



## Área: Tecnologia de alimentos

# DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM INTELIGENTE BIODEGRADÁVEL A PARTIR DE AMIDO DE FEIJÃO E ANTOCIANINAS COMO INDICADOR DE pH

**Alisson Santa Catarina\*, Jean Pereira\*\*, Bárbara Biduski, Marcelo Hemkemeier**

*Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, RS*  
*E-mail: \*161614@upf.br; \*\*150358@upf.br*

**RESUMO** – A busca por alternativas sustentáveis na cadeia de produção de embalagens se faz necessária, para assim, denegrir menos o meio ambiente. Uma das possibilidades oriundas da tecnologia de alimentos, é a utilização de subprodutos para produzir embalagens sustentáveis. O objetivo deste trabalho foi desenvolver embalagens inteligentes biodegradáveis a partir de resíduos agroindustriais utilizando amido de feijões quebrados e antocianinas da casca da uva dos resíduos da vinificação. Filmes de amido de feijão contendo 0%, 10% e 20% de extrato rico em e avaliadas as propriedades físico-químicas, mecânicas, solubilidade, espessura, coloração e aparência dos filmes. A adição de extrato de antocianinas diminuiu a resistência a tração (2,92 MPa) em relação aos filmes sem extratos. Por outro lado, a elongação dos filmes aumentou com a adição do extrato (130,29 e 148,88%). A espessura e a solubilidade aumentaram nos filmes com 20% de extrato rico em antocianinas em relação ao filme sem extrato. A cor dos filmes quando submetidos a diferentes faixas de pH variaram da tonalidade avermelhada em pH ácido até a cor esverdeada em pH básico. Aferimos que é possível desenvolver embalagens biodegradáveis com a utilização de resíduos agroindustriais.

**Palavras-chave:** Resíduos agroindustriais. Bagaço de uva. Embalagem inteligente. Indicador de pH.

## 1 INTRODUÇÃO

Os polímeros sintéticos de fontes não renováveis tiveram um crescimento de produção considerável após a Segunda Guerra Mundial. Segundo Geyer et al. (2017), de 1950 a 2015 cerca de 60% dos plásticos produzidos foram descartados e estão se acumulando em aterros ou no ambiente natural. As embalagens sintéticas acarretam aumento na poluição ambiental, tornando-se um desafio para a humanidade e, conseqüentemente, uma oportunidade de desenvolvimento de tecnologias sustentáveis na área de alimentos. A indústria alimentícia deve pensar no melhor emprego dos subprodutos gerados em seus processos. A utilização de filmes de amido para desenvolver embalagens ativas e inteligentes para alimentos é interessante pelo baixo custo, e por não ser alergênico, não ser tóxico, e abundante, é reconhecido como seguro (GRAS) (ZHAO et al., 2018).

Ainda, cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são desperdiçadas globalmente por ano, oriundos de frutas e legumes, juntamente com raízes e tubérculos, são os itens com a maior taxa de desperdício (KADZINSKA et al., 2019). Nesse contexto, o reaproveitamento desses subprodutos permite agregar valor à cadeia produtiva e valorização do subproduto através da extração de amido. As indústrias de beneficiamento de feijão e processamento de uva originam diversos subprodutos de agregado valor comercial, porém geralmente rejeitados pela indústria de alimentos (ROCKENBACH et al., 2011; EMBRAPA, 2012).

A extração de amido de feijões quebrados para produção de embalagens biodegradáveis, é uma alternativa promissora uma vez que esta fração não tem sua qualidade afetada por danos físicos. Ainda, nos resíduos agroindustriais da produção de vinho e suco de uva, há grande quantidade de cascas que sobram ao final do processo industrial. Estas cascas podem ser usadas para a extração de antocianinas, pigmentos sensíveis a alterações de pH, e assim, serem aplicadas como indicador (BOCANEGRA et al., 2019), tornando as embalagens biodegradáveis e inteligentes.

A busca contínua por inovação em embalagens de alimentos e bebidas é impulsionada principalmente por necessidades e demandas dos consumidores influenciadas pela mudança global (KOUR et al., 2013). As embalagens inteligentes interagem com os alimentos e são usados para monitorar e comunicar sobre a segurança e qualidade dos produtos alimentícios (AHMED et al., 2018), pois possuem componentes interativos chamados de indicadores como os indicadores de pH, tempo-temperatura, de umidade, sensores de amins voláteis, entre outros.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de extrato rico em antocianinas de bagaço de uva nas propriedades físico-químicas e colorimétricas de filmes de amido de feijão. Os objetivos específicos foram (I) estudar as propriedades mecânicas e físico-químicas do filme de amido de feijão e (II) estudar a influência da incorporação das antocianinas do resíduo de vinificação no filme produzido como forma de indicador de pH.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Extração do amido de feijão

O amido foi extraído de feijões quebrados conforme metodologia de Rupollo et al. (2010). Os grãos foram moídos em moinho com rotor refrigerado (MA60, Marconi, Brasil), e a farinha foi peneirada em peneira de 60 mesh (250 mm) para remoção da película. A farinha foi macerada em 3 L de solução de bissulfito de sódio 0,16% a 4 °C por 18 h. A água de maceração foi drenada, e a farinha lavada 4 vezes e homogeneizados com água destilada usando liquidificador doméstico em velocidade máxima por 3 min. A suspensão foi separada em peneira de 60 mesh (250 mm), seguido de uma decantação por 3 h à temperatura ambiente. O sobrenadante foi drenado e o material sedimentado centrifugado a 1200 g por 20 min. A camada superior contendo proteína e pigmentos foi removida e o material ressuspenso em água destilada na mesma proporção e novamente centrifugado, esse processo foi repetido 3 vezes. O material resultante foi seco a 40 °C em estufa com circulação de ar por  $\pm 24$  h.

### 2.2 Extração das antocianinas

Os subprodutos da uva niagara rosada (*Vitis vinifera L.*) da produção de vinho por vinicultores caseiros foram coletadas durante o primeiro semestre de 2020, na cidade de Pontão, Rio Grande do Sul.

A extração das antocianinas de bagaço de uva liofilizado foi realizada segundo Francis (1982), utilizando etanol acidificado (85 mL de etanol P.A. e 15 mL de HCl 1,5 mol/L). Uma suspensão de bagaço de uva (3 g) adicionada de 30 mL de etanol acidificado, foi mantida sob agitação constante durante 1 h. Posteriormente, a suspensão foi centrifugada a 1000g por 10 min, o sobrenadante foi separado e 20 mL de etanol acidificado foi adicionado no sedimentado para, deixando novamente sob agitação constante durante 30 minutos. O pH do extrato foi corrigido para pH 5 com NaOH 1M.

### 2.3 Produção do filme de amido do feijão

Os filmes de amido foram elaborados pelo método de *casting*, conforme descrito por Prietto et al. (2017). Uma solução filmogênica foi preparada utilizando água destilada como solvente, 3% de amido de feijão (p/v) e 30% de glicerol (p/p; glicerol/amido). A solução foi aquecida a 90 °C por 30 min, em seguida foi arrefecida até 50° e o extrato rico em antocianinas foi adicionado nas concentrações 0%, 10% e 20% (v/v; extrato/solução) e homogeneizado em ultra turrax a 15500 rpm por 10 min. A solução (20 g) foi dispersa em placa de Petri de plástico e seca em estufa por 24 h à 30 °C. Os filmes foram condicionais conforme a norma ASTM E-171 (2011) por 72 h à 25°C  $\pm 3$  °C com umidade relativa de 55%  $\pm 3$  (solução saturada de nitrato de magnésio).

### 2.4 Avaliação dos filmes

#### 2.4.1 Solubilidade dos filmes

A solubilidade dos filmes foi determinada de acordo com Gontard et al. (1994). Os filmes foram cortados (20 cm diâmetro) e secos em estufa a 105 °C por 24 h. Em seguida as amostras foram emergidas em 50 mL de água destilada e submetidas a agitação constante em mesa agitadora horizontal a 175 rpm e temperatura de 25 °C por 24 h. Após, os filmes foram secos a 105 °C até peso constante. A solubilidade (%) foi expressa em termos de massa solubilizada conforme Equação 2.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{massa}_{\text{inicial}} - \text{massa}_{\text{final}}}{\text{massa}_{\text{inicial}}} \cdot 100 \quad (2)$$

#### 2.4.2 Espessura e propriedades mecânicas dos filmes

A espessura foi determinada através de seis medidas aleatórias de filmes utilizando um micrômetro digital (Digimes), e os resultados expressos em mm (ASTM, 2019). As propriedades mecânicas dos filmes foram avaliadas em texturômetro (TA.TX Plus, Stable Micro System, Inglaterra), de acordo com o método ASTM D-882 (ASTM, 2018). Os filmes foram cortados, em dimensões de 25 mm de largura e 80 mm de comprimento, e fixados nas garras com separação inicial de 40 mm e o teste realizado à 0,8 mm/s. Os parâmetros registrados foram resistência à tração (MPa) e alongação (%).



## 2.4.4 Cor e aparência dos filmes em diferentes pHs

O método foi baseado no trabalho de Prietto et al. (2017) e Rawdkuen et al. (2020). Os filmes foram submersos durante 1 min em solução tampão ajustados para o pH 1 até pH 12 usando HCl 1 M e NaOH 1 M. As amostras foram analisadas em colorímetro (Color Quest II, Hunter Lab, Estados Unidos) avaliando as coordenadas L\* que indica a claridade da amostra e varia de 0 (preto) a 100 (branco), croma a\* que varia do verde (-) ao vermelho (+) e croma b\* que varia do azul (-) ao amarelo (+), e também fotografadas em smartphone.

## 2.4.5 Análise estatística

As determinações foram realizadas no mínimo em triplicata, e as médias  $\pm$  desvio padrão foram reportados. Os dados das análises foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA), verificando as médias dos resultados quanto ao nível de significância de 5% em teste de Tukey. Utilizou-se o programa *Statistica* versão 12

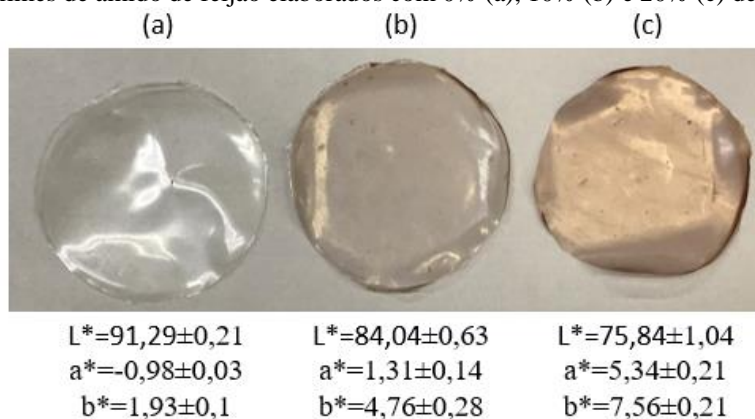
# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Aparência, resposta às mudanças de pH e cor dos filmes

Os filmes sem o extrato rico em antocianinas (0%) apresentaram uma boa transparência (Figura 1a), além de boa homogeneidade e uma superfície lisa e incolor. A adição de extratos (10 e 20%) (Figura 1b e 1c) acarretou em uma coloração mais rosada e roxa aos filmes. Além disso, os filmes com 20% de extrato apresentaram uma superfície mais rugosa, menos homogênea e mais espessa.

Houve uma diminuição na luminosidade (L\*) nos filmes de 20% em decorrência da coloração característica do extrato. Os parâmetros de coordenada vermelho/verde (a\*) e de coordenada amarelo/azul (b\*), aumentaram nos filmes de 20% em comparação aos demais filmes, indicando uma propensão a tonalidade avermelhada (Figura 1).

Figura 1: Filmes de amido de feijão elaborados com 0% (a), 10% (b) e 20% (c) de antocianinas

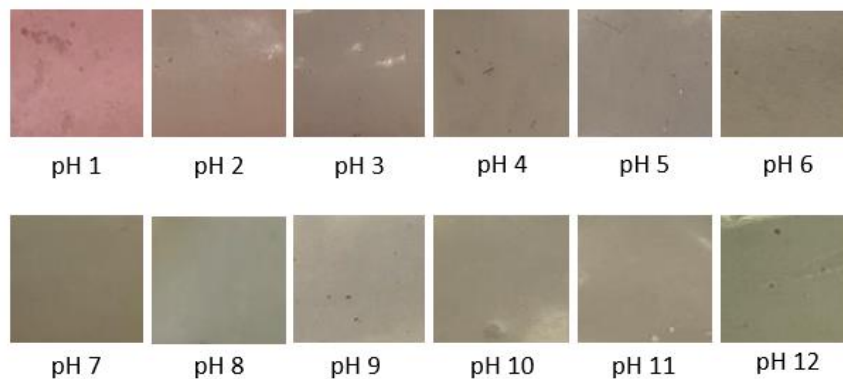


Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A alteração de cor dos filmes em diferentes pHs estão demonstrados na Figura 2. Este método é usado para avaliar a capacidade dos indicadores responderem às mudanças no pH (RAWDKUEN et al., 2020). Os filmes mudaram para uma coloração mais avermelhada em pHs ácidos (1, 2 e 3) no entanto, uma coloração mais esverdeada em pHs básicos (8, 9, 10, 11 e 12) foi observado. A teoria diz que as antocianinas em pH ácido acionam cátions flavílicos, tornando a coloração do meio com tons avermelhados. Em pH básico, pseudobase de carbonol são visualizados, tornando o meio com tonalidade esverdeada e terrosa.



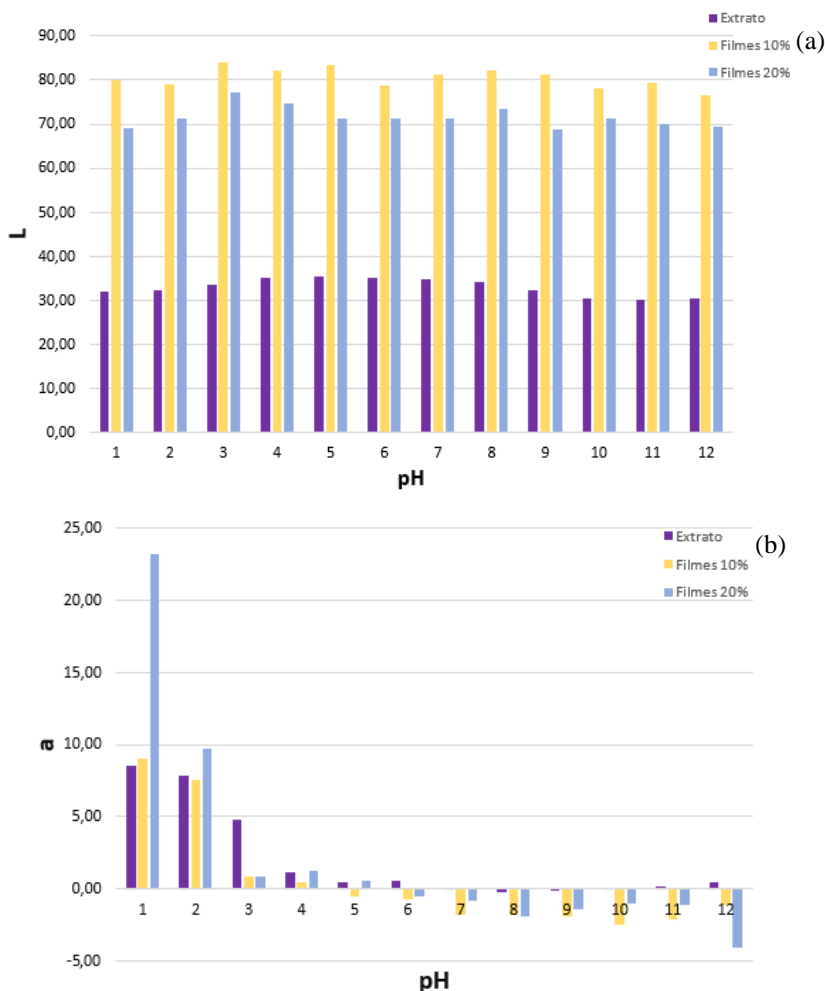
Figura 1: Alteração de cor dos filmes de amido de feijão com 20 % de antocianinas



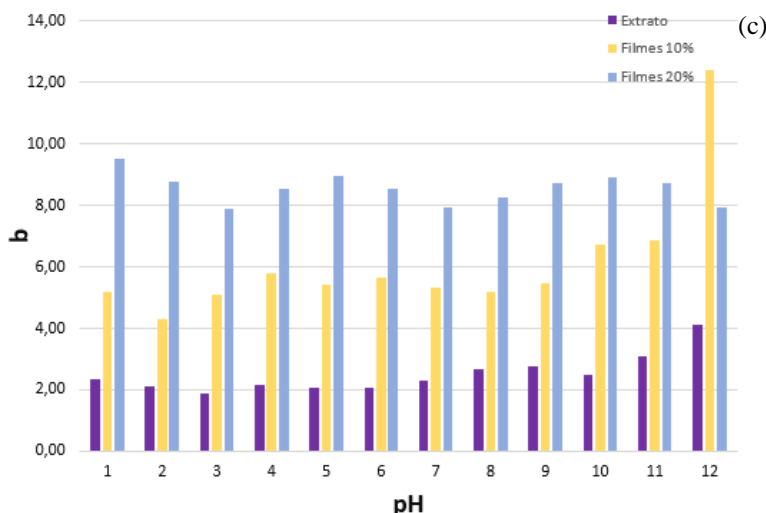
Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Os filmes elaborados possuem capacidade de mudar a sua coloração através da alteração do pH e podem ser potencialmente usados como indicador. Essa alteração de cor permite a identificação de um produto alimentício que iniciou sua deterioração, uma vez que alimentos provocam alterações no seu pH de forma ácida e básica, através de fermentações e ações de microrganismos durante a deterioração (GRAM et al., 2002).

Figura 2: Parâmetros relacionados a luminosidade ( $L^*$ ),  $a^*$  e  $b^*$







Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Em relação aos parâmetros de coordenada vermelho/verde ( $a^*$ ) (Figura 3b), os filmes mostraram uma tendência a coloração vermelha (maiores valores de  $a^*$ ) nas faixas de pH 1 e 2. Por outro lado, nas faixas mais básicas de pH, tanto os filmes quanto o extrato apresentaram tendência ao verde (baixos valores de  $a^*$ ). Em relação aos parâmetros de coordenada amarelo/azul ( $b^*$ ) (Figura 3c), os filmes apresentaram uma leve tendência ao amarelo (maiores valores de  $b^*$  na escala) em todas as faixas de pH.

### 3.2 Propriedades mecânicas, espessura, solubilidade e umidade dos filmes

A espessura dos filmes sem extrato rico em antocianinas (0%) e com 10% de extrato rico em antocianinas foram iguais ( $p > 0,05$ ) (Tabela 1). Entretanto, o aumento da concentração para 20% acarretou um aumento da espessura ( $p < 0,05$ ). Segundo Sarantópoulos et al. (2002), o processo de elaboração do filme determina as propriedades associadas à orientação das moléculas, ao grau de cristalinidade, à homogeneidade da distribuição de espessura do filme, bem como a ocorrência ou não de defeitos superficiais. Ainda, segundo Mali et al. (2005) e Prietto et al. (2017), a espessura dos filmes é diretamente proporcional a concentração de sólidos presentes na formulação, no qual, a maior concentração do extrato rico em antocianinas proporciona um aumento da espessura dos filmes.

Tabela 1: Espessura e propriedades mecânicas dos filmes de amido de feijão e extrato de bagaço de uva

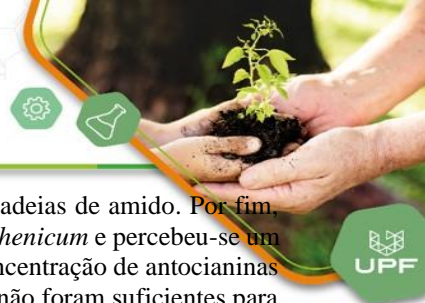
Concentração de extrato (%)	Espessura (mm)	Resistência à tração (MPa)	Elongação (%)
0	0,092 ± 0,008 <sup>a</sup>	2,92 ± 0,14 <sup>a</sup>	129,32 ± 5,76 <sup>a</sup>
10	0,102 ± 0,002 <sup>ab</sup>	2,08 ± 0,10 <sup>b</sup>	130,29 ± 0,68 <sup>ab</sup>
20	0,120 ± 0,005 <sup>b</sup>	2,12 ± 0,24 <sup>b</sup>	142,88 ± 6,63 <sup>bc</sup>

<sup>1</sup> Letras minúsculas distintas, na mesma coluna, representam diferença significativa entre as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autores (2020)

Adição de extrato rico em antocianinas (10 e 20%) promoveu redução da resistência à tração dos filmes, em relação aos filmes sem extrato (Tabela 1). Em geral, filmes de amido com maior espessura possuem maior resistência à tração (Galdeano 2007; Costa et al. 2020). Filmes de amido propiciam as moléculas estabelecer uma rede tridimensional organizada com interações intermoleculares após a gelatinização. Todavia, a presença do extrato rico em antocianinas tende a interferir nas interações intermoleculares de forma a enfraquecer e afetar as propriedades mecânicas (Prietto et al., 2017). As antocianinas foram responsáveis pela diminuição da resistência à tração e aumento da espessura ao interagir com as macromoléculas do amido e alterar a ordenação molecular dos filmes.

A incorporação do extrato rico em antocianinas (10 e 20%) aumentou a elongação dos filmes em comparação aos filmes sem extrato rico em antocianinas (0%) (Tabela 1). Um efeito semelhante foi observado por Tong et al. (2020), em filmes de glucomanano konjac com adição de extrato de casca de uva. Os autores reportaram maior elongação e atribuíram ao efeito plastificante ocasionado pela interação do extrato rico em antocianinas com o amido, o que consequentemente diminui a resistência à tração. Segundo Costa et al. (2020), a concentração de antocianinas das cascas



de uvas *midnight* diminuindo a resistência em decorrência da redução da interação entre as cadeias de amido. Por fim, Qin et al. (2019), estudou filmes à base de amido de mandioca com antocianinas de *Lycium ruthenicum* e percebeu-se um efeito contrário nas propriedades de alongação. A menor alongação foi proporcionada pela concentração de antocianinas utilizado pelos autores (1, 2 e 4%), inferior ao utilizado em nosso estudo (10 e 20%), as quais não foram suficientes para interferir nas interações entre as cadeias de amido. Em síntese, destacamos que os filmes de amido de feijões quebrados podem ser úteis como embalagens biodegradáveis, em virtude de proporcionarem boas características visuais e mecânicas.

A umidade dos filmes não variou significativamente entre as concentrações de antocianinas ( $p > 0,05$ ), (Tabela 2).

Tabela 2: Umidade e solubilidade dos filmes

Concentração de extrato (%)	Umidade (%)	Solubilidade (%)
0	25,12 ± 2,21 <sup>a</sup>	14,77 ± 0,44 <sup>a</sup>
10	28,61 ± 2,02 <sup>a</sup>	24,86 ± 0,79 <sup>b</sup>
20	22,20 ± 3,38 <sup>a</sup>	22,98 ± 0,85 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Letras minúsculas distintas, na mesma coluna, representam diferença significativa entre as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A solubilidade em água dos filmes aumentou com a adição de extrato rico em antocianinas em comparação aos filmes sem extratos (Tabela 2). A solubilidade em água de filmes biodegradáveis é um parâmetro dependente da sua aplicação, uma vez que filmes utilizados em produtos úmidos devem apresentar baixa solubilidade, enquanto filmes comestíveis devem apresentar alta solubilidade em água (BIDUSKI et al., 2017).

## 4 CONCLUSÃO

A adição de 10% de extrato rico em antocianinas não influenciou nos parâmetros de espessura. A inclusão de extratos contendo antocianinas, em ambas as concentrações, ocasionou diminuição da resistência a tração e aumentou a alongação quando comparados com os filmes sem adição de extrato. Ainda, os filmes com adição de 10% de extrato tiveram uma solubilidade maior em relação aos filmes sem adição.

Os filmes apresentaram alteração visual de cor em diferentes pHs, confirmado pela avaliação colorimétrica. A alteração de coloração dos filmes os permite sugerir a aplicação em embalagens inteligentes como indicadores de pH em embalagens. Sendo assim, o desenvolvimento de embalagens inteligentes a partir de resíduos agroindustriais mostrou-se perfeitamente aplicável.

## 5 REFERÊNCIAS

- AHMED, I.; LIN, H.; ZOU, L.; LI, Z.; BRODY, A. L.; QAZI, I. M.; LV, L.; PAVASE, T.R.; KHAN, M.U.; KAHN, S.; SUN, L. An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products. **Packaging Technology and Science**, 31 (7), 449-471, 2018.
- ASTM D1777-96. Standard test method for thickness of textile materials. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2019, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- ASTM D882-18, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2018, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- ASTM E171. Standard Practice for Conditioning and Testing Flexible Barrier Packaging, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2011, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- BOCANEGRA, B. B.; HIERRO, J. M. H.; BUENO, F. J. N. H. Feasibility study on the use of a portable micro near infrared spectroscopy device for the “in vineyard” screening of extractable polyphenols in red grape skins, **Talanta** 192 (2019) 353–359.
- COSTA, L. A.; DIÓGENES, I. C. N.; OLIVEIRA, M. A.; RIBEIRO, S. F.; FURTADO, R. F.; BASTOS, M. S. R.; SILVA, M. A. S.; BENEVIDES, S. D. Smart film of jackfruit seed starch as a potential indicator of fish freshness. **Food Science and Technology**. <https://doi.org/10.1590/fst.06420>, 2020.
- BIDUSKI, B.; SILVA, F. T.; SILVA, W. M.; EL HALAL, S. L. M.; PINTO, V. Z.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. Impact of acid and oxidative modifications, single or dual, of sorghum starch on biodegradable films. **Food Chemistry**, vol. 214. 2017.



- DAINELLI, D.; GONTARD, N.; SPYROPOULOS D.; ZONDERVAN-VAN, E.B. & TOBBACK, P. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. **Trends in Food Science & Technology**, 19, S103–S112, 2008.
- EMBRAPA. **Manual de classificação do feijão**. Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008. Brasília, 2012.
- FABECH, B.; HELLSTROM, T.; HENRYSDOTTER, G.; HJULMAND-LASSEN, M.; NILSSON, J.; RUDINGER, L. Active and intelligent packaging, a nordic report on the legislative aspects. Paris, France: **Tech & Doc Editions Lavoisier**, 2000.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. London: Academic Press, 1982. p.181-206.
- GALDEANO, M. C. **Filmes e laminados biodegradáveis de amido de aveia com diferentes plastificantes produzidos por casting e extrusão**. (Tese doutorado). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- GRAM, L.; RAVN, L.; RASCH, M.; BRUHN, J. B.; CHRISTENSEN, A. B.; GIVSKOV, M. Food Spoilage – Interactions between food spoilage bacteria. **Int J Food Microbiol**. 2002; 78:79- 97.
- GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, 3(7), e1700782, 2017.
- GONTARD, N. **Les Emballages Actifs**. Paris, France: Tech & Doc Editions, Lavoisier, 2000.
- GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: Water vapor permeability and other physical properties. **International Journal Food Science Technology**, Oxford, v. 29, n. 1, p. 39-50, 1994.
- HOOVER, R.; HUGHES, T.; CHUNG, H. J.; LIU, Q. Composition, molecular structure, properties and modifications of pulse starches: A review. *Food Research International*, v. 43, p. 399-413, 2010.
- KADZINSKA, J.; JANOWICZ, M.; KALISZ, S.; BRYN, J.; LENART, A. An overview of fruit and vegetable edible packaging materials. **Packaging Technology and Science**, 2019.
- LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; DE MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, 26(número especial), 82-92, 2016.
- PRIETTO, L.; MIRAPALHETE, T. C.; PINTO, V. Z.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; LIM, L.-T.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. pH-sensitive films containing anthocyanins extracted from black bean seed coat and red cabbage. *LWT*, 80, 492–500, 2017.
- MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Mechanical and thermal properties of yam starch films. **Food Hydrocolloids**, v.19, n. 1, p. 157-164. 2005.
- QIN, Y.; LIU, Y.; YONG, H.; LIU, J.; ZHANG, X.; LIU, J. Preparation and characterization of active and intelligent packaging films based on cassava starch and anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr. **International Journal of Biological Macromolecules**, 134, 80–90, 2019.
- RAWDKUEN, S.; FASEHA, A.; BENJAKUL, S.; KAEWPRACHU, P. Application of anthocyanin as a color indicator in gelatin films. **Food Bioscience**. 36 100603, 2020.
- REMENTANT, B.; JAFFRES, E.; DOUSSET, X.; PILET, M-F.; ZAGOREC, M. **Bacterial spoilers of food: behavior, fitness and functional properties**. 45:45-53, 2015.
- ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; GONZAGA, L. V.; CALIARI, V.; GENOVESE, M. I.; SCHMIDT, A. E. S.; FETT, R. Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. **Food Chemistry**. V. 127, 2011.
- RUPOLLO, G.; VANIER, N. L.; ZAVAREZE, E. R.; DE OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J. M.; PARAGINSKI, R. T.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. **Carbohydrate Polymers**, 2010.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. **Embalagens plásticas flexíveis: Principais polímeros e avaliação de propriedades**. CETEA/ITAL, Campinas-SP. 267p. 2002.
- TONG, C.; WU, Z.; SUN, J.; LIN, L.; WANG, L. GUO, Y.; HUANG, Z.; PANG, J. Effect of carboxylation cellulose nanocrystal and grape peel extracts on the physical, mechanical and antioxidant properties of konjac glucomannan films. **International Journal of Biological Macromolecules**. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.04.051, 2020.
- ZHAO, S.; MALFAIT, W. J.; GUERRERO-ALBURQUERQUE, N.; KOEBEL, M. M.; NYSTROM, G. Biopolymer aerogels and foams: Chemistry, properties, and applications. **Angewandte Chemie International Edition**, 57(26), 7580–7608, 2018.