



FILMES DE GELATINA E ÁLCOOL POLIVINÍLICO INCORPORADOS COM EXTRATOS DE MIRTILO PARA DETECÇÃO DE VAPORES BÁSICOS *IN VITRO*

BÁRBARA TEIXEIRA GOMES, TAÍLA VELOSO DE OLIVEIRA, NILDA DE FÁTIMA FERREIRA SOARES

RESUMO

O extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) é rico em compostos fenólicos e antocianinas, que podem sofrer alterações de cor quando submetidos a diferentes condições de pH. Essa característica o torna passível de ser incorporado em matrizes poliméricas para formar filmes indicadores colorimétricos. Nesse sentido, filmes à base de gelatina e álcool polivinílico (PVA), ambos polímeros biodegradáveis, foram elaborados com extratos brutos de mirtilo (EB), frações purificadas de extrato fenólico (EF) ou extrato antociânico (EFA). Sua sensibilidade de cor a vapores básicos foi investigada. O valor da coordenada a^* dos filmes com EB e EFA reduziu com o tempo de exposição à amônia. Para todos os filmes, houve aumento de C^* após a exposição à amônia, com aumento da intensidade de cor dos filmes ao longo do tempo. O filme com EB demonstrou ser mais suscetível a condições básicas, exibindo diferenças nos valores de h° ao longo do tempo sob vapores básicos. Após 4 minutos de exposição ao vapor básico, os três tratamentos apresentaram $\Delta E > 3,5$ (EFA: 6,25; EF: 10,12; EB: 4,29), indicando que o LOD para todos os filmes ocorreu antes de 4 minutos de exposição. Além disso, os valores de ΔE foram significativamente ($p < 0,05$) diferentes e aumentaram gradualmente com o tempo, principalmente no filme de EB. Portanto, filmes de PVA/gelatina incorporados com EB são recomendados para a indicação colorimétrica de bases nitrogenadas. Com base nos resultados, filmes incorporados com EB podem ser usados para monitorar, detectar e relatar a presença de vapores básicos provenientes da degradação de proteínas alimentares.

Palavras-chave: Alteração colorimétrica; Embalagem inteligente; Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) é considerado uma fonte de compostos bioativos com alta capacidade antioxidante (NEUENFELDT et al., 2022). Para aproveitar todo o seu potencial é preciso explorar técnicas de extração inovadoras, onde uma ampla gama de substâncias é obtida (por exemplo, antocianinas, compostos fenólicos, flavonoides e ácidos fenólicos) e, em seguida, concentrada para formar o extrato bruto (RODRIGUEZ-SAONA; WROLSTAD, 2001). O extrato bruto apresenta baixa pureza e baixa estabilidade, tornando sua purificação frequentemente necessária para a remoção de compostos não fenólicos e a separação de compostos bioativos (RODRIGUEZ-SAONA; WROLSTAD, 2001).

Os compostos fenólicos e antocianinas podem mudar de cor em resposta a variações nas condições de pH (FREITAS et al., 2020). Como resultado, eles podem ser incorporados em matrizes poliméricas e na fabricação de novos filmes indicadores (AYDOGDU EMIR, 2023), contribuindo para os avanços e inovações no desenvolvimento de materiais. Os filmes

indicadores servem como sistemas capazes de informar o consumidor sobre as variações inerentes por meio de alterações colorimétricas (TEIXEIRA; SOARES; STRINGHETA, 2021).

Seguindo a tendência da sustentabilidade, filmes indicadores também podem ser produzidos utilizando biopolímeros (amido, celulose, quitosana, alginato, proteínas lácteas, soja e gelatina) e polímeros sintéticos biodegradáveis (álcool polivinílico - PVA, policaprolactona - PCL), como alternativa aos materiais de embalagem tradicionais não biodegradáveis.

Este trabalho teve como avaliar a sensibilidade colorimétrica de filmes de PVA e gelatina com extratos de mirtilo em condições básicas, simulando a detecção de voláteis liberados durante a deterioração de alimentos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Os frutos de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) Probst foram obtidos da empresa Quali Fresh (Barbacena, Minas Gerais, Brasil) e armazenados a -18 ± 2 °C até a análise. Os polímeros utilizados na preparação do filme foram PVA (Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, EUA), com grau de hidrólise de +99% e peso molecular (PM) de 85.000 a 124.000, e gelatina 99% hidrolisada, incolor e insípida, da marca Dr. Oetker (Lote nº L346036A 22N), de grau alimentício.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Preparação do EB aquoso concentrado

A extração dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Rocha et al. (2018), com modificações. Resumidamente, o mirtilo foi triturado em um misturador (RI1602, Philips Walita, Brasil), misturado com 70% de etanol (v/v), na proporção de 1:10 (p/v). A mistura foi acidificada a pH 2,0 com ácido clorídrico (HCl) (37% v/v) e submetida à sonicação em banho de ultrassom (Elmasonic TI-H10, Elma, Singen, BW, Alemanha), a 45 kHz (40 ± 2 °C, 50 min). Posteriormente, foi filtrado (papel de filtro Whatman nº 1) sob vácuo e concentrado em evaporador rotativo (RV 10 digital V, IKA, Staufen, BW, Alemanha), a 100 rpm, a 40 ± 2 °C, até a evaporação completa do etanol.

2.2.2 Purificação do extrato aquoso concentrado de mirtilo

A purificação foi realizada utilizando um cartucho de separação C18 (Sep-Pak Vac 35 cc, Waters, Milford, EUA), sob vácuo. Primeiramente, o cartucho foi condicionado com 50 mL de metanol acidificado (HCl 0,01%) e 50 mL de água destilada acidificada (HCl 0,01%). Em seguida, uma alíquota de 50 mL do extrato concentrado de mirtilo foi carregada no cartucho. A remoção de outros compostos (como açúcares) foi realizada com 50 mL de água destilada acidificada (HCl 0,01%). Para obter o extrato rico em compostos fenólicos, foi realizada uma passagem adicional de 50 mL de acetato de etila, deixando as antocianinas adsorvidas e obtendo-se o extrato fenólico purificado (EF). Para remover as antocianinas adsorvidas e obter o extrato antociânico purificado (EFA), 50 mL de metanol foram adicionados ao cartucho (RODRIGUEZ-SAONA; WROLSTAD, 2001) e as antocianinas foram eluídas.

2.2.3 Produção de filmes indicadores colorimétricos

Os filmes foram produzidos pela mistura de duas suspensões: 2% de gelatina (suspensão A) e 2% de PVA (suspensão B) (GOMES et al., 2024). A suspensão A foi dispersa em água a 60 ± 2 °C, e a suspensão B foi dispersa em água a 80 ± 2 °C, por 5 h. As suspensões foram então misturadas e mantidas sob agitação (300 rpm) até o resfriamento a 40 ± 2 °C. Glicerol

(30% p/p, com base na massa do polímero) e extratos (40 mL) foram adicionados à suspensão, obtendo-se 3 filmes: (i) filme EB, incorporado com extrato bruto de mirtilo; (ii) filme EF, incorporado com extrato fenólico de mirtilo; e (iii) filme EFA, incorporado com extrato de antocianina de mirtilo. O filme controle (sem adição de extrato) foi preparado com água (40 mL). As suspensões foram homogeneizadas por 20 min, a 25 ± 2 °C, sob agitação magnética (300 rpm), para produzir suspensões filmogênicas. Posteriormente, foram colocados em banho de ultrassom (40 kHz) por 15 min para remoção de bolhas de ar e vertidos em placas de vidro (33 cm x 9 cm²) para secagem (25 ± 5 °C, UR $62 \pm 5\%$, por 24 h, e 20 ± 2 °C, UR $53 \pm 5\%$, por 72 h, em câmara climática) (420-CLDTS 300, Ethik Technology, Brasil). Os filmes foram embalados a vácuo (200S, Selovac, Brasil) em sacos de polietileno e náilon, envoltos em papel alumínio e armazenados a 20 ± 2 °C, para posterior análise.

2.2.4 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Para avaliar a transição colorimétrica de blendas poliméricas sob exposição a bases voláteis, dois fatores foram estudados: o tipo de extrato de mirtilo, em 3 níveis (extrato bruto 'EB', extrato antocianico 'EFA' e extrato fenólico 'EF'), e o tempo de exposição a vapores ácidos e básicos, em 8 níveis (0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 min). Foram realizadas três repetições para cada tempo e para cada filme de PVA e gelatina (EB, EFA e EF), totalizando 72 unidades experimentais.

2.2.5 Sensibilidade colorimétrica de filmes a bases voláteis ao longo do tempo

A propriedade de alteração colorimétrica dos filmes quando expostos a bases voláteis foi investigada conforme proposto por Freitas et al., (2020). Os filmes foram cortados em pedaços quadrados (2 x 2 cm²), colocados em placas de Petri e mantidos em dessecadores com UR controlada de 75% (NaCl), por 24 h. Após o tempo de condicionamento, um béquer contendo 500 µL de solução de amônia foi colocado dentro do dessecador com os filmes.

A cor dos filmes foi caracterizada utilizando um colorímetro (Color Quest XE, Hunter Lab, EUA), nas seguintes condições: iluminante D65, ângulo de observação de 10° e sistema CIELAB (L*, a*, b*, h°, C*). As coordenadas colorimétricas foram determinadas a cada 4 min, durante 28 min, para avaliar o perfil de mudança colorimétrica. Utilizando os valores das coordenadas colorimétricas, calculou-se o ângulo de tom cromático (h°), o croma (C*) e a diferença global de cor (ΔE). O limite de detecção (LD) foi considerado o menor tempo de exposição dos filmes a vapores básicos em que a diferença geral de cor foi superior a 3,5 ($\Delta E > 3,5$), valor considerado visualmente perceptível por observadores experientes e inexperientes (FERNÁNDEZ-RAMOS et al., 2023).

2.2.6 Análise Estatística

A influência dos fatores na cor e nas propriedades de mudança colorimétrica foram realizados por meio de análise de variância (ANOVA) ($\alpha = 0,05$), com teste de Tukey.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Componentes voláteis de nitrogênio são frequentemente gerados como resultado da deterioração microbiana em alimentos ricos em proteínas (KAMER et al., 2022). Devido à importância desse composto, foi simulada a presença de vapor de amônia que pode ser liberado devido à degradação de alimentos com alto teor de proteína e a resposta dos filmes indicadores de cor foi determinada. As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios e desvio padrão das coordenadas de cor dos filmes (L*, a*, b*, C*, h° e ΔE) em função do tipo de extrato adicionado e/ou do tempo de exposição à amônia.

A interação entre os fatores tempo e tipo de extrato não foi significativa ($p \geq 0,05$) para L^* , no entanto, ambos os fatores foram significativos quando estudados individualmente ($p < 0,05$). Para as demais coordenadas de cor (a^* , b^* , C^* , h° e ΔE), a interação entre os fatores tempo e tipo de extrato foi significativa ($p < 0,05$).

Os filmes com EF foram os mais brilhantes (maior L^*), enquanto o com EFA foi o mais escuro (menor L^*). No entanto, todos os filmes tornaram-se mais escuros após 28 minutos de exposição à amônia.

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão da coordenada L^* dos filmes em função do tipo de extrato adicionado e do tempo de exposição à amônia.

	Tipo de Extrato	Média
L^*	Fenólico (EF)	79.9 ± 1.2 a
	Bruto (EB)	71.6 ± 2.3 b
	Antocianina (EFA)	53.3 ± 0.9 c
	Tempo (min)	
	0	70.5 ± 13.9 a
	4	68.9 ± 14.4 ab
	8	68.4 ± 14.7 abc
	12	68.3 ± 13.8 abc
	16	68.4 ± 13.6 abc
	20	68.2 ± 12.9 abc
	24	67.2 ± 13.4 bc
	28	66.4 ± 12.5 c

Dados expressos como média $\pm$ desvio padrão. Pares de médias seguidos por pelo menos uma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, a 5% de significância, usando o teste de Tukey. L^* : Luminosidade.

Observou-se que, para todos os filmes, houve aumento de C^* após a exposição à amônia, com aumento da intensidade de cor dos filmes ao longo do tempo. Dentre os filmes testados, o filme com EFA foi o que apresentou os menores valores de C^* .

O aumento na coordenada b^* ocorreu nos filmes com EF e EB devido à cor amarela dos filmes, atribuído à presença de compostos fenólicos amarelos não antocianínicos nos extratos, como flavonóis (por exemplo, mircetina e quercetina) (PIRES et al., 2020) e ácidos fenólicos (por exemplo, ácido cafeico e ácido ferúlico) (BAI et al., 2023), que podem estar presentes.

Tabela 3: Valores médios e desvio padrão dos atributos de cor a^* , b^* , C^* , h° e ΔE dos filmes após exposição às bases voláteis.

	Tipo de Extrato	Fenólico (EF)	Bruto (EB)	Antocianina (EFA)
	Tempo			
h°	0	82.7 ± 0.5 b A	69.6 ± 2.9 c C	153.1 ± 5.7 a B
	4	88.6 ± 1.6 b A	72.8 ± 2.3 c BC	167.8 ± 9.6 a A
	8	87.8 ± 3.4 b A	78.9 ± 4.0 cABC	171.5 ± 3.8 a A
	12	85.5 ± 2.8 b A	81.6 ± 4.2 bAB	172.2 ± 2.3 a A
	16	87.4 ± 3.6 b A	84.6 ± 4.4 b A	165.9 ± 3.7 a A
	20	86.9 ± 0.6 b A	83.9 ± 3.7 b A	168.1 ± 9.7 a A
	24	86.6 ± 3.4 b A	85.6 ± 1.3 b A	161.9 ± 7.4 a AB
	28	88.8 ± 1.5 b A	88.5 ± 0.8 bA	162.1 ± 4.4 a AB

a*	0	1.9 ± 0.2bA	6.5 ± 0.4	a A	-6.8 ± 0.4 c A
	4	0.6 ± 0.7 b A	5.5 ± 1.4	a AB	-12.5 ± 0.9 c B
	8	0.9 ± 1.2 b A	4.1 ± 1.4	a ABC	-13.5 ± 0.9 c B
	12	2.3 ± 1.1 a A	3.4 ± 1.7	a BCD	-13.4 ± 0.4 b B
	16	1.2 ± 1.6 a A	2.3 ± 1.2	a CD	-12.4 ± 0.5 b B
	20	1.6 ± 0.3 a A	2.7 ± 1.7	a BCD	-12.9 ± 0.6 b B
	24	1.7 ± 1.7 a A	2.1 ± 0.6	a CD	-12.8 ± 0.9 b B
	28	0.5 ± 0.6 a A	0.7 ± 0.3	a D	-12.4 ± 0.7 b B
ΔE	0	0.0 ± 0.0 a B	0.0 ± 0.0	a D	0.0 ± 0.0 a B
	4	10.1 ± 3.2 a A	4.3 ± 2.9	b CD	6.3 ± 0.9 ab A
	8	11.6 ± 0.8 a A	5.9 ± 1.8	b C	7.7 ± 0.3 ab A
	12	14.6 ± 3.0 a A	7.6 ± 3.1	bBC	6.9 ± 0.2 b A
	16	12.4 ± 1.3 a A	8.8 ± 0.4	abABC	6.7 ± 1.5 b A
	20	14.3 ± 2.5 a A	9.2 ± 3.9	b ABC	6.6 ± 1.5 b A
	24	13.7 ± 3.9 a A	12.2 ± 2.4	a AB	6.7 ± 0.9 b A
	28	11.3 ± 0.6 a A	13.4 ± 0.8	a A	5.8 ± 0.3 b A
b*	0	15.4 ± 2.5 a B	17.5 ± 1.6	a C	3.5 ± 0.7 b A
	4	25.3 ± 0.9 a A	17.5 ± 2.6	b C	2.68 ± 1.99 c A
	8	26.7 ± 1.8 a A	20.9 ± 3.1	b BC	2.0 ± 0.9 c A
	12	29.9 ± 3.5 a A	22.7 ± 0.4 b ABC		1.8 ± 0.6 c A
	16	27.6 ± 2.3 a A	24.0 ± 1.3	a AB	3.1 ± 0.9 bA
	20	29.3 ± 2.3 a A	24.9 ± 2.1	b AB	2.7 ± 2.2 c A
	24	28.7 ± 1.7 a A	27.6 ± 0.5	a A	4.1 ± 1.6 b A
	28	26.0 ± 3.2 a A	27.1 ± 1.9	a A	3.9 ± 0.9 b A
C*	0	15.5 ± 2.5 a C	18.7 ± 1.4	a D	7.67 ± 0.2 b B
	4	25.3 ± 0.9 a B	18.3 ± 2.9	b D	12.9 ± 0.5 c A
	8	26.7 ± 1.7 a B	21.3 ± 3.1 b CD		13.7 ± 0.9 c A
	12	29.9 ± 3.4 a A	22.9 ± 0.5 b BCD		13.5 ± 0.5 c A
	16	27.7 ± 2.2 a AB	24.2 ± 1.2 a ABC		12.8 ± 0.8 b A
	20	29.4 ± 2.3 a AB	25.1 ± 2.2 b ABC		13.4 ± 0.3 c A
	24	28.7 ± 1.7 a AB	27.7 ± 0.5	a A	13.5 ± 0.5 b A
	28	26.0 ± 3.2 a AB	27.1 ± 1.9	a AB	13.0 ± 0.4 b A

Dados expressos como média mais desvio padrão. Pares de médias seguidos por pelo menos a mesma letra minúscula na horizontal e pelo menos uma letra maiúscula na vertical, não diferem entre si, a 5% de significância, usando o teste de Tukey. a*, b*: Coordenada cromática; C*: Croma; h°: Ângulo de tom cromático; ΔE: Diferença global de cor.

O filme com EB apresentou diferença significativa no ângulo de tonalidade cromática, em comparação ao tempo inicial (0 min) e ao tempo final (28 min), de 69,52° para 88,45°, demonstrando a sensibilidade deste material às variações de pH decorrentes de vapores básicos.

O valor da coordenada a* dos filmes com EB e EFA reduziu com o tempo de exposição à amônia, corroborando o estudo realizado por Aydogdu Emir (2023).

O ΔE dos filmes aumentou após a exposição ao vapor de amônia. O ΔE dos filmes de EFA foi menor do que o ΔE verificado para os filmes de EF e EB, após 28 minutos de exposição. Portanto a mudança de cor foi mais perceptível nestes dois últimos tratamentos.

Após 4 minutos de exposição ao vapor básico, os três tratamentos apresentaram ΔE > 3,5, indicando que o LOD para todos os filmes ocorreu antes de 4 minutos de exposição. Além disso, os valores de ΔE foram significativamente (p < 0,05) diferentes e aumentaram

gradualmente com o tempo, principalmente no filme de EB. Nos filmes com EF e EFA, não houve diferença significativa no ΔE ($p \geq 0,05$) após 4 minutos de exposição; portanto, as cores dos demais tempos não são distinguíveis.

As alterações colorimétricas em filmes de PVA/gelatina baseiam-se no princípio de que o vapor de amônia penetrou na estrutura do filme, criando condições alcalinas (KAMER et al., 2022). A interação entre as moléculas de NH_3 e os grupos hidroxila presentes na superfície e inseridos entre as cadeias poliméricas do filme produziu espécies NH_4^+ e OH^- . Esse processo induziu alterações nas estruturas químicas das antocianinas presentes no filme adicionado de EB e EFA, modificando consequentemente os atributos de cor dos filmes (KAMER et al., 2022).

4 CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou três extratos de mirtilo e sua incorporação em filmes poliméricos à base de PVA/gelatina para o desenvolvimento de filmes indicadores. Os filmes contendo extrato bruto de mirtilo (EB) foram os mais sensíveis a vapores básicos, sugerindo sua adequação para monitorar a vida útil de alimentos que liberam amônia durante a deterioração. Além disso, a mudança de cor foi claramente perceptível a olho nu, o que é uma vantagem importante em termos de auxiliar os consumidores na compra de alimentos perecíveis.

REFERÊNCIAS

- AYDOĞDU EMIR, Ayca. Development and evaluation of sumac (*Rhus coriaria*) incorporated guar gum films as colorimetric pH indicator with antioxidant and antimicrobial potential. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 1218–1227, 2023. DOI: 10.1007/s11694-022-01707-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01707-5>.
- BAI, Xinyu; ZHOU, Lin; ZHOU, Li; CANG, Song; LIU, Yuhan; LIU, Rui; LIU, Jie; FENG, Xun; FAN, Ronghua. The Research Progress of Extraction, Purification and Analysis Methods of Phenolic Compounds from Blueberry: A Comprehensive Review. **Molecules**, [S. l.], v. 28, n. 8, 2023. DOI: 10.3390/molecules28083610.
- FERNÁNDEZ-RAMOS, M. D.; BASTIDA-ARMESTO, M.; BLANC-GARCÍA, R.; CAPITÁN-VALLVEY, L. F.; MEDINA-CASTILLO, A. L. Design of colorimetric nanostructured sensor phases for simple and fast quantification of low concentrations of acid vapors. **Microchimica Acta**, [S. l.], v. 190, n. 4, p. 1–9, 2023. DOI: 10.1007/s00604-023-05723-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00604-023-05723-0>.
- FREITAS, Pedro A. V.; SILVA, Rafael R. A.; DE OLIVEIRA, Taíla V.; SOARES, Raquel R. A.; JUNIOR, Nelson S.; MORAES, Allan R. F.; PIRES, Ana Clarissa dos S.; SOARES, Nilda F. F. Development and characterization of intelligent cellulose acetate-based films using red cabbage extract for visual detection of volatile bases. **Lwt**, [S. l.], v. 132, p. 109780, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109780. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109780>.
- GOMES, Bárbara Teixeira; RODRIGUES BORGES, Larissa Lorrane; DE LEON DA COSTA, Noé Mitterhofer Eiterer Ponce; ARRUDA, Tarsila Rodrigues; RIBEIRO, Alane Rafaela Costa; MARQUES, Clara Suprani; STRINGHETA, Paulo César; DE OLIVEIRA, Taila Veloso; SOARES, Nilda de Fátima Ferreira. Gelatin/polyvinyl alcohol films incorporated with different blueberry extracts as potential colorimetric indicators to detect

acidic and basic vapors. **Food Control**, [S. l.], v. 165, n. March, 2024. DOI: 10.1016/j.foodcont.2024.110648.

KAMER, Deniz Damla Altan; KAYNARCA, Gülce Bedis; YÜCEL, Emel; GÜMÜŞ, Tuncay. Development of gelatin/PVA based colorimetric films with a wide pH sensing range winery solid by-product (Vinasse) for monitor shrimp freshness. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 220, n. August, p. 627–637, 2022. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.113.

MOKRZYCKI, W. S.; TATOL, M. Colour difference ΔE - A survey Mokrzycki. **Machine Graphics and Vision**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 383–411, 2011.

NEUENFELDT, Naiara Hennig; DE MORAES, Débora Piovesan; DE DEUS, Cassandra; BARCIA, Milene Teixeira; DE MENEZES, Cristiano Ragagnin. Blueberry Phenolic Composition and Improved Stability by Microencapsulation. **Food and Bioprocess Technology**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 750–767, 2022. DOI: 10.1007/s11947-021-02749-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02749-1>.

NORATTO, Giuliana D.; BERTOLDI, Michele C.; KRENEK, Kimberley; TALCOTT, Stephen T.; STRINGHETA, Paulo C.; MERTENS-TALCOTT, Susanne U. Anticarcinogenic effects of polyphenolics from mango (*Mangifera indica*) varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 58, n. 7, p. 4104–4112, 2010. DOI: 10.1021/jf903161g.

PIRES, Tânia C. S. P.; CALEJA, Cristina; SANTOS-BUELGA, Celestino; BARROS, Lillian; FERREIRA, Isabel C. F. R. *Vaccinium myrtillus* L. Fruits as a Novel Source of Phenolic Compounds with Health Benefits and Industrial Applications - A Review. **Current Pharmaceutical Design**, [S. l.], v. 26, n. 16, p. 1917–1928, 2020. DOI: 10.2174/1381612826666200317132507.

ROCHA, Juliana de Cássia Gomes; PROCÓPIO, Fernanda Ramalho; MENDONÇA, Adriana Corrêa; VIEIRA, Luciana Marques; PERRONE, Ítalo Tuler; BARROS, Frederico Augusto Ribeiro de; STRINGHETA, Paulo Cesar. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from jussara (*Euterpe edulis* M.) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*) fruits. **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 2061, n. 1, p. 45–53, 2018.

RODRIGUEZ-SAONA, LE; WROLSTAD, RE. Extraction, isolation, and purification of anthocyanins. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, [S. l.], v. F1, n. 1,1, p. 11, 2001. DOI: 10.1016/j.phrs.2011.05.022.

TEIXEIRA, Samiris Côcco; SOARES, Nilda de Fátima Ferreira; STRINGHETA, Paulo César. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 24, p. 1–11, 2021. DOI: 10.1590/1981-6723.03321.