

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SARA REBECA DE CARVALHO FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGEM INDICADORA
UTILIZANDO ANTOCIANINAS A PARTIR DO EXTRATO DE *Hibiscus sabdariffa***

CAMPO MOURÃO

2026

SARA REBECA DE CARVALHO FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGEM INDICADORA
UTILIZANDO ANTOCIANINAS A PARTIR DO EXTRATO DE *Hibiscus sabdariffa***

**Development and characterization of an indicator packaging using
anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* extract**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Profª Drª Regiane da Silva

CAMPO MOURÃO

2026



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SARA REBECA DE CARVALHO FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGEM INDICADORA
UTILIZANDO ANTOCIANINAS A PARTIR DO EXTRATO DE *Hibiscus sabdariffa***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 07/julho/2026.

Regiane da Silva
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Angela Maria Gozzo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rafaelle Bonzanini
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2026

RESUMO

O crescimento do setor de embalagens alimentícias tem impulsionado o desenvolvimento de embalagens ativas e inteligentes, capazes de monitorar e prolongar a qualidade dos alimentos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar filmes de colágeno incorporados com extrato de *Hibiscus sabdariffa*, avaliando seu potencial como embalagem indicadora de pH aplicada ao presunto. Foram utilizados como solventes extratores a água ou etanol, para os cálices inteiro ou macerados, sendo o teor de antocianinas quantificado pelo método do pH diferencial. Os filmes foram produzidos e caracterizados quanto à resposta colorimétrica, atividade antioxidante e resistência a perfuração. Os extratos etanólicos apresentaram teores de antocianinas totais próximos de 0,88 mg/g, quase o dobro do valor obtido para o aquoso (0,48 mg/g). Os filmes apresentaram resposta colorimétrica visível às mudanças de pH, evidenciada pela perda gradual da coloração rosada ao longo da incubação do presunto, acompanhando o aumento do pH decorrente da atividade metabólica de bactérias deteriorantes. A atividade antioxidante, avaliada pelo método de DPPH, mostrou que os filmes mantiveram percentuais de inibição mais altos e estáveis (35% a 51%) em comparação às amostras de presunto, que variaram de forma mais inconsistente, chegando a apresentar comportamento pró-oxidante quando armazenadas sem refrigeração. Os baixos valores de resistência a compressão dos materiais desenvolvidos demonstram que o material obtido se assemelha à estrutura de gel do que um filme plástico convencional. A presença de extrato etanólico, obtido sem maceração dos cálices, resultou em efeito de reforço em baixas concentrações e de enfraquecimento estrutural em concentrações mais elevadas. Conclui-se que o filme de colágeno incorporado com antocianinas de hibisco apresenta potencial como embalagem ativa e indicadora de frescor para produtos cárneos, destacando-se a refrigeração como fator determinante para a manutenção de sua atividade antioxidante, ainda que aprimoramentos na formulação sejam necessários para melhorar sua resistência mecânica e estabilidade estrutural.

Palavras-chave: antocianinas; *Hibiscus sabdariffa*; embalagem ativa; filme de colágeno; indicador de pH.

ABSTRACT

The growth of the food packaging sector has driven the development of active and intelligent packaging capable of monitoring and extending food quality. In this context, the objective of this work was to develop and characterize collagen films incorporated with *Hibiscus sabdariffa* extract, evaluating their potential as pH-indicating packaging applied to ham. Water and ethanol were used as extraction solvents, for whole or macerated calyces, and the anthocyanin content was quantified by the pH differential method. The films were produced and characterized regarding their colorimetric response, antioxidant activity, and puncture resistance. The ethanolic extracts showed total anthocyanin contents close to 0.88 mg/g, almost twice the value obtained for the aqueous extract (0.48 mg/g). The films exhibited a visible colorimetric response to pH changes, evidenced by the gradual loss of the pink coloration throughout the ham incubation, following the pH increase resulting from the metabolic activity of spoilage bacteria. The antioxidant activity, evaluated by the DPPH method, showed that the films maintained higher and more stable inhibition percentages (35% to 51%) compared to the ham samples, which varied more inconsistently, even exhibiting pro-oxidant behavior when stored without refrigeration. The low compression resistance values of the developed materials demonstrate that the obtained material resembles a gel structure rather than a conventional plastic film. The presence of ethanolic extract, obtained without maceration of the calyces, resulted in a reinforcing effect at low concentrations and structural weakening at higher concentrations. It is concluded that the collagen film incorporated with hibiscus anthocyanins shows potential as active and freshness-indicating packaging for meat products, with refrigeration standing out as a determining factor for maintaining its antioxidant activity, although improvements in the formulation are necessary to enhance its mechanical resistance and structural stability.

Keywords: anthocyanins; *Hibiscus sabdariffa*; active packaging; collagen film; pH indicator.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS	8
2.1	Objetivo Geral	8
2.2	Objetivos Específicos	8
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
3.1	Antocianinas	9
3.1.1	Definição e Estrutura	9
3.1.2	Propriedades Químicas	10
3.2	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	11
3.2.1	Características.....	11
3.2.2	Métodos de Extração.....	11
3.3	Embalagens Ativas e Inteligentes	12
3.4	Polímeros Naturais	13
3.4.1	Colágeno	13
3.4.2	Escolha do produto.....	14
4	METODOLOGIA	16
4.1	Obtenção das amostras	16
4.2	Extração das antocianinas	16
4.2.1	Preparação das amostras	16
4.2.2	Extração	16
4.2.3	Concentração das antocianinas	17
4.3	Análise das antocianinas.....	19
4.4	Preparo das Amostras de presunto.....	20
4.5	Caráter Antioxidante	21
4.6	Análise de Propriedades Mecânicas por Compressão	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1	Antocianinas totais	22
5.2	Variações de pH e Mudanças de cor	22
5.3	Caráter Antioxidante	25
5.4	Propriedades Mecânicas	29
6	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço do setor industrial, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras vem ganhando espaço no setor de embalagens. De acordo com a ABIEF (associação brasileira da indústria de embalagens plásticas flexíveis) o consumo de embalagens plásticas cresce ao longo dos anos, tendo uma alta de 2,5% do ano de 2025 comparado a 2024, totalizando uma produção de 2,33 milhões de toneladas, em que o setor de alimentos se destaca como líder de produção (ABIEF, 2025).

Tendo em vista este crescimento, embalagens ativas e inteligentes, vêm se tornando um grande atrativo, por reunirem princípios ativos como sensores de gases e umidades à polímeros combinados a compostos com características antioxidantes e indicadoras de qualidade, são um grande atrativo, uma vez que, o interesse do consumidor por uma maior garantia de qualidade está cada vez maior, fato que incentiva a aplicação de ferramentas que possam monitorar as condições do alimento, o que pode ser um grande diferencial. Em virtude disto, novas políticas de qualidade são implementadas anualmente para ter um controle mais rigoroso dos alimentos em suas embalagens e evitar o consumo de alimentos deteriorados (Firouz; Mohi-Alden; Omid, 2021).

Dentre os tipos de embalagens inteligentes, a embalagem indicadora de pH expressa as condições do alimento através de uma resposta colorimétrica de acordo com o pH do meio. Existem indicadores sintéticos e naturais, os derivados dos cátions flavílicos, com uma vasta gama de cores, responsáveis pelas colorações azul, vermelho e roxo, que mudam sua coloração por conta das oscilações em sua estrutura, que ocorrem devido a mudanças no pH, como o *Hibiscus sabdariffa* que apresenta em seu cálice a coloração vermelha, que deixa evidente a alta concentração de antocianinas em sua composição (Sthanley *et al.*, 2023).

Diante a reação desses compostos frente mudança de pH, a implementação de embalagens indicadoras mostra-se viável para o monitoramento da qualidade de produtos que possuem mudanças de pH em função de seu envelhecimento. Neste contexto, as embalagens indicadoras podem ser implementadas em diversos produtos na área alimentícia, logo, se torna objeto de estudo deste trabalho o desenvolvimento de uma embalagem indicadora de pH, a partir de filme de colágeno, incorporado com extrato de antocianinas de *Hibiscus sabdariffa*, avaliando seu potencial como

embalagem ativa, por meio de sua atividade antioxidante, e indicadora de pH, para fins de controle de qualidade de embutidos, neste caso, o presunto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma embalagem indicadora de frescor para produto cárneo processado utilizando antocianinas extraídas de *Hibiscus sabdariffa* como sensor calorimétrico de variação de pH.

2.2 Objetivos Específicos

- Extrair as antocianinas presentes no *Hibiscus sabdariffa*.
- Quantificar as antocianinas extraídas por meio de técnicas espectrofotométricas.
- Avaliar a estabilidade das antocianinas frente a variações de pH.
- Elaborar um filme de colágeno.
- Conferir as propriedades mecânicas e relacionadas aos compostos bioativos.
- Incorporar o filme aos extratos obtidos, a fim de obter uma embalagem indicadora.
- Testar a eficácia da embalagem indicadora no monitoramento da deterioração do embutido.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Antocianinas

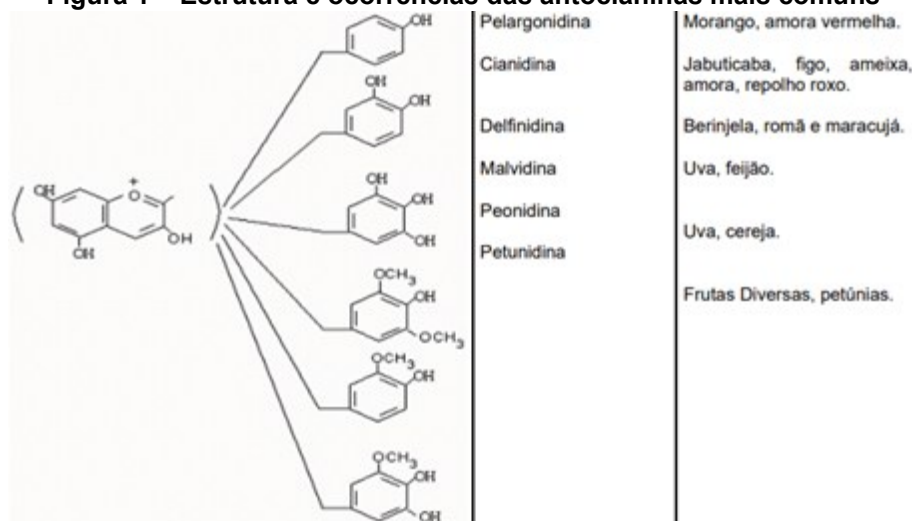
3.1.1 Definição e Estrutura

Pertencentes ao grupo dos flavonoides, as antocianinas são um amplo conjunto de moléculas responsáveis pelos pigmentos azulados, roxos e avermelhados presentes em folhas, flores, frutos e leguminosas, apresentam grande potencial bioativo além de ser um grande substituinte de corantes sintéticos (Zahreddine *et al.*, 2019).

Diversos fatores influenciam na coloração das antocianinas, sendo o pH o mais relevante, pois à medida que este varia, a estrutura dessas moléculas se altera, resultando em mudanças de cor. Um fator relevante para a aplicação das antocianinas é a sua característica hidrossolúvel, o que torna mais fácil a sua aplicação (Teixeira *et al.*, 2008).

Além da clorofila e carotenóides, as antocianinas são responsáveis pela maior parte dos pigmentos visíveis e possuem como estrutura principal um cátion flavílico. Segundo Strack *et al.* (1994) as antocianinas variam de acordo com pequenas mudanças em sua estrutura, como hidroxilas presentes em algumas posições da molécula, grupos metílicos posicionados pelos carbonos da estrutura, deixando a molécula mais ou menos estável às mudanças.

Figura 1 – Estrutura e ocorrências das antocianinas mais comuns



Fonte: Bobbio, Bobbio (1995)

A partir da Figura 1 conseguimos identificar uma estrutura muito similar entre os 6 tipos de antocianinas, havendo apenas algumas mudanças estruturais, como posições de hidroxilas e pequenas ligações nos anéis aromáticos.

3.1.2 Propriedades Químicas

Segundo Pauletto (2019), pouco mais de 27 famílias de antocianinas foram descobertas até então, sendo estas, não só responsáveis pela coloração vibrante que vemos, mas também por ajudar a prevenir a oxidação dos tecidos, no impacto dos raios solares e até contra alguns microrganismos.

As antocianinas também oscilam sua coloração por conta da excitação da molécula quando exposta à luz, segundo Poppi, Março (2008) o cátion flavílio (HA^+) têm uma maior predominância quando em pH extremamente ácido (até 2), quando o pH tende a subir, a coloração que antes era vermelho intenso, vai diminuindo. Quando o pH passa de 7 a coloração tende a ficar azulada tendendo ao amarelo conforme a alcalinidade do meio aumenta.

Pauletto (2019) também cita em seu trabalho, em concordância com (Poppi, Março, 2008) que o aumento da temperatura degrada as moléculas fazendo com que estas mudem sua coloração.

Outro fator que interfere na estabilidade das antocianinas é a presença de outros flavonoides ou cátions presentes no meio (Gouvêa, 2015).

3.2 *Hibiscus sabdariffa*

3.2.1 Características

Popularmente conhecido como hibisco, vinagreira, caruru-azedo ou quiabo roxo, o *Hibiscus sabdariffa* L. pertencente à família Malvaceae, a mesma do algodão e quiabo, é uma planta arbustiva, podendo atingir até 3,5 metros. Suas flores são hermafroditas, de coloração variando de amarelo ao rosa/roxo.

A estrutura de maior interesse é o cálice, justamente o que foi usado no presente trabalho e que é mostrado na Figura 2 e dele, são obtidos a maioria dos produtos derivados do hibisco. O cálice apresenta em sua composição três grupos de compostos bioativos: os fenóis (antocianinas, flavonoides), ácidos orgânicos (ácido cítrico, ácido málico) e polissacarídeos. Dentre esses compostos, destacam-se as antocianinas, sendo a delfinidina-3-sambubiosídeo a mais abundante (DA-COSTA-ROCHA *et al.*, 2014).

Figura 2 – *Hibiscus sabdariffa*



Fonte: Camillo (2015)

3.2.2 Métodos de Extração

A extração é um procedimento empregado a fim de isolar componentes (sólidos ou líquidos) de um meio em questão. Na indústria de alimentos, este processo é de extrema importância, pois possibilita extrair e obter de forma isolada compostos de interesse.

Existem diferentes metodologias de extração, sendo as mais utilizadas para extração de antocianinas, a extração envolvendo solventes orgânicos, extração utilizando água, já que são compostos hidrossolúveis e também, por meio de alguns

ácidos, pois as antocianinas podem estar envolvidas em meio a estrutura do meio, tornando o ácido, um solvente capaz de penetrar em meio a esses tecidos.

Existem diferentes métodos de extração, que variam de acordo com a finalidade de aplicação, por exemplo, a extração por solvente orgânico é muito utilizada e funciona por meio de um solvente previamente selecionado conforme as características da substância a ser extraída, a partir disto, a semelhança entre a polaridade do solvente e dos compostos desejados, faz com que estes sejam solubilizados e carregados junto com o solvente empregado (Ciuffa, 2021; Santos, *et al.*, 2024; Remington, 2006).

Se tratando das antocianinas, como são compostos hidrossolúveis, além de sua extração com água, podem ser extraídos com outros solventes polares, como o etanol, um solvente com maior efetividade comparado à água, e menos nocivo que o metanol, também bastante usual (Frinhani, 1998).

Considerando que o pH ácido ajuda a manter a estabilidade das moléculas, evitando a oxidação das antocianinas, a extração baseada em metodologias como a de Frinhani (1998), que utiliza etanol ou água acidificados com ácido clorídrico é efetiva. No entanto, é essencial manter o controle da temperatura pois, na etapa de concentração do extrato por Rotaevaporação, o solvente é removido sob pressão reduzida, permitindo a aplicação de temperaturas mais baixas, já que as antocianinas degradam quando submetidas a temperaturas superiores a 60°C (Cissé *et al.*, 2009).

3.3 Embalagens Ativas e Inteligentes

As embalagens, no geral, têm a função de guardar e proteger o alimento, além de fornecer informações sobre o conteúdo ali presente, a partir disto, com a evolução e as novas tendências que surgem no mercado, a implementação de ferramentas indicadoras e inteligentes às embalagens começaram a se tornar mais viáveis com o avanço tecnológico (Hanlon, 1998).

Cândido (2023, p. 7) comenta sobre os mais diferentes tipos de embalagens, dentre elas, as ativas e inteligentes, que segundo ele “podem ser definidas como sistemas que se comportam como pequenos processos químicos ou pequenos reatores químicos”.

As embalagens inteligentes indicadoras de pH que serão abordadas neste presente trabalho, expressam as condições do alimento por meio de uma resposta às condições internas da embalagem onde o produto se encontra, essa resposta se dá

tanto de forma eletrônica, quanto por meio de respostas colorimétricas, por alterações nas condições do meio, geralmente no pH (Bracht, 2021).

Essas embalagens podem ser projetadas através de filmes poliméricos com corantes tanto sintéticos, como naturais que se agregam ao polímero apresentando uma resposta visual colorimétrica de acordo com as mudanças do ambiente interno da embalagem (Bezerra *et al.*, 2024).

3.4 Polímeros Naturais

Os polímeros podem ser classificados como sintéticos e naturais, onde os sintéticos são obtidos através do petróleo por meio de reações laboratoriais, o que resulta no plástico, um dos maiores problemas quando se trata de poluição. Voltando o olhar para este problema, se torna interessante e viável o estudo e desenvolvimento de embalagens e filmes indicadores à base de polímeros naturais, obtidos através de amidos, quitina, quitosana, alginato e colágeno (Melo, 2023).

Oriundos de fontes renováveis, os polímeros naturais além de serem mais acessíveis, são biodegradáveis e podem ser combinados com outros compostos a fim de aumentar a vida útil de prateleira por meio da incorporação de moléculas antioxidantes, outro atrativo é a sua aplicação junto a indicadores ácido-base, o que nos implica o uso das antocianinas, estudo do presente trabalho (Vedove, 2019).

3.4.1 Colágeno

A gelatina é obtida por meio da hidrólise parcial ou desnaturação térmica do colágeno presente em peles, ossos e tecidos conjuntivos de animais. Composta majoritariamente por proteínas (88%), água e sais, sua estrutura molecular apresenta aminoácidos predominantes como glicina, prolina e hidroxiprolina (Rather *et al.*, 2022).

Dependendo da procedência da matéria prima e do método de processamento empregado, a gelatina comercial é classificada em dois grupos distintos. A gelatina do Tipo A é majoritariamente obtida a partir de subprodutos de aves, peixes e suínos. Esses tecidos provêm de animais com menor ciclo de vida e idade de abate precoce, o que resulta em uma matriz de colágeno jovem, caracterizada por uma baixa densidade de ligações cruzadas intermoleculares. Consequentemente, a extração requer um pré-tratamento suave em meio ácido e um menor tempo operacional, preservando os grupos amida originais (asparagina e

glutamina) e conferindo à molécula um ponto isoelétrico elevado, situado na faixa alcalina entre 7,0 e 9,0. Em contrapartida, a gelatina do Tipo B é isolada de tecidos bovinos de animais abatidos em estágio de maturação mais avançado. Devido à idade, esses tecidos apresentam uma rede complexa e densamente reticulada por ligações covalentes estáveis, exigindo um processo de extração alcalino significativamente mais drástico e prolongado, que se estende por dias ou semanas. Esse tratamento básico promove a desamidação química da estrutura proteica, convertendo os resíduos de amida em ácidos carboxílicos livres e deslocando o ponto isoelétrico resultante para uma faixa, compreendida entre 4,6 e 5,2 (RATHER *et al.*, 2022).

Amplamente consolidada na indústria de alimentos devido às suas propriedades funcionais como capacidade espessante, emulsificante e agentes de propriedades bioativas intrínsecas, a gelatina e o colágeno têm despertado crescente interesse no desenvolvimento de filmes e embalagens. Para além dessas funcionalidades, a adoção dessa matriz polimérica se dá por conta de suas características mecânicas. A estrutura molecular do colágeno, rica em sequências de aminoácidos estruturais, confere uma elevada coesão interna à matriz polimérica, resultando em biofilmes estáveis e dotados de excelente maleabilidade e flexibilidade, como mostrado por Rather *et al.*, (2022) em sua revisão. Como complemento, a configuração tridimensional de suas cadeias proteicas permite uma eficiente flexibilidade de arranjo molecular, o que facilita interações interfaciais com plastificantes, polímeros secundários. Essa versatilidade estrutural possibilita a modulação de propriedades fundamentais, tais como a resistência à tração e a alongação na ruptura, permitindo o desenvolvimento de barreiras mecanicamente eficientes para a proteção e extensão da vida útil de produtos alimentícios.

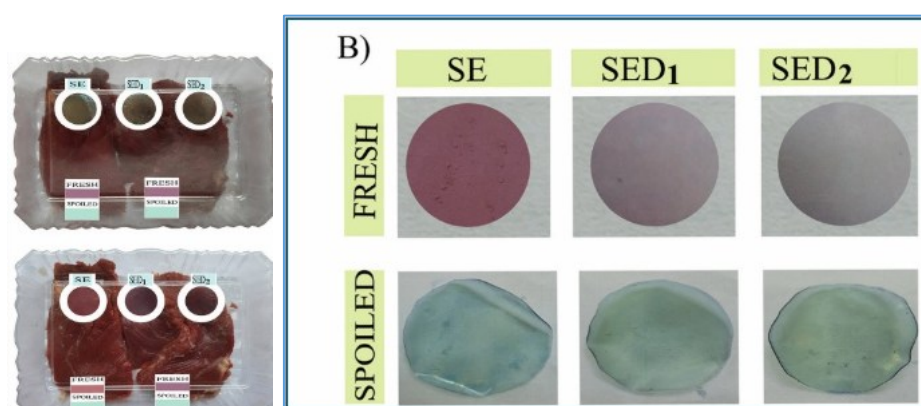
3.4.2 Escolha do produto

Para a escolha do produto a ser analisado, foram levadas em conta várias considerações, a maior delas foi o pH. Diversos alimentos já foram submetidos a testes relacionados a embalagens indicadora. Koshy *et al.*, (2021) implementou os filmes contendo antocianinas extraídas a partir da *Clitoria ternatea* para o monitoramento de carne de porco, constatando que a ação microbiana promove a liberação de nitrogênio, cujo pH é alcalino e em meio a carne de porco, que apresenta

pH levemente ácido, alterou as condições do meio, fazendo com que o filme mudasse do roxo para o verde.

A Figura 3 ilustra o perfil comparativo do comportamento do filme em duas etapas: no momento do contato inicial com a matriz cárnea (fresca) e, subsequentemente, após o desencadeamento dos processos de deterioração do alimento. Observa-se que a embalagem atua como um indicador visual em tempo real, respondendo de forma sensível às alterações químicas decorrentes da degradação proteica e lipídica da carne.

Figura 3 – Aplicação do filme à base de antocianinas extraídas de *Clitorea ternatea*



Fonte: Koshy *et al.*, (2021)

É evidente a mudança na coloração dos filmes de acordo com a degradação, fato que Sganzerla *et al.*, (2021) não aborda em seu estudo, mas observa que as antocianinas extraídas de Amora preta ajudam na conservação e em seus testes de bancada a respeito da reatividade ao pH mostram que as soluções variam do vermelho claro em pH ácido, até o verde quando em meio alcalino.

Para o presente trabalho, as análises de viabilidade das antocianinas como indicadores de pH em alimentos serão feitas com embutido cárneo (presunto), produto altamente suscetível a contaminações microbiológicas.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção das amostras

A amostra de *Hibiscus sabdariffa* utilizada no presente estudo foi comprada em uma loja de produtos naturais na cidade de Roncador, Paraná em uma quantidade de 100g. A amostra está apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Hibisco



Fonte: Autoria própria (2026)

4.2 Extração das antocianinas

4.2.1 Preparação das amostras

Como as amostras já estavam secas e devidamente selecionadas, foram apenas trituradas até que as partículas ficassem com o menor tamanho possível para facilitar a extração.

Os ensaios de extração foram realizados com as amostras íntegras e fragmentadas para avaliar o efeito da área superficial específica no processo de extração.

4.2.2 Extração

A extração foi feita utilizando a proporção de 15g/100mL de solvente extrator sendo obtidos três extratos distintos:

- Extrato aquoso obtido com o hibisco não macerado
- Extrato etanólico obtido com o hibisco não macerado (amostra íntegra).
- Extrato etanólico obtido com amostra de hibisco triturado.

As amostras foram deixadas em infusão sob refrigeração em frascos Schott por 10 dias e, posteriormente, foram filtradas em papel filtro com auxílio de um funil de vidro (Figura 5). A torta foi descartada e o filtrado, armazenado em um balão de vidro de fundo chato com junta, para posterior rotaevaporação até a completa retirada do solvente utilizado.

Figura 5 - Filtragem dos extratos obtidos



Fonte: Autoria própria (2026)

4.2.3 Concentração das antocianinas

Visando a máxima concentração das antocianinas, o filtrado obtido foi submetido à rotaevaporação (Figura 6) sob a temperatura controlada de 45 °C, prevenindo a degradação térmica das mesmas. O processo foi conduzido até a obtenção de um resíduo viscoso, com coloração vermelho-escura intensa, indicativo de uma matriz altamente concentrada nesses pigmentos.

Figura 6 - Rotaevaporação do extrato



Fonte: Autoria própria (2026)

Após a rotaevaporação, o concentrado viscoso foi transferido para placas de petri, envoltas com plástico filme e levadas ao congelador. Após estarem totalmente congeladas, as placas de petri com as amostras foram submetidas ao processo de liofilização a -56°C e $300\mu\text{Hg}$, para a total evaporação da parte úmida ainda presente, sem que ocorra a degradação dos compostos de interesse (Figura 7).

Figura 7 – Amostras Liofilizadas



Fonte: Autoria própria (2026)

4.3 Análise das antocianinas

Para quantificação de antocianinas totais, foram preparados 100 mL das soluções tampão cloreto de potássio pH 1 e acetato de sódio pH 4,5, assim como realizado por Vicente (2018).

Posteriormente, foram adicionados aproximadamente 0,2g dos 3 extratos obtidos após a liofilização, nas soluções tampão, nas seguintes concentrações, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Concentrações das alíquotas

Água	Etanol (Cálice Triturado)	Etanol (Cálice Inteiro)
0,025 g/mL	0,014 g/mL	0,015 g/mL

Fonte: Autoria própria (2026)

Após o preparo, alíquotas de cada solução foram avaliadas espectrofotometricamente em 520nm e 700nm como consta o método pH diferencial (Lee; Durst; Wrolstad, 2005). Os resultados das absorbâncias obtidas foram usados para determinar a concentração de antocianinas presentes em cada amostra, como mostra a Equação 1 e 2.

$$AntocianinasTotais = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH1,0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH4,5} \quad (1)$$

$$Concentração = \frac{AntocianinasTotais \times MM \times FD}{\epsilon} \quad (2)$$

Onde MM representa a massa molar da antocianina delfinidina-3-sambubiosídeo, pigmento dominante na matriz (MM = 597 g/mol), ϵ representa seu coeficiente de extinção molar ($\epsilon = 26900 \text{ L / (mol.cm)}$), FD o fator de diluição da amostra calculados a partir da razão dos volumes usados das soluções tampão (Etanol: FD amostra inteira = 1,625; FD amostra triturada = 1,75, FD da água = 1).

As antocianinas totais são expressas em mg de antocianina por g de extrato seco.

As amostras com prefixo 1 foram armazenadas na geladeira, e as amostras com prefixo 2 foram deixadas sob temperatura ambiente. A embalagem de presunto fechada foi deixada também, sob refrigeração.

Como mostra a Figura 9, também foi feito um grupo controle, sem a presença do filme e um filme sem extrato, para uma comparação mais abrangente a respeito da interferência e comportamento do extrato na degradação do presunto.

As amostras foram incubadas e monitoradas por um período de 6 dias. A variação do pH também foi avaliada.

4.5 Caráter Antioxidante

A avaliação do potencial antioxidante da matriz cárnea (presunto) e dos filmes de colágeno foi realizada via método de sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), adaptado por Santo (2024). A solução controle de DPPH foi preparada em meio metanólico e água destilada (4:1 v/v), com concentração ajustada para obter uma absorbância inicial de 0,943 a 517 nm. Para a reação, alíquotas de 250 µL da solução de DPPH foram misturadas a 50 µL do analito (extrato de cada amostra de presunto obtido a partir de 0,2 g de amostra macerada e diluída em 1,5 mL de água destilada ou 0,05 g de cada amostra de filme antes e após os dias de incubação). Após incubação por 30 min ao abrigo da luz, as absorbâncias foram medidas a 517 nm. A capacidade de sequestro dos radicais livres foi calculada de acordo com a Equação 3.

$$A\% = \frac{(A_{controle} - A_{amostra}) \times 100}{A_{controle}} \quad (3)$$

4.6 Análise de Propriedades Mecânicas por Compressão

Para definir a máxima força necessária para perfurar o filme, foram feitos 4 ensaios de compressão no equipamento texturômetro (TA.XT Express, Stable Micro Systems), localizado no laboratório PPGTA na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão. Os ensaios foram realizados apenas com os filmes iniciais, por conta do comportamento observado nos filmes após a incubação, com o ganho de umidade e o início da degradação, as amostras se tornaram inviáveis a ser submetidas ao test. Logo, as amostras de filme iniciais foram dispostas em uma plataforma plana e rígida, onde receberam uma força perpendicular progressiva

exercida por uma sonda de formato cilíndrico. À medida que a sonda comprime a amostra em velocidade constante, o transdutor do equipamento registra a força resistiva suportada pelo filme até a sua perfuração.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Antocianinas totais

As antocianinas totais determinadas a partir do método pH diferencial consta, na tabela 2.

Tabela 2 – Antocianinas Totais

Etanol (Cálice Triturado)	0,890 mg/g
Etanol (Cálice Inteiro)	0,881 mg/g
Água	0,482 mg/g

Fonte: Aatoria Própria (2026)

Os extratos obtidos a partir de etanol apresentaram teores de antocianinas muito próximos, quase o dobro do teor obtido no extrato aquoso, fator consistente, já que extrações a partir de solventes orgânicos são mais eficientes em relação a água pura (Lrein *et al.*, 2024).

5.2 Variações de pH e Mudanças de cor

Quanto a resposta colorimétrica dos filmes indicadores, foi observado um processo de descoloração. As amostras iniciais de filme, apresentavam coloração levemente rosa, conferindo o pH da solução colágeno, a qual apresentava pH 6, levemente ácida, por conta da solução aquosa de colágeno (8% m/v) (Terrazas, 2019).

Conforme o processo de degradação acontecia, notou-se um leve aumento no pH do presunto, que inicialmente era 5 e ao final dos 6 dias de incubação chegou a pH próximo de 7. Podemos conferir as diferenças na coloração dos filmes na Figura 9, 10 e 11.

Figura 9 – Amostras Iniciais



Fonte: Autoria Própria (2026)

É nítido a coloração rosa em todos os filmes, característica que se perdeu ao logo dos dias de incubação, como mostrado nas Figuras 10 e 11, que mostram as amostras incubadas sob refrigeração e em temperatura ambiente.

Figura 10 – Amostras refrigeradas (após incubação)



Fonte: Autoria Própria, 2026.

Figura 11 – Amostras não refrigeradas (após incubação)

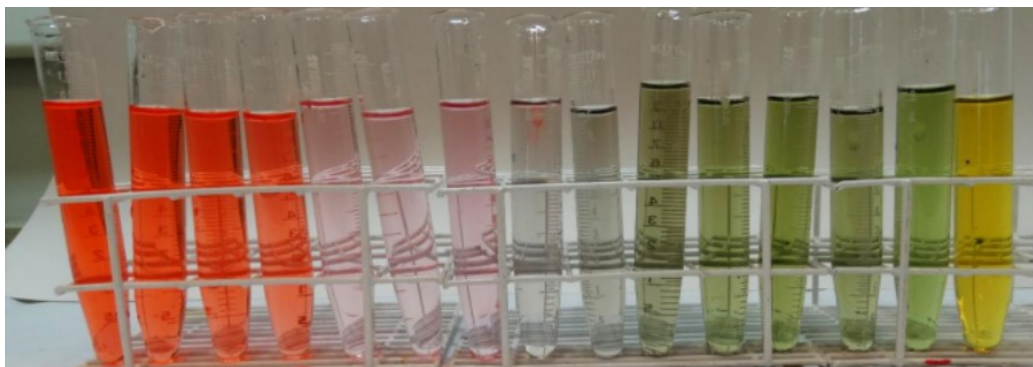


Fonte: Autoria Própria (2026)

Segundo Dorn-in *et al.* (2024) os gêneros de bactérias que mais estão presentes na deterioração de produtos cárneos, são as *Pseudomonas* e *Acinetobacter* que usam a carne como meio de cultura, para exercer suas funções metabólicas. Estudos como o de Nie, Li e Li (2023) relatam que após o cultivo de bactérias do gênero *Pseudomonas* o pH do meio que antes era 7,2 subiu para 9,21. Esse fator pode ter desencadeado o leve aumento do pH no presunto, interferindo na descoloração do filme, como visto nas imagens acima.

Logo, como podemos ver na Figura 12, quanto mais ácido o pH, a coloração tende a ficar cada vez mais vermelha. Isso se dá, pois, em pH ácido há a predominância do cátion flavílico, responsável por essa coloração. Conforme o pH aumenta, a estrutura das antocianinas muda, a molécula perde íons H^+ para o meio, convertendo o cátion flavílio em base carbinol, em sequência, chalcona, que é predominantemente incolor como apresentado por Strack *et al.* (1994).

Figura 12 – Escala de pH (0 – 14) da esquerda para a direita

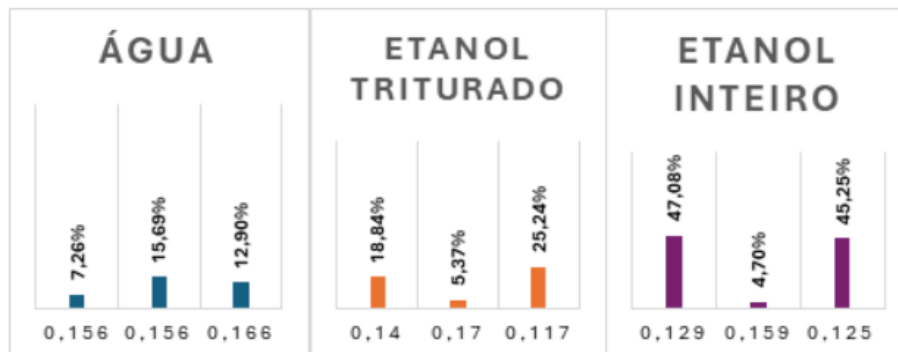


Fonte: Pereira *et al.*, (2017)

5.3 Caráter Antioxidante

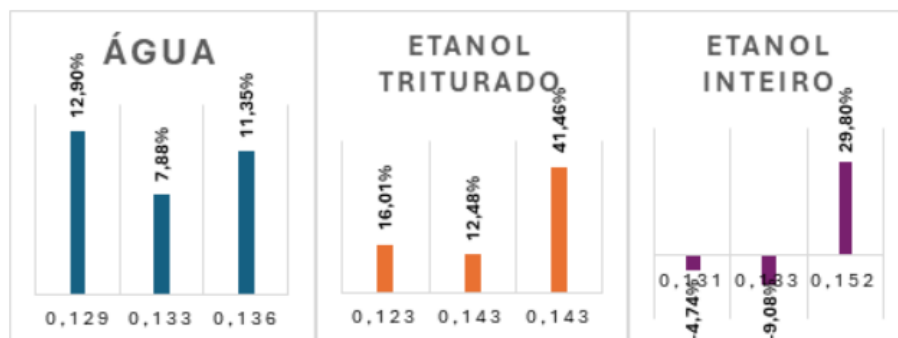
As amostras de filme e presunto apresentaram comportamentos antioxidantes diferentes, como mostrado nos gráficos 1 ao 5. No eixo x, constam as concentrações na alíquota de DPPH, considerando a concentração do filme e do presunto relacionados quando adicionados ao volume da solução DPPH.

Figura 13 – Percentual Antioxidante vs Concentrações (g/mL): Amostras refrigeradas (após a incubação)



Fonte: Autoria Própria (2026)

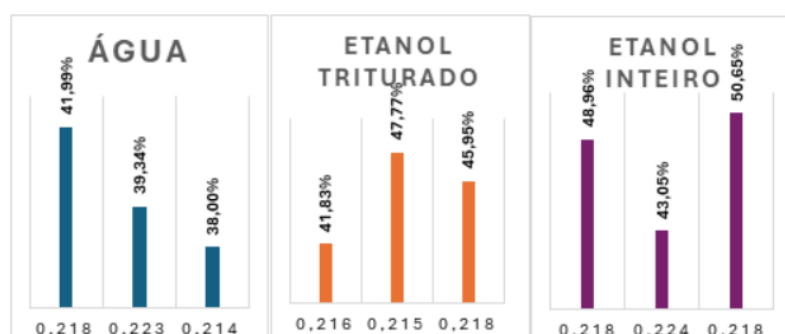
Figura 14 – Percentual Antioxidante vs Concentrações (g/mL): Amostras Não Refrigeradas (após a incubação)



Fonte: Autoria Própria (2026)

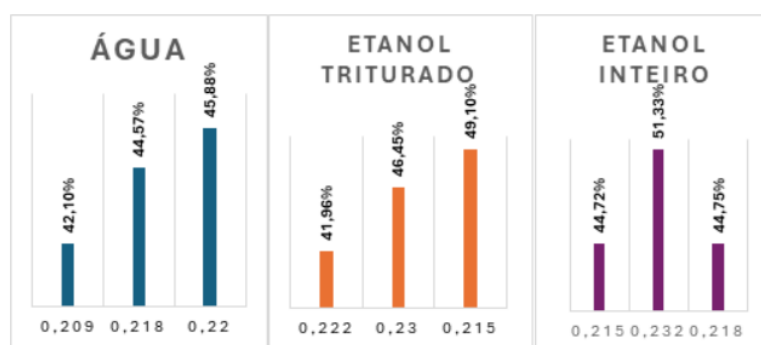
Entre os extratos de presunto, as amostras provenientes da incubação com filmes contendo extrato etanólico de hibísco inteiro obtiveram os resultados mais heterogêneos. As amostras mantidas sob refrigeração chegaram a valores de 47% de inibição, já as amostras incubadas em temperatura ambiente, apresentaram, valores negativos. CASTAÑEDA-ARRIAGA *et al.*, (2018) e ANTWI-BOASIAGO *et al.*, (2025) identificaram efeitos pró-oxidantes em compostos fenólicos, dependendo das condições ambientais, o que reforça a ideia de que a ausência de refrigeração acelera a degradação da amostra.

Figura 15 – Percentual Antioxidante vs Concentrações (g/mL): Filme Inicial



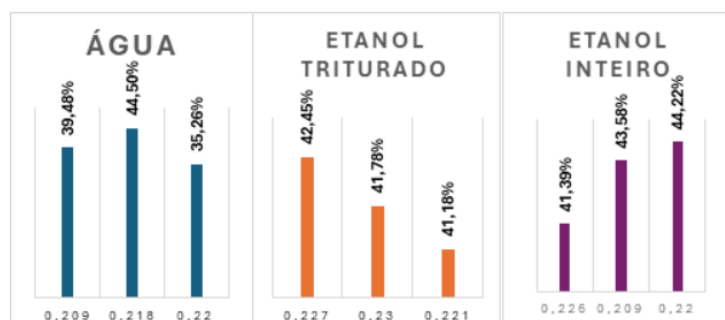
Fonte: Autoria Própria (2026)

Figura 16 – Percentual Antioxidante vs Concentrações (g/mL): Filme Refrigerado (após incubação)



Fonte: Autoria Própria (2026)

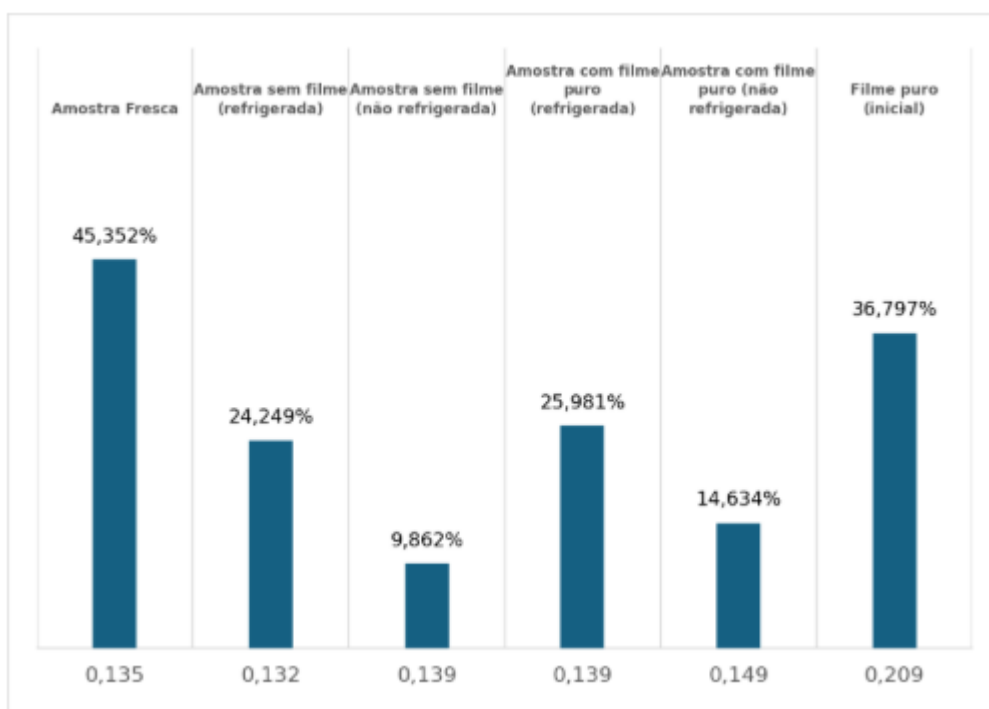
Figura 17 – Percentual Antioxidante vs Concentrações (g/mL): Filme Não Refrigerado (após incubação)



Fonte: Autoria Própria (2026)

Quando analisamos os filmes contendo extrato aquoso, percebemos que os percentuais antioxidantes são menores que os filmes feitos à base do extrato com etanol. Krein *et al.*, (2024) discorre em seu trabalho sobre a diferença na utilização de solventes hidroalcolólicos para a extração das antocianinas e sua maior afinidade e solubilidade tanto destas, quanto dos demais compostos fenólicos que podem estar presentes na matriz.

Figura 18 – Percentual Antioxidante vs Concentrações (g/mL): Parâmetros



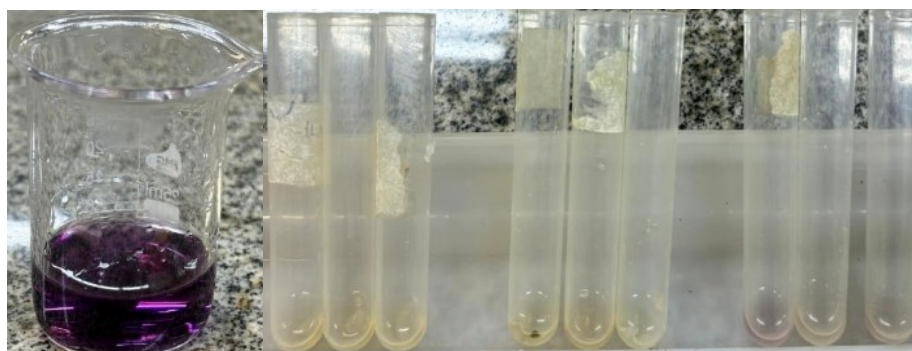
Fonte: Autoria Própria (2026)

De maneira geral, os filmes de colágeno contendo extrato de hibísco apresentaram percentuais de atividade antioxidante mais altos e consistentes em comparação às amostras de presunto, independentemente do solvente utilizado na

extração. Essa discrepância pode ser explicada pelo próprio processo de degradação do presunto ou também, pela incorporação das próprias antocianinas à matriz polimérica, que além de protegê-las, são uma fonte mais concentrada de antioxidantes (Zhu *et al.*, 2023; Teixeira; Soares; Stringheta, 2021).

A molécula DPPH apresenta um radical livre estável caracterizado por sua intensa coloração roxa. Ao interagir com moléculas antioxidantes, estas transferem um átomo de hidrogênio ou um elétron para o radical, promovendo sua neutralização. Esse processo resulta na perda da coloração roxa e na mudança da solução para tons amarelados ou transparentes, acompanhada pela redução da absorbância, como mostrado na figura 19.

Figura 19 – Reação de captura dos radicais DPPH nos tubos com filme inicial, filme após incubação refrigerada e presunto.



Fonte: Autoria Própria (2026)

Conforme disposto na Figura 19, podemos compreender de fato, o mecanismo a reação do método DPPH e como ele é visual. Conforme os radicais livres se ligam as moléculas antioxidantes presentes, mais a coloração roxa degrada, ficando amarela ao longo do tempo de reação.

Quando observamos os valores obtidos para a análise dos filmes, nos 3 últimos gráficos apresentados, vemos que estes, mantiveram valores estáveis, variando entre 35% e 51% de sequestro do radical DPPH nas três condições analisadas. Já as amostras de presunto exibiram grande oscilação, em alguns casos próximas de 5%, em outros atingindo picos superiores a 40%, essa variação mostra maior inconsistência na resposta antioxidante do presunto.

Por fim, quando ampliamos esses resultados, comparando-os com as amostras parâmetro, como os grupos controle, que são as amostras de presunto incubadas sem a presença de filme, o presunto fresco e as amostras de filme sem

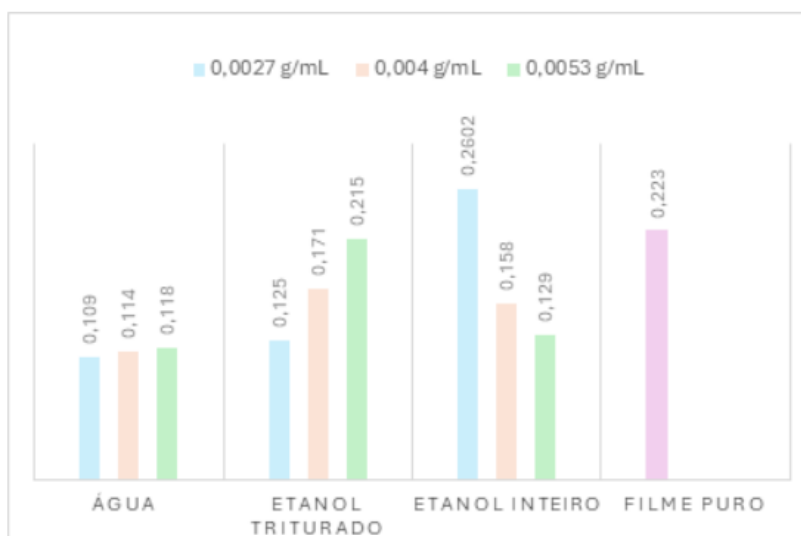
extrato, apenas com colágeno, observamos uma lógica nos resultados. A amostra de presunto fresco apresenta atividade antioxidante de 45,35% garantida pelos conservantes presentes e pelas condições assépticas dentro da embalagem fechada (WENSING; JOÃO, 2019).

Ao compararmos com as amostras em filme com e sem refrigeração, fica evidente que mesmo na ausência de qualquer filme, a ausência de refrigeração é o fator mais relevante relacionado a degradação. A amostra incubada somente com o filme de colágeno puro, sem extrato, mesmo fora da geladeira, apresentou valor superior a amostra sem filme, com valor de 14,63% contra 9,86%.

5.4 Propriedades Mecânicas

Assumindo o filme puro, sem a adição de extrato, como controle para esta análise, com força de pico de 0,223 N podemos avaliar como as concentrações influenciam na resistência mecânica a compressão do filme.

Figura 20 – Pico de Força: Análise de Compressão (N)



Fonte: Autoria Própria (2026)

Os resultados indicam que a influência do extrato sobre as propriedades mecânicas depende da concentração incorporada e do método de extração empregado.

Observando os resultados, podemos perceber que os filmes contendo o extrato aquoso apresentam os menores valores de força de pico, dentre todas as concentrações testadas. Nota-se que o aumento da concentração provocou apenas

pequenas alterações na resistência à perfuração, sugerindo baixa interação entre os compostos extraídos e a matriz de colágeno. Este comportamento também foi observado por Riguetto *et al.*, (2022), verificando que a água reduz as forças intermoleculares entre as cadeias polipeptídicas, o que compromete a coesão estrutural do filme.

Os filmes à base de extrato etanólico de hibisco triturado apresentam um comportamento na força de pico que cresce linearmente conforme a concentração de extrato aumenta, chegando bem próximo ao valor do filme puro, sem extrato. Isto indica que os compostos bioativos extraídos podem ter favorecido uma organização mais eficiente da rede polimérica.

Já a amostra de extrato etanólico obtido com hibisco inteiro apresentou um comportamento diferente dos demais ensaios, conforme a concentração aumenta, a força de pico necessária para perfurar o filme diminui, superando inclusive o valor observado para o filme controle. Esse comportamento foi observado por Gallego *et al.*, (2016) onde, em concentrações elevadas de extrato, os filmes apresentavam menor resistência a tração e compressão. Esse resultado sugere que pequenas quantidades do extrato atuaram reforçando a matriz polimérica, enquanto concentrações superiores possivelmente favoreceram descontinuidades estruturais ou reduziram as interações intermoleculares entre as cadeias de colágeno, diminuindo a resistência mecânica do material. Esse comportamento é típico de concentração ótima, em que pequenas quantidades reforçam a matriz polimérica, mas concentrações superiores passam a comprometer sua integridade estrutural.

Tendo em vista os valores relativamente baixos de resistência mecânica, observados nos ensaios, é possível definir o material como hidrogel a despeito de filme polimérico. Estudos caracterizam filmes compostos somente de colágeno como termicamente sensíveis e maior capacidade de absorção de água, fator que amolece sua estrutura e o torna menos resistente (LATORRE; RAVAZZOLI; VELAZQUEZ, 2025).

6 CONCLUSÃO

Este trabalho desenvolveu e caracterizou um filme de colágeno incorporado com antocianinas de *Hibiscus sabdariffa*, avaliando seu potencial como embalagem ativa e indicadora de pH para presunto. Os solventes a base de etanol mostraram-se mais eficientes na extração das antocianinas do que a água (0,88 mg/g contra 0,48 mg/g), refletindo-se também em maior atividade antioxidante. Já os filmes apresentaram resposta colorimétrica visível às variações de pH, com perda gradual da coloração rosada ao longo da incubação do presunto, acompanhando o aumento do pH associado à deterioração microbiana. Quanto à atividade antioxidante (DPPH), os filmes mantiveram-se mais estáveis e eficazes do que o presunto, cuja resposta foi inconsistente e, as amostras sem refrigeração, chegaram a apresentar comportamento pró-oxidante nos extratos de etanol inteiro. Já os ensaios de compressão revelaram valores baixos de força de perfuração, indicando uma estrutura mais próxima de um gel físico do que de um filme plástico, com efeito de reforço em baixas concentrações de extrato e enfraquecimento em concentrações mais altas. De forma geral, o filme desenvolvido apresenta potencial promissor como embalagem ativa e indicadora para produtos cárneos, sendo a refrigeração um fator determinante para sua estabilidade. Como limitações, destacam-se a consistência gelatinosa do material e a ausência de ensaios mecânicos após a incubação. Para trabalhos futuros, recomenda-se investigar agentes reticulantes para melhorar a resistência mecânica do filme, bem como validar sua eficácia por meio de testes microbiológicos e sensoriais complementares.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. I.; JUNQUEIRA, R. M. A.; DIAS, N. C. Caracterização de consumidores, atributos de mercado e estratégias para o crescimento da cadeia produtiva de hortaliças orgânicas no distrito federal. **CODEPLAN**. 2007.
- BAGHALPOUR, N.; AYATOLLAHI, A. S.; NADERI, N.; HOSSEINABADI, T.; TAHERI, Y.; MAHROO BAKHTIYARI, J.; SHINWARI, Z. K.; KHALIL, T. A.; SHARIFI-RAD, J. Antinociceptive and anti-inflammatory studies on *Tradescantia zebrina*. **Pakistan Journal of Botany**. Tehran, Irã, 2021.
- BENZI, L. Consumo per capita de embalagens plásticas flexíveis cresce no Brasil em 2023. **ABIEF**, 2024.
- BEZERRA, C. A.; LOPEZ, Q. M. A.; SANTOS, P. M. A. Filmes biopoliméricos biodegradáveis inteligentes e ativos contendo antocianinas: uma revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 4, p. 1-31, 2024.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos: pigmentos**. 2ª ed. Varela, 1995, p 105-120. Acesso em: 19 ago. 2024.
- BRACHT, B. B. **Produção e caracterização de embalagens inteligentes com indicadores naturais e sintéticos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.
- BRAGA, L. R.; SILVA, F. M. Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 4, p. 170-186, 2017.
- CAMILLO, Julceia. **Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.). A Planta da Vez**. Campinas 2015.
- CASTAÑEDA-ARRIAGA, R.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; REINA, M.; ALVAREZ-IDABOY, J. R.; GALANO, A. Comprehensive investigation of the antioxidant and pro-oxidant effects of phenolic compounds: a double-edged sword in the context of oxidative stress? **The Journal of Physical Chemistry B**. v. 122, n. 23, p. 6198-6214. 2018.
- CISSÉ, M.; VAILLANT, F.; ACOSTA, O.; DHUIQUE-MAYER, C.; DORNIER, M. Thermal degradation kinetics of anthocyanins from blood orange, blackberry, and roselle using the Arrhenius, Eyring, and Ball models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 57, n. 14, p. 6285-6291, 2009.
- CIUFFA, M. A. L. **Extrato da folha da *Urera baccifera* por tecnologia supercrítica comparada às metodologias convencionais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2021.
- CORDEIRO, S. Z. ***Tradescantia pallida* var. *purpurea* (Rose)**. UNIRIO, 2019

DA-COSTA-ROCHA, I.; BONNLAENDER, B.; SIEVERS, H.; PISCHEL, I.; HEINRICH, M. Hibiscus sabdariffa L. – a phytochemical and pharmacological review. **Food Chemistry**. v. 165, p. 424-443, 2014.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DORN-IN, S; MANG, S; COSENTINO, O; SCHWAIGER, K. Changes in the microbiota from fresh to spoiled meat, determined by culture and 16S rRNA analysis. **Journal of Food Protection**. v. 87, n. 2, p. 100212, 2024.

FERREIRA, L. A. Extração e quantificação de antocianina em fruta e polpa de morango. 2014. Trabalho apresentado ao Programa de Iniciação Científica (PIC) – **Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA)**. Assis, 2014.

FIROUZ, M. S.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. **Food Research International**. v.141. 2021

FRINHANI, E. M. **Efeito de antocianinas de uvas roxas (enocianinas) e de antocianinas extraídas de trapoeraba (Tradescantia pallida) em ratos normais e diabéticos**. Universidade Estadual de Viçosa - Magistério em Agroquímica. Viçosa, 1998.

GABAS, V. G. S.; CAVALCANTE, O. A. Influência da adição da goma arábica em filmes isolados de polímero acrílico: estudo das propriedades de intumescimento e de permeabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.39. 2003.

GOUVÊA, S. M. C. A. **Extração, isolamento e caracterização de antocianinas de fontes naturais e sua aplicação na análise de alimentos por cromatografia líquida**. Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2015.

HANLON, J.F.; KELSEY, R.J.; FORCINIO, H.E. Elements of Packaging. In: Handbook of Package Engineering. **Technomic Publishing Company**. Pennsylvania, 1998.

INETI – INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Processo de preparação de concentrados da baga de sabugueiro e outras matérias-primas vegetais para utilização como corante em produtos alimentares, cosméticos e farmacêuticos. Patente Portuguesa 98517B, 1994.

JIANG, G.; HOU, X.; ZENG, X.; ZHANG, C.; WU, H.; SHEN, G.; LI, S.; LUO, Q.; LI, M.; LIU, X.; CHEN, A.; WANG, Z.; ZHANG, Z. Preparation and characterization of indicator films from carboxymethyl-cellulose/starch and purple sweet potato (Ipomoea batatas (L.) lam) anthocyanins for monitoring fish freshness. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 143, p. 359–372, 2020.

JÚNIOR, W. K. B; SPINELLI, A.; SÓRIS, S. S. Encapsulação do corante extraído do fruto do açaí (Euterpe oleracea) com o uso da técnica de adsorção por contato. **Observatório de la Economía Latinoamericana**. Curitiba, v. 11, p. 1-20, 2024.

KONG, J. M.; CHIA, L. S.; GOH, N. K.; CHIA, T. F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Elsevier Ltd**. All rights reserved, 2003.

KOSHY, R. R., KOSHY, J. T., MARY, S. K., SADANANDAN, S., JISHA, S., & POTHAN, L. A. (2021). Preparation of pH sensitive film based on starch/carbon nano dots incorporating anthocyanin for monitoring spoilage of pork. **Food Control**, v. 126. 2021.

LANA, K. D. **Caracterizações espectroscópicas e de tempo de vida em soluções fluorescentes inseridas em saliva artificial em função do pH**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

LATORRE, M. E.; RAVAZZOLI, P. D.; VELAZQUEZ, D. E. Mechanical, surface, and thermal properties of gelatin-collagen blend films with potential application to biodegradable packaging. **International Journal of Food Properties**, v. 28, n. 1, 2025.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the ph differential method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1269-1278, 2005.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v. 13, n. 3, p. 291-297, 2007.

MARÇO, H. P.; POPPI, J. R. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1218-1223, 2008.

MELO, S. L. S. **Compósitos de quitosana aditivados com nanocelulose e óxido de grafeno (GO) para eletrolisadores PEM**. 2023. Tese (Doutorado) – Engenharia de Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

MERZ, B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes indicadores contendo antocianinas do fruto do jambolão (*Syzygium cumini*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.

MOTA, G. F.; NUNES, P. T.; BORGES, S. D. A.; SILVA, D. G. A. CONSTANT, L. B. P. Extração e quantificação de antocianinas de flores desidratadas de *Clitoria ternatea*. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 9. 2022

NIE, M.; LI, K.; LI, Z. B-Alanine Metabolism Leads to Increased Extracellular pH during the Heterotrophic Ammonia Oxidation of *Pseudomonas putida* Y-9. **Microorganisms**, v. 11, n. 2, p. 356, 31 jan. 2023.

PAULETTO, R. **Isolamento de antocianinas monoméricas de elevada pureza utilizando técnica de extração em fase sólida**. Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2019.

PELISSARI, F. M. **Produção e caracterização de filmes de amido de mandioca, quitosana e glicerol com incorporação de óleo essencial de orégano**. Mestrado em Ciência de Alimentos - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

Pereira, S. A.; Vitorino, J.; Assis, A. O uso de indicadores naturais para abordar a experimentação investigativa problematizadora em aulas de Química. **Educação Química em Ponto de Vista**. v. 1, n. 2, p. 135-148, 2017.

PEREIRA, T. A. M.; SPINELLI, A. Extração de corantes dos frutos de tucumã (*Astrocaryum tucuma*) e açaí (*Euterpe oleracea*) para aplicação em tingimento de tecido de algodão. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**. Itapetininga, SP, v. 11, e024018, p. 1-18, 2024.

RATHER, Jahangir A. *et al.* A comprehensive review on gelatin: Understanding impact of the sources, extraction methods, and modifications on potential packaging applications. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 34, 100945, p. 1-15, 2022.

REKHA, R. K.; JIJO, T. K.; SIJI, K.; MARY, S.; SADANANDAN, S.; JISHA, L.; LALY, A. P. Preparation of pH sensitive film based on starch/carbon nano dots incorporating anthocyanin for monitoring spoilage of pork. **Food Control**, v. 126, 2021.

REMYINGTON, P. J. Remington: The science and practice of pharmacy. 21. ed. **Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins**. 2006.

RIGUETO, C. V. T.; ROSSETO, M.; ALESSANDRETTI, I.; DE OLIVEIRA, R.; WOHLMUTH, D. A. R.; MENEZES, J. F.; LOSS, R. A.; DETTMER, A.; PIZZUTTI, I. R. Gelatin films from wastes: a review of production, characterization, and application trends in food preservation and agriculture. **Food Research International**, v. 162, part B, p. 112114, 2022.

ROCHA, S. R.; SILVA, M. Y.; MEIRELLES, A. M. L. Desenvolvimento e caracterização de biocompósito baseado em quitosana/argila/colágeno. **REMUNOM**, v. 13, n. 11, p. 1-39, 2026.

RODRIGUES, T. J. A. **Otimização Da Extração De Pectina Do Córtex Da Raiz Da Mandioca E Sua Aplicação No Desenvolvimento De Embalagens Para Alimentos**. Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola - Tese de Doutorado. Campina Grande, Paraíba, 2024.

SALES, J. J. H.; ROCHA, C. Q.; FIGUEIREDO, P. M. S. Avaliação de atividades biológicas do extrato bruto hidroalcoólico de *Euterpe oleracea* Mart e composição química por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). **Revista Thêma et Scientia**, v. 14, n. 1, 2024.

SANGALETI, N.; PORTO, E.; BRAZACA, S. G. C.; YAGASAKI, C. A.; DEA, R. C. D.; SILVA, M. V. **Estudo da vida útil de queijo minas**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, 2009.

SANTOS, C. S.; FEIJÓ, F. M. C.; ALVES, N. D.; HOLANDA, J. R. C.; RODRIGUES, G. S. O. Fitoterapia em animais de produção e de companhia. p. 16–25. **Atena Editora**. 2024.

SGANZERLA, W. G.; PEREIRA, R. C. P.; ULIANA, N. R.; CASSETARI R, M. B.; ROSA, C. G.; FERRAREZE, J. P.; VEECK, A. P.; NUNES, M. R. (2021). Bioactive and pH-sensitive films based on carboxymethyl cellulose and Blackberry (*Morus nigra* L.) anthocyanin-rich extract: A perspective coating material to improve the shelf life of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L. var *cerasiforme*). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, 2021.

SILVA, S. R. **Extração e estabilidade de Pigmentos antociânicos de frutos de Mari-Preinha (*Solanum americanum*)**. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, p. 76.

STHANLEY, R. D. L.; LOURENÇO, R. L.; THOMAZ, MESSIAS, N. D.; ANDRADE, A. A.; PILLA, V. Rendimentos quânticos de fluorescência e tempos de vida de corante natural aquoso extraído de Tradescantia pallida purpurea em diferentes potenciais de hidrogênio. **Photochem.** Uberlândia, v. 3, n.1, p. 1-14. 2023.

STRACK, D.; WRAY, V. Antocianinas: Métodos em bioquímica vegetal. P.M. Dey, J. B. **Harborne (Eds.)**, Imprensa Acadêmica, Nova Iorque, p. 325-356, 1989.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. D. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, v. 55, n. 7, p. 297-304, 2008.

TEIXEIRA, S. C.; SOARES, N. de F. F.; STRINGHETA, P. C. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 24. 2021.

TEIXEIRA, V. C. M.; BARBÉRIO, A. Biomonitoramento do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D. R. Hunt var purpurea Boon (Commelinaceae). **Ambi-Agua, Taubaté**, v. 7, n. 3, p. 279-292, 2012.

TERRAZAS, B. M. **Desenvolvimento, caracterização e aplicação de filmes indicadores contendo antocianinas da casca de jaboticaba (*Plinia jaboticaba*)**. 2019. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.

VEDOVE, D. R. A. M. T. **Amido termoplástico com potencial indicador de mudança de pH para embalagens de alimentos**. 2019. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Acesso em: 14 de ago. 2024.

VICENTE, S. N. M. E. **Quantificação e classificação do teor de antocianinas e suas atividades biológicas em três variedades de *Hibiscus rosasinensis* L.** 2018. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Faculdade do Algarve. Algarve, 2018.

WENSING, C. S.; JOÃO, J. J. Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de um conservante natural em presunto cozido. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 6, 2019.

XAVIER, C. Cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas sequencial (HPLC-MS/MS). **LACAQUE - UNESP**, 2023.

ZAHREDDINE, C. F.; PAIXÃO, M. F. D. M.; VASCONCELOS, E. A. D. L. Obtenção de extratos naturais a partir de antocianinas presentes em folhas, frutas e flores na

fabricação de papel indicador de pH. **XXII Seminário de Iniciação Científica**. Feira de Santana, 2019.

ZHU, B.; ZHONG, Y.; WANG, D.; DENG, Y. Active and intelligent biodegradable packaging based on anthocyanins for preserving and monitoring protein-rich foods. **Foods**, v. 12, n. 24, p. 4491, 2023.