

Bioembalagem Inteligente com Indicador de Frescor Utilizando Repolho Roxo

Vicctória Batista de Almeida

Faculdade de Tecnologia de Campinas – Fatec Campinas
victoria.almeida@aluno.cps.sp.gov.br

Fabiana Cristina Andrade Corbi

Faculdade de Tecnologia de Campinas – Fatec Campinas
fabiana.corbi@cps.sp.gov.br

Resumo

O uso de plásticos derivados do petróleo tem intensificado os impactos ambientais decorrentes do acúmulo de resíduos sólidos, impulsionando o desenvolvimento de materiais biodegradáveis e sustentáveis. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um bioplástico à base de amido de milho incorporado com um indicador natural de pH obtido a partir do repolho roxo, visando sua aplicação como bioembalagem inteligente. Inicialmente, foram avaliadas diferentes formulações contendo extrato previamente obtido do vegetal; entretanto, os filmes não apresentaram as características físicas desejadas. Após a adequação da metodologia, com a incorporação direta do repolho roxo durante a gelatinização da matriz polimérica, foram obtidos filmes homogêneos, flexíveis e de fácil manipulação. A funcionalidade do indicador foi avaliada por meio de ensaios com substâncias de diferentes faixas de pH, nos quais as antocianinas permaneceram ativas, promovendo alterações visuais de coloração compatíveis com a acidez e alcalinidade do meio. Os resultados demonstraram o potencial do material desenvolvido como alternativa sustentável e de baixo custo para futuras aplicações em embalagens inteligentes destinadas ao monitoramento da qualidade de alimentos.

Palavras-Chave

Bioembalagem; bioplástico; repolho roxo; sustentável.

1. Introdução

O desenvolvimento de materiais sustentáveis para a indústria de embalagens tem despertado crescente interesse científico devido à necessidade de substituir polímeros convencionais por alternativas biodegradáveis e de menor impacto ambiental. Entre os materiais mais promissores destacam-se os bioplásticos produzidos a partir de fontes renováveis, como o amido de milho, que apresenta baixo custo, ampla disponibilidade e elevada capacidade de formação de filmes, além da sustentabilidade, pesquisas recentes têm buscado incorporar funcionalidades às bioembalagens, dando origem às chamadas embalagens inteligentes, capazes de monitorar alterações relacionadas à qualidade dos alimentos. Nesse contexto, as antocianinas presentes no repolho roxo destacam-se

como indicadores naturais de pH, pois apresentam mudanças de coloração em resposta às variações de acidez e alcalinidade do meio. Dessa forma, o presente relatório descreve o desenvolvimento de um bioplástico à base de amido de milho incorporado com indicador natural de repolho roxo, apresentando as etapas experimentais realizadas entre fevereiro e junho de 2026 para a obtenção de uma bioembalagem inteligente com potencial aplicação no monitoramento de alimentos.

2. Metodologia

O desenvolvimento do bioplástico foi baseado em metodologias descritas na literatura para obtenção de filmes biodegradáveis à base de amido e incorporação de indicadores naturais de pH em matrizes poliméricas, sendo realizadas adaptações durante o desenvolvimento experimental para otimizar a formação dos filmes e a incorporação das antocianinas provenientes do repolho roxo (D'ALMEIDA et al., 2024; XIONG et al., 2024).

Inicialmente, foram avaliadas diferentes formulações contendo amido de milho, glicerina, água destilada e extrato previamente obtido de repolho roxo. Como as formulações não apresentaram formação adequada dos filmes, a metodologia foi modificada, adotando-se a extração simultânea das antocianinas durante a preparação da matriz polimérica.

Na metodologia final, foram homogeneizados 4,0 g de amido de milho, 1,2 g de glicerina e 100 mL de água destilada em um béquer. Em seguida, foram adicionados 15 g de folhas de repolho roxo previamente higienizadas e fragmentadas. A mistura foi mantida em banho-maria a 80 °C durante 30 minutos, sob agitação constante, promovendo simultaneamente a gelatinização do amido e a extração dos pigmentos naturais. Após esse período, os fragmentos do vegetal foram removidos e a solução obtida foi distribuída em placas de Petri, contendo 20 g e 30 g da mistura, sendo posteriormente submetida à secagem em estufa a 70 °C por 24 horas para obtenção dos filmes bioplásticos.

Após a obtenção dos filmes bioplásticos, foi realizado o ensaio de determinação do teor de umidade com o objetivo de avaliar a quantidade de água presente na amostra, utilizando o Analisador de Umidade por Infravermelho IV2500, da marca Gehaka.

A funcionalidade do indicador foi avaliada por meio de ensaios qualitativos utilizando substâncias domésticas e reagentes químicos com diferentes faixas de pH, incluindo ácido clorídrico (HCl), vinagre, limão, detergente, shampoo, bicarbonato de sódio, hidróxido de sódio (NaOH) e água sanitária. Pequenas quantidades dessas substâncias foram aplicadas sobre a superfície dos filmes, sendo registradas as alterações visuais de coloração promovidas pelas antocianinas, conforme metodologias empregadas em estudos de embalagens inteligentes baseadas em pigmentos naturais (AKHILA et al., 2024; LEI; ZHANG, 2024).

3. Resultados e Discussão

Inicialmente, foram avaliadas três formulações de filmes bioplásticos contendo diferentes proporções de amido de milho e glicerina, mantendo-se constante a quantidade de extrato de repolho roxo incorporado à matriz polimérica. Entretanto, nenhuma das formulações apresentou formação

adequada após a secagem, resultando em materiais com elevada retenção de umidade, aspecto semelhante a um gel e forte aderência às placas de Petri, impossibilitando sua remoção.

Diante desse resultado, a metodologia foi adaptada, adotando-se a incorporação direta do repolho roxo durante a gelatinização da matriz polimérica. A alteração permitiu a obtenção de filmes homogêneos, com superfície lisa, boa flexibilidade e integridade estrutural, possibilitando sua remoção das placas sem danos (Figura 1). Durante a manipulação, os filmes suportaram dobramentos e amassamentos manuais sem apresentar rachaduras ou rupturas.



Figura 1 Resultado do filme de bioplástico.

Fonte Autoria própria, 2026.

Os resultados demonstram que a adaptação da metodologia favoreceu a formação da matriz polimérica e a incorporação das antocianinas. Trabalhos recentes relatam que a forma de incorporação dos pigmentos naturais influencia diretamente as propriedades físicas e a estabilidade de bioembalagens inteligentes, corroborando os resultados obtidos neste estudo.

Avaliação da resposta do indicador natural ao pH

Após a obtenção dos filmes, avaliou-se a resposta do indicador natural frente a substâncias com diferentes faixas de pH. Os ensaios demonstraram que as antocianinas permaneceram ativas após sua incorporação ao bioplástico, promovendo alterações visuais de coloração compatíveis com a acidez ou alcalinidade do meio.

Substância	pH aproximado	Faixa de pH	Imagem após aplicação
HCL	1 – 2	Muito ácido	

Substância	pH aproximado	Faixa de pH	Imagem após aplicação
Limão	2 – 3	Ácido	
Vitamina C efervescente	3 – 4	Ácido	
Vinagre (ácido acético)	2,5 – 3,5	Ácido	
Shampoo	5 – 6	Levemente ácido	
Condicionador	4 – 5	Levemente ácido	
Sabonete Principia	5 – 6	Levemente ácido	
Açúcar (solução aquosa)	~7	Neutro	
Sal de cozinha (solução aquosa)	~7	Neutro	

Substância	pH aproximado	Faixa de pH	Imagem após aplicação
Detergente	7 – 8	Levemente básico	
Sabonete líquido	8 – 10	Básico	
Fermento químico	8 – 9	Básico	
Bicarbonato de sódio	8 – 9	Básico	
Sabão em pó	10 – 11	Básico	
Água sanitária	11 – 13	Fortemente básico	
NaOH	13 – 14	Muito básico	

Tabela 1 Relação dos resultados visuais do teste de pH.**Fonte** Autoria própria, 2026

As mudanças de cor seguiram o comportamento característico das antocianinas presentes no repolho roxo. Em meios fortemente ácidos, como HCl e limão, o filme apresentou tonalidades rosadas e avermelhadas. Em pH próximo da neutralidade, observou-se coloração predominantemente

lilás, enquanto soluções alcalinas, como bicarbonato de sódio, água sanitária e hidróxido de sódio, promoveram mudanças para tons esverdeados e amarelados.

Essas alterações estão associadas às transformações estruturais das antocianinas em função do pH, comportamento amplamente descrito na literatura para indicadores naturais empregados em embalagens inteligentes. Dessa forma, os resultados confirmam que o método desenvolvido preservou a atividade do indicador mesmo após o processamento térmico empregado na produção dos filmes.

Caracterização visual e teor de umidade

Visualmente, os filmes apresentaram superfície homogênea, lisa e coloração lilás logo após a secagem. Durante o armazenamento, observou-se alteração gradual para tonalidade marrom-clara, possivelmente relacionada à degradação parcial das antocianinas. Entretanto, mesmo após essa mudança, os filmes continuaram apresentando resposta visual às variações de pH, indicando que o indicador permaneceu funcional.

Embora não tenham sido realizados ensaios mecânicos específicos, observou-se boa resistência durante a manipulação manual, permitindo dobrar e amassar os filmes sem ocorrência de quebras ou fissuras.

A determinação do teor de umidade resultou em 4,49%, indicando baixa quantidade de água residual no material após o processo de secagem. Esse resultado demonstra que as condições empregadas foram adequadas para obtenção de um filme estável e complementam a caracterização do material desenvolvido.

4. Considerações finais

O presente estudo demonstrou a viabilidade da produção de um bioplástico à base de amido de milho incorporado com indicador natural de pH proveniente do repolho roxo. Embora a metodologia inicial não tenha possibilitado a formação adequada dos filmes, a adaptação do processo, com a extração simultânea das antocianinas durante a gelatinização da matriz polimérica, resultou em filmes homogêneos, flexíveis e de fácil manipulação.

Os ensaios com substâncias de diferentes faixas de pH evidenciaram que as antocianinas permaneceram ativas após sua incorporação ao bioplástico, promovendo alterações visuais de coloração compatíveis com a acidez e a alcalinidade do meio. Esses resultados confirmam o potencial do material desenvolvido para aplicação como embalagem inteligente de baixo custo, capaz de atuar como indicador visual de alterações químicas relacionadas à conservação de alimentos. Dessa forma, o estudo contribui para o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis aos plásticos convencionais e fornece subsídios para pesquisas futuras envolvendo testes com alimentos, avaliação da estabilidade do material e caracterização de suas propriedades mecânicas.

5. Agradecimentos

À FATEC Campinas pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pela disponibilização da estrutura, dos laboratórios, equipamentos e materiais que possibilitaram sua realização. À Prof.^a Dr.^a Fabiana Cristina Corbi, expressa-se especial agradecimento pela orientação, dedicação, incentivo e confiança durante o desenvolvimento do projeto, bem como pelos conhecimentos compartilhados e pelo acompanhamento em cada etapa da pesquisa, a experiência proporcionada contribuiu não apenas para a realização deste estudo, mas também para o crescimento acadêmico e científico da autora.

6. Referências

- AKHILA, K.; RAMAKANTH, D.; RAO, L. L.; SINGH, S.; GAIKWAD, K. K. **Plant phytochemicals as bio-responsive compounds in smart packaging for food spoilage detection: a comprehensive review**. Sustainable Food Technology, v. 2, p. 860–875, 2024. DOI: 10.1039/D4FB00072B.
- D'ALMEIDA, A. P.; ALBUQUERQUE, T. L. **Innovations in food packaging: from bio-based materials to smart packaging systems**. Processes, v. 12, n. 10, p. 2085, 2024. DOI: 10.3390/pr12102085.
- LEI, Q.; ZHANG, W. **Research progress of bio-based intelligent packaging indicator loaded with natural pigments**. Journal of Food Science and Technology, v. 42, n. 1, p. 20–31, 2024. DOI: 10.12301/spxb202300271.
- MUSSAGY, C.; UGARTE, H. **Nuevo bioplástico creado en la PUCV cambiará la forma de envasar proteínas animales**. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 22 set. 2023. Disponível em: <https://www.pucv.cl/pucv/noticias/destacadas/nuevo-bioplastico-creado-en-la-pucv-revolucionara-la-forma-de-ensasar>. Acesso em: 27 abr. 2026.
- SICILIANO, S.; LOPRESTO, C. G.; LAMONACA, F. **From traditional packaging to smart bio-packaging for food safety: a review**. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, v. 9, 2024.
- WLODARKIEWICZ, M. E.; MIGNONI, M. L. **Bioplásticos: uma revisão teórica sobre uso de nanocelulose e amido derivados de resíduos agroalimentares**. Revista Perspectiva, v. 48, n. 182, p. 89–103, 2024.
- XIONG, G.; ZHOU, X.; ZHANG, C.; XU, X. **A comprehensive review of intelligent packaging materials based on biopolymers: role of anthocyanins, type and properties of materials, and their application in monitoring meat freshness**. International Journal of Biological Macromolecules, v. 282, 2024.