sheep meat. For this purpose, an extract was prepared from dried and ground pitaya peels. Sheep leg samples were divided into four treatments: a control (C) and three groups immersed in the extract solution for 15 (E15), 30 (E30), and 60 minutes (E60). The samples were stored under refrigeration (4 °C) and analyzed on days 0, 3, and 6 for parameters such as pH, color, water-holding capacity (WHC), cooking weight loss (CWL), shear force (SF), and mesophilic bacterial counts. The results indicated that the application of the extract did not significantly alter the physicochemical characteristics of the meat, including pH, color, tenderness, and water-holding capacity, throughout storage. Furthermore, no antimicrobial effect was observed in the marinated meat during the storage period. Although pitaya peel is recognized as a promising source of bioactive compounds, in the present study it did not exert a significant impact on the quality of lamb meat. Future investigations should aim to optimize the extraction process and test different application methods and concentrations to enhance the functional and technological benefits of the compounds present in pitaya peel in food systems.

Keywords: agro-industrial byproduct; dragon fruit; meat products; natural additive.

CAPÍTULO III: EFEITOS DO EXTRATO HIDROALCOÓLICO DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus polyrhizus*) NA QUALIDADE DA CARNE OVINA REFRIGERADA

1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura desempenha um papel essencial no desenvolvimento socioeconômico do Nordeste brasileiro, devido à adaptabilidade da espécie às condições climáticas da região (Souza *et al.*, 2021). Tradicionalmente praticada como uma atividade de subsistência por pequenos produtores (Nascimento *et al.*, 2022), nos últimos anos tem apresentado avanços elevando a atividade para além do contexto familiar. O teor de minerais da carne ovina pode variar conforme a raça e o ambiente criatório, todavia costuma ser nutritiva e saborosa, e seu consumo moderado faz bem à saúde (Ding *et al.*, 2024).

A carne ovina é suscetível a reações oxidativas e à proliferação microbiana durante o armazenamento, Erkmen e Bozoglu (2016, *apud* Meneses e Teixeira, 2022), destacam que a carne devido a suas características intrínsecas, como alta atividade de água nos tecidos, pH próximo a neutralidade e alto conteúdo nutritivo, se apresenta como um alimento susceptível ao crescimento de microrganismos deteriorantes e, portanto, altamente perecível.

Produtos alimentícios perecíveis, especialmente os cárneos, estão sujeitos a oxidação lipídica e da mioglobina resultando em sabores indesejáveis, alteração de cor, formação de compostos tóxicos, perda de nutrientes e comprometimento da textura, reduzindo a vida útil e a aceitabilidade do produto. Paralelamente, o desenvolvimento de microrganismos eleva o risco de doenças transmitidas por alimentos (DTAs), altera o pH e forma odores desagradáveis (Forsythe, 2013; Nikmaram *et al.*, 2018).

Neste cenário, conservantes desempenham um papel fundamental na garantia e no controle da segurança dos alimentos, inibindo o crescimento e a ação de microrganismos patogênicos ou deteriorantes (Ferreira *et al.*, 2020), já os antioxidantes, retardam a rancificação, a perda de cor e o surgimento de odores desagradáveis (Wu *et al.*, 2019). Tradicionalmente, aditivos sintéticos foram amplamente utilizados devido à sua eficácia, entretanto, estudos apontam que seu consumo pode estar associado a reações adversas, como alergias, diminuição da biodisponibilidade de nutrientes e possível relação com processos carcinogênicos (Hugo; Hugo, 2015; Nikmaram *et al.*, 2018; Trujillo-Mayol *et al.*, 2021).

Diante disso, cresce o interesse pelo estudo de substâncias naturais, capazes de garantir a preservação e segurança dos alimentos sem comprometer a saúde do consumidor, atendendo

ainda à demanda por produtos minimamente processados (Christaki *et al.*, 2021). Nesse contexto, o aproveitamento de subprodutos agroindustriais tem se destacado como alternativa sustentável, ao recuperar compostos bioativos de alto valor agregado que, de outra forma, seriam descartados, contribuindo para economia circular (Ferreira *et al.*, 2023).

A pitaya, uma fruta tropical pertencente à família *Cactaceae* (Al-Mekhlafi *et al.*, 2021), é um exemplo notável nesse contexto. No Nordeste brasileiro, especialmente na região Semiárida, sua produção tem ganhado relevância, com destaque para a Chapada do Apodi (Júnior *et al.*, 2023). Cerca de um terço do peso de uma pitaya é composto por sua casca, que normalmente é descartada durante o processamento da fruta (Tenore *et al.*, 2012). No entanto esse subproduto contém substâncias de alto valor agregado, como polifenóis e betacianinas (Jiang *et al.*, 2022).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do extrato hidroalcoólico da casca de pitaya, aplicado por imersão na carne ovina armazenada sob refrigeração, sobre sua qualidade físico-química e microbiológica, investigando o potencial desse subproduto como alternativa natural e sustentável para a manutenção de qualidade durante o armazenamento desse alimento.

Essa iniciativa está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 3, que busca assegurar saúde e bem-estar para todos, e o ODS 12, que incentiva padrões de consumo e produção responsáveis, contribuindo para a redução do desperdício e a valorização de recursos naturais.

2 METODOLOGIA

2.1 Local do Experimento

O estudo foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), nos laboratórios de Tecnologia de Alimentos (LABA), Análises Instrumentais e Sensoriais (LANIS) e no Centro de Engenharia (CE) no laboratório de Engenharia Eletroquímica, em Mossoró, Rio Grande do Norte.

2.2 Obtenção do Extrato da Casca de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

As pitayas (*Hylocereus polyrhizus*) foram adquiridas em um comércio varejista tipo supermercado em condições de maturação comercial. Após a compra, as frutas foram transportadas em caixas de isopor até o laboratório. As frutas foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 250 ppm por 25 minutos, seguida de enxágue em água corrente. Logo após, as cascas foram separadas manualmente, secas em estufa de circulação de ar a 50 °C por 48 horas.

Em seguida, as cascas foram trituradas com ajuda de um almofariz e pistilo até se transformarem em pó. Para a obtenção do extrato hidroalcoólico, utilizou-se a metodologia descrita por Braquehais *et al.* (2016), com adaptações. O pó foi misturado com uma solução hidroalcoólica de etanol 96% e água destilada, na proporção de 40:60 (v/v) de etanol e água respectivamente, na relação de 1:10 (p/v). A mistura foi colocada em repouso em ambiente escuro durante 96 horas.

Após esse período, o material foi filtrado utilizando papel filtro, e o líquido resultante foi submetido a um processo de evaporação do etanol em um rotaevaporador a 50 °C e depois armazenado em frasco âmbar e congelado até a aplicação dos tratamentos.

2.3 Obtenção da Carne Ovina e Aplicação dos Tratamentos

A carne do tipo pernil ovino desossado foi adquirida comercialmente na Central de Abastecimento Prefeito Raimundo Soares (COBAL), localizada em Mossoró, RN. Após aquisição, as carnes foram transportadas em caixas térmicas de isopor até o laboratório, onde passaram por etapas de preparação, incluindo remoção de gordura e partes indesejáveis, conforme as Boas Práticas de Fabricação da RDC nº 216/2004 (Brasil, 2004). Além disso,

realizou-se o corte em cubos de aproximadamente 10 cm de aresta e separação em 4 grupos para a aplicação dos diferentes tratamentos, conforme descrito abaixo:

- C (Controle): carne *in natura*, sem qualquer imersão;
- E15: carne imersa por 15 minutos;
- E30: carne imersa por 30 minutos;
- E60: carne imersa por 60 minutos.

Para os tratamentos E15, E30 e E60 utilizou-se a solução contendo 250 mL de água destilada e 250 mL de extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (HPCH) a 10%, obtendo-se concentração final de 5%, previamente estabelecida em testes *in vitro*. As carnes foram imersas em HPCH na proporção de 1:1 (p:v).

Após a aplicação dos tratamentos, as carnes foram embaladas em embalagens ‘ziplock’ (Figura 1) e estocadas em temperatura de $4^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$. As análises de qualidade foram iniciadas no dia 0 (condições iniciais), com repetições nos dias 3 e 6 de armazenamento refrigerado.

Figura 1. Aplicação do HPCH na carne ovina e separação dos tratamentos



Fonte: Autora, 2025.

2.4 Análises de Qualidade da Carne Ovina

Para avaliar os efeitos do HPCH, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas. As análises microbiológicas tiveram seis repetições por amostra e as físico-químicas foram conduzidas em triplicata.

2.4.1 Análise Físico-química da Carne Ovina

Os aspectos característicos das amostras, como pH e cor foram analisados segundo as especificações metodológicas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Além disso foram avaliados a Capacidade de Retenção de Água (CRA), Perda de Peso por Cocção (PPC) e Força de Cisalhamento (FC).

2.4.1.1 pH

O pH foi aferido com pHmêtro digital portátil da marca HANNA, previamente calibrado. As medições foram feitas em três pontos distintos de cada amostra (Figura 2).

Figura 2. Aferição de pH nas amostras de carne ovina



Fonte: Autora, 2025.

2.4.1.2 Cor

Para avaliação de cor, foi empregado um colorímetro Konica Minolta CR-10 Color Reader (sistema CIE L* a* b*) (Figura 3). Foram registrados os valores de a* (indicando o teor de vermelho, sendo + vermelho - verde), b* (indicando o teor de amarelo, + amarelo - azul) e L* (indicando a luminosidade em uma escala de 0 a 100), em três pontos distintos de cada amostra. Além disso as alterações totais de cor (ΔE) foram feitas de acordo com a metodologia de Osman *et al.*, 2022. No qual utilizou-se a seguinte equação: $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$.

Figura 3. Medição das cores na carne ovina



Fonte: Autora, 2025.

2.4.1.3 CRA

A CRA foi determinada conforme Hamm (1960), com adaptações. Foram pesados cubos de carne de 1 g, e colocados entre papel filtro e duas placas de Petri, submetidos a peso de 5kg por 5 minutos. Após a pressão, a amostra foi pesada novamente. A CRA foi calculada pela equação:

$$CRA (\%) = 100 - [(P_i - P_f) \div P_i \times 100]$$

Onde: P_i = peso inicial (g) e P_f = peso final (g)

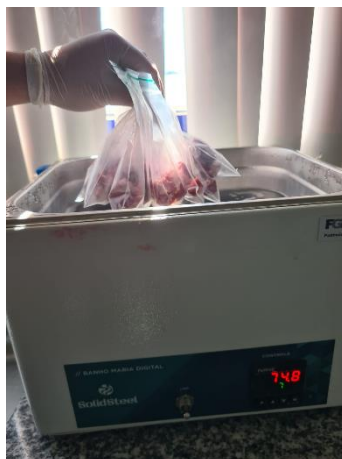
2.4.1.4 PPC

Para determinar a PPC, três porções de cada amostra foram pesadas, embaladas em sacos tipo 'ziplock' e aquecidas em banho-maria até atingirem 70 °C (monitorada com um termômetro digital) (Figura 4). Após o resfriamento, foram novamente pesadas. A PPC foi calculada em porcentagem, conforme Honikel (1998), pela equação:

$$PPC (\%) = [(P_i - P_f) \div P_i] \times 100$$

Onde: P_i = Peso inicial e P_f = Peso final

Figura 4. Cocção das carnes ovinas para obtenção da PPC

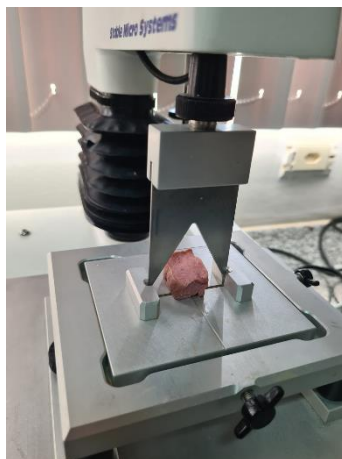


Fonte: Autora, 2025.

2.4.1.5 FC

Para o cálculo da FC, foram utilizadas as amostras de PPC, através do texturômetro (Figura 5) foram retiradas 2 amostras por porção, no sentido das fibras, no formato de paralelepípedos. A força de cisalhamento foi registrada em texturômetro (TEXTURE ANALYZER TA-XT-125), acoplado ao dispositivo Warner-Bratzler (HDP/WBV).

Figura 5. Texturômetro



Fonte: Autora, 2025.

2.4.2 Análise Microbiológica da Carne Ovina Quanto a Contagem de Bactérias Aeróbias Mesófilas

A avaliação microbiológica seguiu as metodologias descritas por Silva *et al.*, 2017. Em uma capela de fluxo de laminar, 1g de cada amostra foi adicionado a tubos de ensaio contendo

9 mL de solução salina peptonada a 0,1% para a formação da diluição 10^{-1} . A partir dessa diluição base, foram realizadas diluições subsequentes.

A contagem de mesófilos foi conduzida pelo método de cultivo superficial em ágar padrão (PCA). Inicialmente, as placas foram preparadas com 15 a 20 mL do meio, e 0,1 mL de cada diluição foi inoculado na superfície do meio presente nas placas, e espalhada com alça de *Drigalsky*. As placas foram incubadas invertidas, em estufa bacteriológica a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 h. As colônias foram contadas, e os resultados expressos em Log_{10} UFC/g.

2.5 Análise Estatística

Os dados apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. As médias foram comparadas por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey, considerando-se significativo $p < 0,005$. As análises foram realizadas através do programa GraphPad Prism 8.0 (Graphpad Software, Inc) e os valores foram expressos na forma de média $\pm$ desvio padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito do HPCH nos Parâmetros de Qualidade da Carne Ovina

A análise inicial do pH das amostras de carne, apresentado na Tabela 1, foi de 5,3, aumentando ao longo do tempo de armazenamento em todos os tratamentos (C, E15, E30, E60), no dia 6, em comparação aos dias 0 e 3. Além disso, os valores de pH não diferiram estatisticamente entre os grupos nos dias analisados.

Esse valor inicial situa-se abaixo da faixa considerada ideal para carnes vermelhas (5,5-5,8), incluindo a ovina (Andrade *et al.*, 2020). Essa acidez acentuada pode indicar condição de carne PSE (pálida, mole e exsudativa), que afeta negativamente a qualidade sensorial do alimento, Kim *et al.* (2014), destacam que apesar da carne PSE ser mais comumente observada em carcaças de suínos, há relatos de carnes ovinas com baixos valores de pH possuindo características semelhantes as carnes PSE suína. Conforme Ithurrealde *et al.* (2025), esse fenômeno está frequentemente associado ao estresse pré-abate, que eleva a atividade muscular e contribui para um pH final mais baixo em ruminantes.

A elevação do pH durante a estocagem pode ser atribuída à atividade microbiana, especialmente de bactérias proteolíticas, que liberam compostos básicos, como aminas, contribuindo para o aumento gradual da alcalinidade da carne (Forsythe, 2013). O tratamento

com o extrato hidroalcoólico da casca de pitaya (HPCH) não influenciou significativamente o pH da carne, resultado próximo ao descrito por Santos *et al.* (2025), que avaliaram carnes marinadas com bromelina e também não observaram diferenças em relação ao controle, exceto no tratamento de imersão com 100% de bromelina por 60 minutos.

Tabela 1. pH da carne sem tratamento e tratada com extrato hidroalcoólico da casca de pitaya em diferentes tempos de imersão durante o armazenamento refrigerado

Dia	C	E15	E30	E60
0	5,3 ± 0,1 aA	-	-	-
3	5,5 ± 0,1 aA	5,4 ± 0 aA	5,4 ± 0 aA	5,5 ± 0 aA
6	6,3 ± 0,3 bA	6,2 ± 0,3 bA	6,1 ± 0,3 bA	5,9 ± 0,1 bA

Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os dias e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,005$). Fonte: Autora, 2025.

Em relação à capacidade de retenção de água (CRA), observou-se aumento significativo do Controle apenas no dia 6 (Tabela 2). Nos tratamentos E15 e E60, houve variação, mas sem diferenças estatísticas. O tratamento E30 destacou-se por apresentar a menor CRA no dia 6. Esse comportamento pode estar relacionado ao pH mais elevado, visto que Andrade *et al.* (2020) também observaram a relação entre o aumento da CRA e o pH alto ao analisarem o uso de umectantes na carne ovina marinada.

A CRA representa a habilidade da carne de manter seu conteúdo hídrico mesmo sob a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, moagem ou pressão, sua redução implica maior liberação de exsudato (Pearce *et al.*, 2011), portanto é uma propriedade importante da carne fresca, pois afeta a qualidade do produto final (Ding *et al.*, 2024).

Tabela 2. Influência do tempo de imersão em extrato hidroalcoólico de casca de pitaya na CRA da carne ovina durante armazenamento refrigerado

Dia	C	E15	E30	E60
0	69,5 ± 1,7 aA	-	-	-
3	73,8 ± 1,1 aA	68,2 ± 3,8 aA	72,8 ± 1,2 aA	66,2 ± 6,6 aA
6	77,1 ± 2,5 bA	75,3 ± 4,6 aA	68,2 ± 3,9 aB	69,4 ± 1,9 aA

Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os dias e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos ($p<0,005$). Fonte: Autora, 2025.

Não houve diferença estatística da PPC entre os grupos analisados, já no decorrer dos dias apenas o E30 apresentou um aumento como mostra a Tabela 3. A relação inversamente proporcional entre PPC e CRA é bem estabelecida na literatura, de modo que, considerando a ausência de variações significativas nos valores de CRA pra C, E15 e E60 ao longo dos dias, já era esperado que os valores de PPC mantivessem o padrão. Contudo, o tratamento E30 apresentou maior PPC, em conformidade com sua menor CRA.

Tabela 3. Efeito do tempo de imersão em extrato de casca de pitaya na PPC de carne ovina

Dia	C	E15	E30	E60
0	17,8 ± 4,5 aA	-	-	-
3	23,2 ± 3,9 aA	21,2 ± 1,9 aA	24,4 ± 1,2 aA	22,1 ± 2,6 aA
6	21,1 ± 3 aA	21,9 ± 1,9 aA	26,8 ± 2,5 bA	26,3 ± 1,2 aA

Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os dias e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos ($p<0,005$). Fonte: Autora, 2025.

Quanto à força de cisalhamento (Tabela 4), não houve diferenças estatísticas entre os grupos. No entanto, o tratamento E60 apresentou melhora na maciez a partir do dia 3. Todas as amostras foram classificadas como macias ($<8 \text{ kgf/cm}^2$), conforme Gonsalves *et al.* (2012). A redução da força de cisalhamento pode estar associada à ação de bactérias proteolíticas durante o armazenamento, que degradam proteínas miofibrilares, conforma observado também por Xin *et al.* (2022) em carnes marinadas com extrato da casca de pitaya e óleo essencial de limão.

Tabela 4. Força de cisalhamento (kgf/cm^3) de carne ovina com diferentes tempos de imersão em extrato de casca de pitaya ao longo do armazenamento refrigerado

Dia	C	E15	E30	E60
0	4,8 ± 1,7 aA	-	-	-
3	4,2 ± 1,1 aA	3,5 ± 0,7 aA	3,1 ± 1 aA	2,4 ± 0,2 bA
6	2,6 ± 0,9 aA	3,2 ± 1,4 aA	3,5 ± 1,2 aA	2,8 ± 0,8 bA

Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os dias e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos ($p<0,005$). Fonte: Autora, 2025.

Para os parâmetros de cor (Tabela 5), não foram verificadas diferenças estatísticas em luminosidade (L^*) nem intensidade do vermelho (a^*) entre os grupos, embora o E30 tenha apresentado aumento significativo de a^* ao longo do tempo. No parâmetro b^* , apenas o Controle mostrou redução no dia 3, sem relevância visual. As alterações totais de cor (ΔE) também não foram significativas.

Tabela 5. Média dos parâmetros de cor de carne com diferentes tempos de imersão em extrato de casca de pitaya ao longo do armazenamento refrigerado

L^*			
Dia	0	3	6
C	$33,4 \pm 3,7$ aA	$35,7 \pm 5$ aA	$36,3 \pm 3,8$ aA
E15	-	$36,5 \pm 0,2$ aA	$39,4 \pm 4,4$ aA
E30	-	$37,3 \pm 1,1$ aA	$35,2 \pm 1,7$ aA
E60	-	$36,7 \pm 2$ aA	$31,5 \pm 0,9$ aA
a^*			
Dia	0	3	6
C	$13,2 \pm 3,1$ aA	$10,1 \pm 2,6$ aA	$12,2 \pm 3,3$ aA
E15	-	$10 \pm 1,7$ aA	$11,4 \pm 1,9$ aA
E30	-	$10,5 \pm 0,4$ aA	$12,5 \pm 1,8$ bA
E60	-	$13,7 \pm 2,2$ aA	$13,6 \pm 2,2$ aA
b^*			
Dia	0	3	6
C	$11,8 \pm 3,3$ aA	$10,7 \pm 1,1$ bA	$12,1 \pm 1,8$ aA
E15	-	$10,9 \pm 0$ aA	$13 \pm 1,9$ aA
E30	-	$14,5 \pm 1$ aA	$12,2 \pm 0,7$ aA
E60	-	$13,7 \pm 0,9$ aA	$11,6 \pm 0,2$ aA
ΔE			
C	E15	E30	E60
$7,7 \pm 3,7$ a	$7,9 \pm 4,5$ a	$4,4 \pm 0,5$ a	$6,7 \pm 5,2$ a

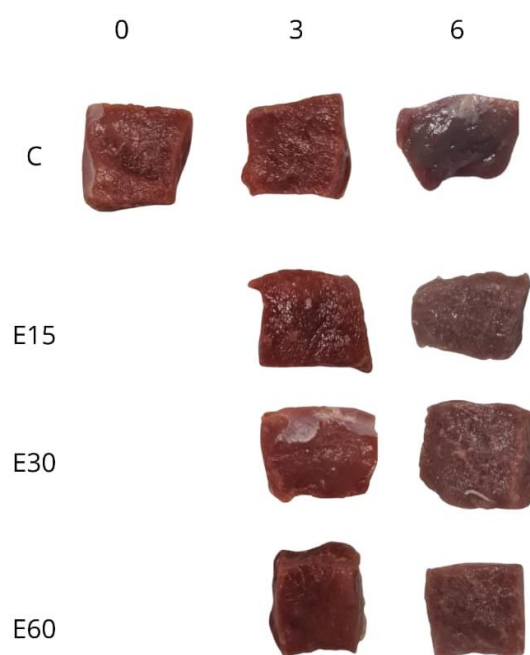
Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos, L^* = luminosidade, a^* = intensidade do vermelho, b^* =intensidade do amarelo, ΔE =alteração total das cores. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os dias e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os grupos ($p<0,005$). Fonte: Autora, 2025.

Segundo Leal *et al.* (2023), os valores de referência para carne ovina são: L^* (35,9 a 53,85), a^* (8,24 a 23,48), e b^* (2,9 a 15,88). Neste estudo, os valores de a^* e b^* permaneceram dentro da faixa relatada, enquanto a luminosidade foi inferior no dia 0. No entanto, no dia 3, todos os grupos tratados com HPCH apresentaram valores dentro do intervalo descrito, comportamento mantido no dia 6 apenas para o grupo Controle e o E15.

Os resultados obtidos foram similares aos achados de Xin *et al.*, (2022), que obtiveram resultados numéricos maiores de L^* e a^* , que foram diminuindo ao longo do período de armazenamento. Além disso, os autores relataram que o extrato da casca de pitaya poderia diminuir significativamente a luminosidade.

Visualmente, não foram percebidas alteração até o dia 3, mas no dia 6 houve escurecimento em todos os grupos (Figura 6).

Figura 6. Alterações visuais na coloração da carne durante o período de armazenamento (0,3, 6) nos diferentes tratamentos (C, E15, E30, E60)



Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos, 0= Dia 0, 3= Dia 3, 6= Dia 6. Fonte: Autora, 2025.

Conforme Ribeiro *et al.* (2019), a mioglobina é uma proteína associada a um grupo heme, que contém íons de ferro. A coloração da carne varia de acordo com o estado de oxidação desse ferro, na carne fresca, a mioglobina apresenta tonalidade vermelho-púrpura, já na

presença de oxigênio e sob a ação de radicais livres, ocorre a sua oxidação a metamioglobina, responsável pela cor marrom característica.

A cor é um dos principais atributos que influenciam a aceitação da carne pelo consumidor, e espera-se que ela permaneça inalterada durante o período de armazenamento (Barbosa *et al.*, 2025). Manihuruk (2016, *apud* Sembong *et al.*, 2022) verificou que a adição do extrato da casca de pitaya vermelha (*H. polyrhizus*) em concentrações de até 40% não foi eficaz para intensificar a cor vermelha de salsichas bovinas, o que pode indicar a necessidade da utilização de concentrações mais elevadas do extrato.

Embora o extrato de casca de pitaya seja conhecido por sua atividade antioxidante e seu teor de betacianinas, neste estudo não houve prevenção da oxidação da carne, nem impacto significativo na cor, possivelmente em razão da concentração aplicada, da forma de incorporação do extrato ou da interação com a matriz da carne, que pode ter limitado sua eficácia antioxidante.

De acordo com Huang *et al.* (2021), as betacianinas apresentam baixa estabilidade em matrizes alimentares, sendo sensíveis a fatores como atividade de água, exposição à luz e variações de temperatura. Dessa forma, a degradação desses pigmentos pode ter contribuído para a redução da eficácia antioxidante observada neste trabalho.

A contagem inicial de mesófilos (dia 0) foi de 8,35 Log₁₀ UFC/g (Tabela 6). Durante o armazenamento refrigerado, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos (C, E15, E30, E60).

Tabela 6. Contagem de mesófilos aeróbios (log₁₀ UFC/g) em carne ovina com diferentes tempos de imersão em extrato de casca de pitaya nos dias 0, 3 e 6 de refrigeração

Dia	C	E15	E30	E60
0	8,35 ± 0,13 aA	-	-	-
3	7,4 ± 0,3 aA	8,0 ± 0,6 aA	7,2 ± 2,9 aA	7,2 ± 1,9 aA
6	7,8 ± 0,9 aA	7,4 ± 0,8 aA	6,5 ± 1,7 aA	6,3 ± 2,8 aA

Legenda: C=Controle, E15= Imersão durante 15 minutos, E30= Imersão durante 30 minutos, E60=Imersão durante 60 minutos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os dias e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (p<0,005). Fonte: Autora, 2025.

Esses achados indicam que a imersão em HPCH não exerceu efeito antimicrobiano significativo independente do tempo de imersão. Resultados distintos foram relatados por Sembong *et al.* (2022), que observaram diminuição na contagem de mesófilos quando

aplicaram o extrato de casca de pitaya a 80% por aspersão em um produto cárneo bovino, sugerindo que concentrações mais elevadas ou métodos alternativos de aplicação podem influenciar a eficácia antimicrobiana do extrato.

Os extratos da casca de pitaya (ECP) são considerados antimicrobianos naturais promissores devido ao seu amplo espectro de ação, conforme descrito por Jiang *et al.* (2021). Esses autores sugerem que as bactérias Gram-positivas tendem a ser mais sensíveis aos ECP do que as espécies Gram-negativas. Além disso, ressaltam que a atividade antimicrobiana dos ECP pode estar intimamente ligada ao solvente de extração utilizado, sendo este possivelmente um fator crucial para otimizar sua eficácia

Nesse contexto, é importante considerar que o grupo dos mesófilos inclui diferentes espécies bacterianas, com tolerâncias variadas aos compostos bioativos presentes no extrato, o que reforça a necessidade de estudos adicionais com microrganismos específicos, a fim de avaliar sua sensibilidade individual.

4 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo, demonstraram que a aplicação do extrato de casca de pitaya não promoveu alterações significativas nas características físico-químicas da carne, incluindo pH, cor, maciez e capacidade de retenção de água, ao longo do período de armazenamento. Além disso, não foi observado efeito antimicrobiano frente às bactérias mesófilas. Futuras investigações devem buscar a otimização do processo de extração e testar diferentes formas de aplicação e concentrações, visando potencializar os benefícios funcionais e tecnológicos dos compostos presentes na casca de pitaya em sistemas alimentícios.

REFERÊNCIAS

- AL-MEKHLAFI, N. A. *et al.* Metabolomic and antioxidant properties of different varieties and origins of Dragon fruit. **Microchemical Journal**, v. 160, p. 105687, 2021.
- ANDRADE, A. K. S. de *et al.* Uso de umectantes na qualidade da carne ovina através do processo de marinação. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e629108372, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8372. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8372>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- BARBOSA, C. H. *et al.* Extension of Poultry Meat Shelf Life Using *Cynara cardunculus* L. Leaf Extracts as a Natural Preservative. **Foods**, v. 14, n. 15, p. 2592, 2025.
- BRAQUEHAIS, I. D. *et al.* Estudo preliminar toxicológico, antibacteriano e fitoquímico do extrato etanólico das folhas de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. (pinhão-bravo, Euphorbiaceae), coletada no Município de Tauá, Ceará, Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, p. 582-587, 2016.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. **Regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 set. 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html. Acesso em: 10 jun. 2025.
- CHRISTAKI, S. *et al.* Recent advances in plant essential oils and extracts: Delivery systems and potential uses as preservatives and antioxidants in cheese. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 264-278, 2021.
- DING, W. *et al.* Meat of sheep: insights into mutton evaluation, nutritive value, influential factors, and interventions. **Agriculture**, v. 14, n. 7, p. 1060, 2024.
- FERREIRA, V. C *et al.* An updated review of recent applications and future perspectives on the sustainable valorization of pitaya (*Hylocereus* spp.) by-products. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 33, p. 101070, 2023.
- FERREIRA, R. D. *et al.* Determinação da concentração inibitória de conservantes alimentares para o controle de *Salmonella Typhimurium*. **Holos**, v. 4, p. 1-14, 2020.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. E-book. p.620. ISBN 9788536327068.
- GONSALVES, H. R. O. *et al.* Qualidade da Carne de Caprinos e Ovinos: Uma Revisão. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 11-17, 2012.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v.10, p.335- 362, 1960.
- HONIKEL, K, O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**. v. 49, p. 447-457, 1998.

HUANG, Y. *et al.* Maturation process, nutritional profile, bioactivities and utilisation in food products of red pitaya fruits: A Review. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2862, 2021.

HUGO, C. J.; HUGO, A. Current trends in natural preservatives for fresh sausage products. **Trends in Food Science & Technology**. v. 45, n. 1, p. 12-23, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coord. Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ITHURRALDE, J. *et al.* Mixing unfamiliar lambs upon arrival at the abattoir affects their social behavior and meat traits. **Frontiers in Animal Science**, v. 6, p. 1533718, 2025.

JIANG, H. *et al.* Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus* spp.) peels: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 116, p. 199-217, 2021.

JIANG, H. *et al.* Properties of pectin-based films from white-fleshed pitaya (*Hylocereus undatus*) peel waste as affected by montmorillonite. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 34, p. 100952, 2022.

JÚNIOR, D. S. C. *et al.* Produção e Caracterização Biométrica de Frutos de Pitaya no Semiárido Paraibano. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 9, p. e494037, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v4i9.4037. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/4037>. Acesso em: 16 jun. 2025.

KIM, Y. H. B. *et al.* Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. **Animal Production Science**, v. 54, n. 4, p. 375-395, 2014

LEAL, M. da S. *et al.* Assessment of lamb meat quality in two cooking methods: water bath versus oven cooking. **Small Ruminant Research**, v. 229, p. 107127, 2023.

MENESES, R.; TEIXEIRA, P. Marination as a hurdle to microbial pathogens and spoilers in poultry meat products: A brief review. **Applied Sciences**, v. 12, n. 22, p. 11774, 2022.

NASCIMENTO, M. I. S. S. *et al.* Insights dos principais produtos oriundos da caprinovinocultura no Nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. 1-13, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28264>

NIKMARAM, N. *et al.* Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. **Meat Science**. v. 145, p. 245-255, 2018.

OSMAN, M. F. E. *et al.* Acetylated corn starch as a fat replacer: Effect on physiochemical, textural, and sensory attributes of beef patties during frozen storage. **Food Chemistry**, v. 388, p. 132988, 2022.

PEARCE, K. L. *et al.* Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes-A review. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p. 111-124, 2011.

RIBEIRO, J. S. *et al.* Natural antioxidants used in meat products: A brief review. **Meat Science**, v. 148, p. 181-188, 2019.

SANTOS, B. *et al.* Análise de Qualidade em Carnes Bovinas com Corte Contra Filé em Relação ao Amaciamento Proveniente da Bromelina. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 18, n. 4, p. 1-14, 2025.

SEMBONG, R. S. *et al.* The Effect of Giving Dragon Fruit Skin Extract (*Hylocereus costaricensis*) on the Quality of Se'i Beef Meat. **Jurnal Sain Peternakan Indonesia**, v. 17, n. 1, p. 56, 2022.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

SOUZA, L. L. de. *et al.* Avaliação da origem e frequência de produtos cárneos caprinos e ovinos comercializados no município de Petrolândia por meio de App / Evaluation of the origin and frequency of goat and meat products marked in the city of Petrolândia by App. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 4174–4184, 2021. DOI: 10.34188/bjaerv4n3-106.

TENORE, G. C. *et al.* Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 129-136, 2012.

TRUJILLO-MAYOL, I. *et al.* Incorporation of avocado peel extract to reduce cooking-induced hazards in beef and soy burgers: A clean label ingredient. **Food Research International**, v. 147, p. 110434, 2021.

WU, G. *et al.* Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 92, p.33-45, 2019.

XIN, Ke-qi. *et al.* Pitaya peel extract and lemon seed essential oil as effective sodium nitrite replacement in cured mutton. **LWT**, v.160, p. 113283, 2022.