

## Propriedades colorimétricas de filmes inteligentes à base de antocianinas

J. C. Spada<sup>1</sup>, J. Nakatsukasa<sup>2</sup>, B.B Bracht<sup>3</sup>

1 - Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CEP: 90035-000 – Porto Alegre – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 3308-2197 – e-mail: ([jordana.corralo@ufrgs.br](mailto:jordana.corralo@ufrgs.br))

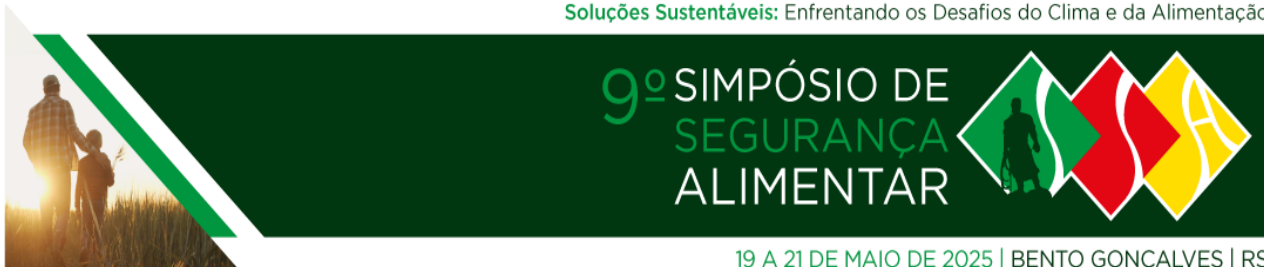
2 - Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CEP: 90035-000 – Porto Alegre – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 3308-2197 – e-mail: ([jun.nakatsukasa@gmail.com](mailto:jun.nakatsukasa@gmail.com))

3 - Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CEP: 90035-000 – Porto Alegre – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 3308-2197 – e-mail: ([brachtbruna@hotmail.com](mailto:brachtbruna@hotmail.com))

**RESUMO** – Pesquisas sobre embalagens inteligentes têm avançado devido à capacidade de interagir com o ambiente e indicar a qualidade dos alimentos, contribuindo para a redução de desperdício e resíduos sólidos. Este estudo focou na produção de filmes sustentáveis com indicadores naturais. Filmes de amido de mandioca, glicerol e antocianinas (pó do bagaço de uva, cascas de rabanete e repolho roxo) foram produzidos e avaliados quanto à mudança de cor em pHs de 2 a 10. Diferenças de cor sutis ( $\Delta E$ : 1,33-6,73) entre pH 5 e 7 limitaram a aplicabilidade dos filmes iniciais. Testes posteriores com extrato de bagaço de uva e celulose bacteriana como base resultaram em maior sensibilidade ( $\Delta E$ : 2,6-9,6) e integridade do filme. Assim, a celulose bacteriana mostrou-se um biopolímero promissor para embalagens inteligentes com indicadores de frescor à base de antocianinas do extrato do bagaço de uva.

**ABSTRACT** – Research on smart packaging has advanced due to its ability to interact with the environment and indicate food quality, contributing to the reduction of waste and solid residues. This study focused on the production of sustainable films with natural indicators. Films made of cassava starch, glycerol, and anthocyanins (grape pomace powder, radish peels, and red cabbage) were produced and evaluated for color changes at pH levels ranging from 2 to 10. Subtle color differences ( $\Delta E$ : 1.33–6.73) between pH 5 and 7 limited the applicability of the initial films. Subsequent tests using grape pomace extract and bacterial cellulose as a base resulted in greater sensitivity ( $\Delta E$ : 2.6–9.6) and improved film integrity. Thus, bacterial cellulose proved to be a promising biopolymer for smart packaging with freshness indicators based on anthocyanins from grape pomace extract.

**PALAVRAS-CHAVE:** antocianinas; embalagens inteligentes; amido; celulose bacteriana.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

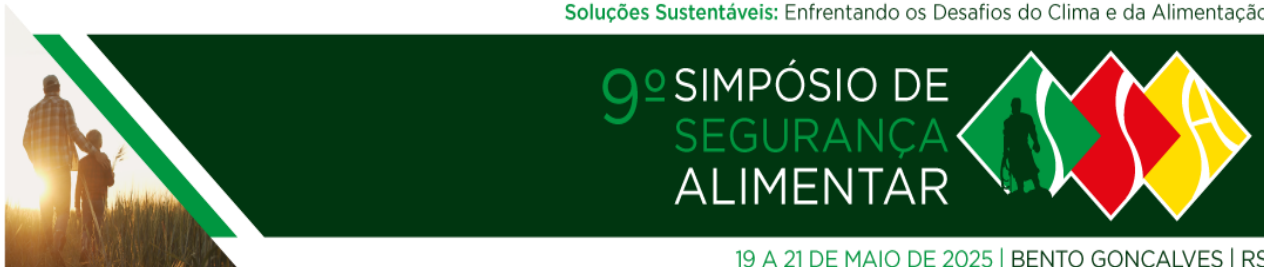
KEYWORDS: anthocyanins; intelligent packaging; starch; bacterial cellulose.

## 1. INTRODUÇÃO

Pesquisas focadas no desenvolvimento de embalagens capazes de retardar a deterioração química e microbiológica ou monitorar a qualidade e a segurança dos alimentos têm aumentado significativamente nos últimos anos. Atualmente, destacam-se as embalagens ativas, que alteram o ambiente ao redor do alimento para manter suas propriedades sensoriais e de segurança, e as embalagens inteligentes, que monitoram a condição do alimento e fornecem informações ao consumidor sobre sua qualidade durante o transporte, armazenamento ou exposição no mercado. Sensores ou indicadores que sinalizam alterações específicas no alimento ou no ambiente ao seu redor são utilizados para desenvolver essas embalagens inteligentes. Compostos naturais, como as antocianinas, podem ser usados como indicadores devido à sua capacidade de mudar de cor em diferentes valores de pH. Diversas fontes ricas em antocianinas têm sido exploradas, como repolho roxo, cenoura preta, berinjela, mirtilo, uvas e jabuticaba.

Um dos maiores resíduos gerados no processamento de frutas é o bagaço da uva. Segundo dados da Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (2023), o Rio Grande do Sul é o maior estado produtor de uvas no Brasil, respondendo por cerca de 90% da produção nacional. Em 2023, foram colhidas aproximadamente 664.890 toneladas de uvas destinadas ao consumo e à produção de sucos e vinhos. Antigamente, os viticultores utilizavam os resíduos (bagaço e engaços) como ração animal ou fertilizante agrícola, mas atualmente as empresas precisam realizar compostagem desses resíduos, o que gera custos adicionais. Os resíduos de uvas para vinho (bagaço e sementes) correspondem a aproximadamente 20% do peso das uvas e podem chegar a 25% na produção de sucos (Mello e Silva, 2014). Dependendo da cultivar, mais de 70% da massa do resíduo corresponde às cascas, ricas em antocianinas.

Dada a crescente preocupação ambiental, há uma necessidade urgente de embalagens sustentáveis que considerem o tipo de matéria-prima (materiais de origem fóssil ou renováveis), os custos dos materiais, o gasto energético, e o destino final das embalagens (biodegradabilidade, compostabilidade e reciclabilidade). Assim, o polímero usado para produzir embalagens inteligentes deve ser ecológico e compatível com o corante natural. Com base nas considerações acima, o objetivo do presente estudo foi desenvolver uma embalagem inteligente a partir de subprodutos e verificar o comportamento da coloração do filme quando em contato com soluções tampão de diferentes valores de pH.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Materiais, obtenção da celulose bacteriana e extração das antocianinas

O filme de celulose bacteriana foi obtido através da purificação da cultura SCOBY fornecida pela Tao Kombucha (Porto Alegre, Brasil). O bagaço de uva, obtido da Sucos Monte Vêneto (Cotiporã, Brasil), as cascas de rabanete e o repolho roxo foram liofilizados, moídos e armazenados no congelador. A cultura SCOBY foi processada seguindo os métodos descritos por Sharma *et al.* (2019) e Osorio *et al.* (2017). As antocianinas foram extraídas a partir do bagaço de uva moído utilizando uma solução ácida cítrica 0,1 M, na proporção de 1:10 (m/v). A mistura foi agitada durante 1 hora à temperatura ambiente, centrifugada e filtrada através do filtro Whatman No.42. O extrato resultante foi armazenado em recipiente de vidro âmbar sob refrigeração para análises posteriores.

### 2.2. Preparo dos filmes indicadores

A produção dos filmes de amido (4%) foi realizada pela técnica de casting de acordo com a metodologia de Talja *et al.* (2008), com algumas modificações. Para a preparação do filme à base de celulose bacteriana, pedaços de filmes (400 mm<sup>2</sup>) foram mergulhados no extrato de uva durante três horas usando o método *ex-situ*. Após a absorção, os filmes foram removidos e secos à temperatura ambiente.

### 2.3. Sensibilidade ao pH

Os filmes produzidos (4 cm<sup>2</sup>) foram imersos em soluções tampão (Dinâmica e Synth, Brasil) com pH variando entre 2 e 12, por 5 minutos. Em seguida, os filmes foram colocados na superfície de uma placa branca padrão e os parâmetros de cor foram medidos em um colorímetro (ColorQuest XE, Hunter Laboratory, EUA) utilizando a escala de cor CIELAB (L\*, a\*, b\*). A diferença de cor ( $\Delta E$ ) foi calculada, assim como os parâmetros relacionados à percepção visual da cor conhecidos como Chroma e ângulo Hue.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o aspecto dos filmes produzidos após imersão nas soluções tampão de diferentes pHs. Diferente dos filmes de rabanete que apresentaram visualmente colorações avermelhadas, o repolho roxo apresentou colorações mais rosadas. Os resultados mostraram que os filmes de amido com o pó dos corantes, independentemente da fonte de antocianinas utilizada, apresentaram diferenças de cor ( $\Delta E$ ) sutis na faixa de pH entre 5 e 7 (1,33 a 6,73), além da



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

instabilidade do corante e heterogeneidade da matriz, limitando a aplicabilidade desses filmes. Assim, novos testes foram conduzidos apenas com o extrato do bagaço de uva, que demonstrou maior estabilidade da cor e homogeneidade. Em filmes feitos com extrato, os compostos se dispersaram mais uniformemente, melhorando a intensidade e uniformidade das mudanças de cor em relação aqueles feitos com o pó do bagaço de uva. No entanto, ainda foram detectados baixos valores de  $\Delta E$  (0,7 a 6,6) entre os pHs 5 e 7. Em um último teste, foram produzidos filmes com o extrato do bagaço de uva e a celulose bacteriana como polímero base, visando melhorar a resistência à água. Nesta etapa, foram encontrados resultados promissores devido à maior sensibilidade à mudança de pH ( $\Delta E$  entre 2,6 e 9,6) e integridade do filme indicador após imersão na solução tampão.

Dependendo da fonte de antocianina, (antocianidinas majoritárias), grau de acilação e associação, diferentes tonalidades podem ser observadas. De acordo com Wu e Prior (2005), foram detectadas 23 antocianinas no repolho roxo, todas derivadas da cianidina, já para o rabanete foram detectadas 34 antocianinas, majoritariamente derivadas da pelargonidina com traços de cianidina. De acordo com Benmeziane et al. (2016), estão presentes na uva 12 tipos de antocianinas, porém as antocianidinas majoritárias correspondem à malvinida e à peonidina. Os diferentes tipos de antocianinas e suas fontes fazem com que a mudança de cor seja distinta com as variações de pH.

Devido à estrutura molecular das antocianinas ter natureza iônica, a cor das antocianinas depende do pH da solução, como mostrado na Figuras 1. Em condições ácidas, algumas antocianinas aparecem vermelhas. As antocianinas têm um tom roxo em pH neutro, enquanto a cor muda para azul em condições de aumento de pH. Os pigmentos vermelhos das antocianinas estão predominantemente na forma de cátions flavílio (WU *et al.*, 2020). Essas antocianinas são mais estáveis em uma solução com menor pH. Em um pH mais baixo, o cátion flavílio formado permite que a antocianina seja altamente solúvel em água. A diminuição da concentração de água aumenta a taxa de desprotonação do cátion flavílio, reduzindo assim a estabilidade da cor (COUTINHO *et al.*, 2015). Em condições de aumento de pH, ocorre a formação da pseudobase carbinol incolor e estruturas quinonoidais aniônicas. Essa espécie quinonoidal azul/verde é instável em um pH mais baixo. Em um intervalo de pH entre 4-6, uma solução contendo antocianina tem pouca tonalidade devido à pequena quantidade do cátion flavílio e ânion quinonoide presente. Nesse intervalo de pH coexistem quatro formas estruturais das antocianinas: cátion flavílio, base quinonoide anidra, base carbinol incolor e a chalcona amarelo pálido. O equilíbrio entre as bases quinonoides e carbinol ocorre por meio do cátion flavílio (CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009).



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

**Figura 1** – Indicadores após imersão em soluções tampão de diferentes valores de pH: a) filme de amido e rabanete; b) filme de amido e repolho roxo; c) filme de amido e pó do bagaço de uva; d),filme de amido e extrato do bagaço de uva; e) filme de celulose bacteriana e extrato do bagaço de uva.

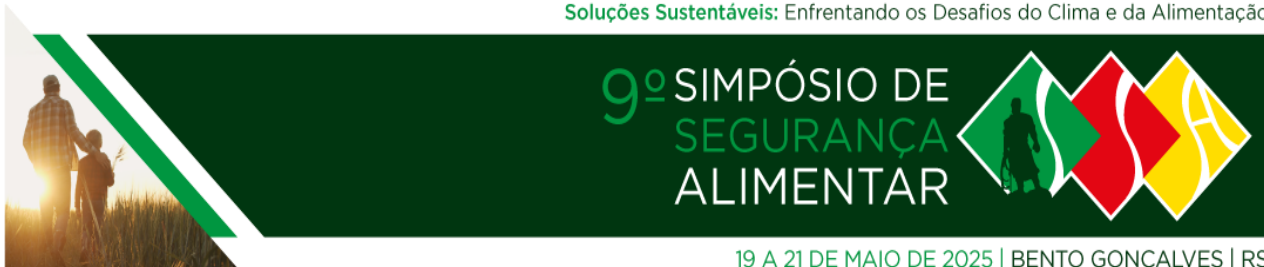


## CONCLUSÕES

Com os resultados encontrados ressalta-se a influência da fonte de antocianinas e do biopolímero na coloração e sensibilidade dos filmes produzidos. A celulose bacteriana destacou-se como um possível biopolímero de uso industrial para a confecção de embalagens inteligentes contendo antocianinas como indicadores de frescor em alimentos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS pelo apoio financeiro.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENMEZIANE, F., CADOT, Y., DJAMAI, R., & DJERMOUN, L. (2016). Determination of major anthocyanin pigments and flavonols in red grape skin of some table grape varieties (*Vitis vinifera* SP.) by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection (HPLC-DAD). **Oeno One**, v. 50, n.3, p. 125–135, 2016

COUTINHO, I.B., FREITAS, A., MAÇANITA, A.L., LIMA, J.C. Effect of water content on the acid–base equilibrium of cyanidin-3-glucoside. **Food Chemistry**, v. 172, p. 476–480, 2015

CASTAÑEDA-OVANDO, A., PACHECO-HERNÁNDEZ, M. DE L., PÁEZ-HERNÁNDEZ, M.E., RODRÍGUEZ, J.A., GALÁN-VIDAL, C.A. Chemical studies of anthocyanins. **Food Chemistry**, v. 113, p. 859–871, 2009

MELLO, L. M. R., SILVA, G. A. Disponibilidade e Características de Resíduos Provenientes da Agroindústria de Processamento de Uva do Rio Grande do Sul. **Embrapa: Comunicado Técnico 155**, v. Fevereiro, p. 1–6, 2014.

OSORIO, M., VELÁSQUEZ-COCK, J., RESTREPO, L.M., ZULUAGA, R., GAÑÁN, P., ROJAS, O.J., ORTIZ-TRUJILLO, I., CASTRO, C. Bioactive 3D-Shaped Wound Dressings Synthesized from Bacterial Cellulose: Effect on Cell Adhesion of Polyvinyl Alcohol Integrated In Situ. **International Journal of Polymer Science**, 3728485, 2017

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO. Produção de uvas para industrialização e produtos vitivinícolas elaborados na safra 2023, no Estado do Rio Grande do Sul - resumo geral, 2023. Disponível em <https://www.agricultura.rs.gov.br/dados-uvas-vinhos>

SHARMA, C., BHARDWAJ, N.K. Biotransformation of fermented black tea into bacterial nanocellulose via symbiotic interplay of microorganisms. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.132, p.166–177, 2019

TALJA, R. A., HELÉN, H., ROOS, Y. H., JOUPPIA, K. Effect of type and content of binary polyol mixtures on physical and mechanical properties of starch-based edible films. **Carbohydrate Polymers**, v.71, n. 2, p. 269–276, 2008

WU, C., LI, Y., SUN, J., LU, Y., TONG, C., WANG, L., YAN, Z., PANG, J. Novel konjac glucomannan, films with oxidized chitin nanocrystals immobilized red cabbage anthocyanins for intelligent food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 98, 105245, 2020

WU, X., PRIOR, R. L. Identification and characterization of anthocyanins by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry in common foods in the United States: Vegetables, nuts, and grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p.3101–3113, 2005