



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

ANDREANA DE MARIA DOS SANTOS SOUSA

**EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS DOS FRUTOS DA CARNAÚBA (Copernicia
prunifera)**

TERESINA

2024

ANDREANA DE MARIA DOS SANTOS SOUSA

EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS DOS FRUTOS DA CARNAÚBA (*Copernicia
prunifera*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Robson Alves da Silva
Coorientador: Prof. Msc. Jefferson Messias Borges

TERESINA

2024

EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS DOS FRUTOS DA CARNAÚBA (*Copernicia prunifera*)

Andreana de Maria dos Santos Sousa.¹

Robson Alves da Silva.²

RESUMO

A indústria alimentícia busca melhorar a coloração dos alimentos usando antocianinas, pigmentos naturais promissores, porém instáveis frente a fatores como pH, temperatura e luz. A pesquisa tem como objetivo extrair antocianinas do fruto in natura da carnaúba com o intuito de identificar as condições adequadas para maximizar o rendimento nutritivo, considerando que o processo de extração pode afetar sua degradação. Os frutos foram divididos em 3 lotes, higienizados em solução de hipoclorito de sódio, tendo a polpa sido retirada, ensacada e armazenada em freezer doméstico. Passados 60 dias, as polpas foram trituradas e novamente congeladas a -18°. A polpa triturada foi misturada com solvente acidificado (85:15, solvente/ácido) na proporção de 5g de polpa para 10ml de solvente. A extração foi realizada em banheira de ultrassom por 30, 40 e 60 minutos, seguida de centrifugação por 20 minutos, separando o sobrenadante (extrato) do resíduo. O extrato foi utilizado para quantificar o rendimento total de antocianinas. A quantificação total de antocianinas foi realizada com a metodologia do pH diferencial. A amostra de extrato foi transferida para um tubo de ensaio, onde foi adicionado o tampão de cloreto de potássio. Após 10 minutos em ausência de luz, realizou-se a leitura da amostra em espectrofotômetro. O procedimento foi repetido com tampão de acetato de sódio. Os ensaios de extração com tempos variados indicaram que o tempo de 40 minutos foi o mais eficiente, resultando na maior concentração de antocianinas. Um tempo maior (60 minutos) reduziu o rendimento devido à degradação oxidativa. Assim, a otimização do tempo e do volume de solvente é essencial para maximizar o rendimento e garantir a estabilidade das antocianinas, especialmente para aplicações comerciais.

Palavras-chave: antocianinas; carnaúba; extração; rendimento; estabilidade.

ABSTRACT

The food industry aims to improve the coloration of processed foods using anthocyanins, promising natural pigments, although they are unstable when exposed to factors such as pH, temperature, and light. This research seeks to extract anthocyanins from the fresh fruit of the carnauba palm to identify suitable conditions for maximizing nutritional yield, considering that the extraction process can affect their degradation. The fruits were divided into three batches, sanitized in a sodium hypochlorite solution, with the pulp removed, packaged, and stored in a domestic freezer. After 60 days, the pulps were crushed and refrozen at -18°C. The crushed pulp was mixed with acidified solvent (85:15, solvent/acid) in a ratio of 5g of pulp to 10ml of solvent. Extraction was performed in an ultrasonic bath for 30, 40, and 60 minutes, followed by centrifugation for 20 minutes, separating the supernatant (extract) from the residue. The extract was used to quantify the total anthocyanin yield. Total anthocyanin quantification was performed using the pH differential method. The extract sample was transferred to a test tube, where potassium chloride buffer was added. After 10 minutes in the absence of light, the sample was read in a spectrophotometer. The procedure was repeated with sodium acetate buffer. The extraction tests with varying times indicated that 40 minutes was the most efficient, resulting in the highest anthocyanin concentration. A longer extraction time (60 minutes) reduced yield due to oxidative degradation. Therefore, optimizing extraction time and solvent volume is essential to maximize yield and ensure anthocyanin stability, especially for commercial applications.

Keywords: anthocyanins; carnauba; extraction; yield; stability.

Data de aprovação: 17/05/2024

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de utilizar frutos para obter corantes naturais que podem ser utilizados no desenvolvimento de novos produtos (BARRETTO et. al, 2020; GUINÉ et. al, 2020). Segundo Nogueira (2009), a carnaúba é um fruto muito rico nutricionalmente, apresentando em sua composição substâncias bioativas como compostos fenólicos, antocianinas, carotenoides, flavonoides e vitamina C. A ingestão dessas substâncias é fundamental, pois elas têm ação antioxidante, auxiliando o corpo a combater os radicais livres. Dessa forma, desempenham um papel na prevenção de certas doenças e contribuem para a manutenção da saúde de quem as consome (RUFINO, 2008).

Atualmente, as indústrias alimentícias estão em busca de maneiras de aprimorar e uniformizar a cor dos alimentos processados, proporcionando uma aparência mais autêntica aos produtos, o que desperta maior interesse por parte dos consumidores. (CUNHA, 2008; MORITZ, 2005; GOMES, 2012).

Neste contexto, as antocianinas que são pigmentos solúveis em água de coloração com tons que variam de vermelho vivo à violeta, podem ser uma boa opção de uso como corante natural. Elas se encontram amplamente distribuídas na natureza, presentes em flores, frutos, vegetais, caules e raízes de plantas (MALACRIDA; MOTA, 2006). Porém, elas são instáveis, e podem se deteriorar no decorrer da extração vegetal, no processamento e na estocagem de alimentos em decorrência das variações de pH, temperatura, influência do oxigênio, enzimas e da interferência da luz em sua coloração (LOPES et al., 2007; GOMES, 2012).

A extração de antocianinas pode ser uma forma de estimular o uso dos frutos da carnaúba, que atualmente são utilizados para alimentação animal. Porém, o método de extração pode influenciar na degradação das antocianinas, por isso se busca através desta pesquisa obter o extrato de antocianinas a partir do fruto in natura da carnaúba avaliando as condições necessárias para alcançar um bom rendimento de antocianinas totais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FRUTOS DA CARNAÚBA

Os frutos da carnaubeira são basicamente aproveitados para alimentação animal, porém, grande parte é desperdiçada na época da safra, devido ao curto período de vida útil da fruta in natura, bem como pela falta de processamento, seja para consumo humano ou animal (ALVES; COELHO, 2008). De acordo com Bezerra, 2013, o consumo humano da fruta da carnaúba pode ser melhor aproveitado, dadas as suas características nutricionais significativas apresentadas na figura 1.

Figura 1: Tabela com valores nutricionais, minerais e calóricos do fruto da

Componente	Quantidade
Cinzas	3,60 g/100 g
Proteínas	6,70 g/100 g
Carboidratos	42,79 g/100 g
Lipídios	1,18 g/100 g
Umidade	45,73 g/100 g
Fibras alimentares totais	26,52 g/100 g
Teor calórico	208,58 Kcal/100 g
Potássio (K)	1284,00 mg/100 g
Magnésio (Mg)	66,00 mg/100 g

carnaúba.

Fonte: Bezerra, 2013.

Segundo Nogueira (2009), a carnaúba (Figura 2) é um fruto muito rico nutricionalmente, apresentando em sua composição principalmente alto teor de vitamina C e antocianinas.

FIGURA 2: Fruta madura da carnaúba.



Fonte: Autores.

A extração de antocianinas pode ser uma forma de estimular o extrativismo vegetal da carnaubeira voltado para os seus frutos. Porém, devido à instabilidade, é importante analisar as etapas da extração desses pigmentos de maneira que as antocianinas sofram menos alterações em suas propriedades, para posteriormente serem utilizadas como outros objetivos (LOPES, 2002).

2.2 CORANTES EM ALIMENTOS

Uma das principais funções dos corantes em produtos industrializados é melhorar a aparência dos mesmos, deixando-os mais parecidos aos produtos in natura e mais atrativos para o consumidor, que, desta forma, é estimulado a consumir o produto, já que aparências, dentro dos parâmetros sensoriais, têm um papel importantíssimo na aceitação de produtos industrializados (BARRETTO et. al, 2020;).

Corantes sintéticos são amplamente utilizados para diversas finalidades e dominam as aplicações em alimentos, tecidos e fármacos, principalmente por apresentarem alta estabilidade às variações de condições de uso (TÜRKER; ERDOGDU, 2006). Existem publicações de estudos do Codex Alimentarius, órgão ligado à Organização Mundial da Saúde (OMS), que já fundamentaram a proibição do uso de alguns corantes sintéticos em todos os países. Em 1987, a portaria N° 02 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) relatou sobre a proibição de alguns corantes sintéticos como: o vermelho sólido (recheios e revestimentos de biscoito), o escarlata GN (recheios de confeitarias), além do azul de alizarina (óleos emulsionados e gelatina), dentre outros (FAVARO, 2008).

Devido à toxicidade de alguns corantes sintéticos e à proibição do uso de alguns deles, nota-se um crescente interesse por corantes obtidos a partir de fontes naturais uso (TÜRKER; ERDOĞDU, 2006). Porém, o destaque dos corantes naturais tem sido gradual, já que os corantes sintéticos têm vantagens difíceis de superar. Corantes sintéticos possuem maior capacidade tintorial, representada pela melhor fixação nos produtos, com cores mais intensas e menor custo, devido ao uso de dosagens menores e preço inferior. Além disso, sua estabilidade é bastante superior à dos corantes naturais (FAVARO, 2008).

As fontes naturais de corantes mais pesquisadas englobam as principais famílias cromáticas dos corantes naturais: os carotenóides, prevalecendo aqueles de coloração amarela e laranja; os porfirínicos, de coloração verde, e os flavonóides, principalmente aqueles de cor vermelha, como as antocianinas (BUNEA et al., 2013).

2.3 ANTOCIANINAS

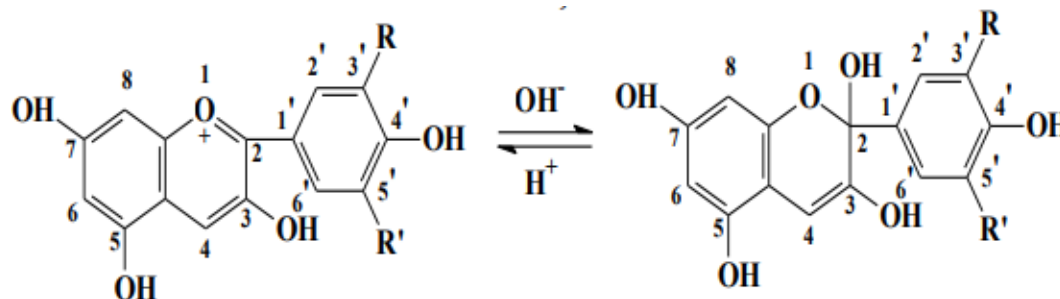
Atualmente observa-se um crescente interesse no uso de antocianinas em diversos segmentos, dentre os quais se destacam as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, onde podem ser aplicadas, por exemplo, como corantes, principalmente corantes vermelhos os quais são os corantes naturais mais difíceis de encontrar na natureza em forma estável (FAVARO, 2008).

As antocianinas são importantes flavonoides que apresentam cores visíveis ao olho humano. O termo antocianina (do grego anthos = flores; kianos = azul) foi proposto em 1835 por Marquat, referindo-se a pigmentos azuis, violetas e vermelhos encontrados em flores. Atualmente, sabe-se que estes pigmentos são responsáveis pelas cores: laranja, rosa, vermelha, violeta e azul de flores, frutas e também de folhas (HARBORNE, 1967).

Uma das principais funções das antocianinas em flores e frutas é o poder de atrair agentes polinizadores e dispersores de sementes, além de proteger diversos tecidos da planta de processos oxidativos, durante diversas etapas de seu ciclo de vida, principalmente em fases iniciais do crescimento (ALKEMA, SEAGER, 1982).

Em termos gerais, as antocianinas tendem a alterar sua coloração conforme o pH do meio varia (Figura 3), seja se tornando mais ácido ou alcalino. Isso acontece devido à adição de íons hidroxila (OH-) no carbono 2 das moléculas de antocianina (SOARES; SILVA; CAVALHEIRO, 2001).

Figura 3: As antocianinas têm cores diferentes a pH mais ácido (à esquerda) ou mais básico (à direita)



Fonte: (SOARES; SILVA; CAVALHEIRO, 2001).

As cores das antocianinas são afetadas pela presença e disposição de grupos hidroxila e metoxila em suas moléculas. A adição de grupos hidroxila tende a produzir uma coloração mais azulada, enquanto a adição de grupos metoxila intensifica o vermelho (LÓPEZ et al., 2000). O grau de hidroxilação e metoxilação também se relacionam com a estabilidade, aumentando com o número de metoxilas e diminuindo com o número de hidroxilas. Além disso, outros fatores também podem influenciar na coloração das soluções de antocianinas, tais como: presença de pequenas quantidades de outros pigmentos, quelação com metais, pH do fluido da célula vegetal e copigmentação com outros flavonoides (ALKEMA, SEAGER, 1982; FRANCIS, 1989).

As antocianinas apresentam elevado poder antioxidante, demonstrando ações efetivas no combate ao estresse oxidativo do metabolismo humano, o qual desencadeia diversas doenças crônicas não degenerativas como diabetes, câncer e doenças cardiovasculares sendo, portanto, utilizadas na prevenção destas doenças (Rigolon et al., 2021).

Apesar de larga distribuição na natureza, as antocianinas ainda apresentam uso restrito como corantes alimentícios devido a problemas relacionados com a estabilidade e problemas de rendimento durante a extração. Muitas pesquisas têm sido efetuadas com o intuito de superar tais dificuldades e muitos avanços foram conseguidos, mostrando o possível emprego de antocianinas em diversos sistemas alimentares (CONSTANTE 2003). Nos EUA, por exemplo, extratos concentrados de cascas de uvas contendo antocianinas estão comercialmente disponíveis para uso como corantes, porém, ainda isentos de certificação (TÜRKER; ERDOGDU, 2006).

No Brasil, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de utilizar frutos para obter corantes naturais que podem ser utilizados no desenvolvimento de novos produtos. Devido à grande extensão territorial, posição geográfica e condições edafoclimáticas, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas. Uma das regiões que apresentam maior potencial para a extração de frutos é a Mata dos Cocais, formada por palmeiras como o babaçu, buriti e carnaúba.

2.4 EXTRAÇÕES DE COMPOSTOS BIOATIVOS POR BANHO ULTRASSÔNICO

O banho ultrassônico é um dispositivo usado para limpar objetos utilizando ondas ultrassônicas de alta frequência. O funcionamento básico desse aparelho envolve a criação de ondas sonoras de alta frequência, geralmente acima do limite audível humano (20 kHz), por meio de um transdutor ultrassônico (MATOS, et. al. 2009). Essas ondas sonoras são transmitidas para um líquido presente no banho. Quando as ondas ultrassônicas passam pelo líquido, ocorrem ciclos de compressão e rarefação, criando bolhas microscópicas de vácuo. Essas bolhas colapsam, criam pequenas áreas de alta pressão e altas temperaturas localizadas, em um fenômeno chamado cavitação (TROJANOWSKA et al., 2019).

A cavitação gera forças intensas que podem quebrar partículas presas. O equipamento banho ultrassônico mostra-se como uma alternativa sustentável para o processo extrativo, uma vez em que a geração de cavitações pelo equipamento possibilita extrações em temperatura ambiente, com tempo reduzido de processo e menor quantidade de solvente (MATOS, et. al. 2009).

O princípio de saída do ultrassom é um corpo vibratório, que faz o meio pulsar, transferindo energia para o corpo vibratório. Os parâmetros físicos que atuam no processo incluem potência, frequência e amplitude (WEN et al., 2018). A capacidade da extração assistida por ultrassom se relaciona à criação, progressão e fragmentação de bolhas (AZMIR et al, 2018).

As vibrações acústicas produzidas pelo banho ultrassônico facilitam a penetração do solvente nas paredes celulares da amostra vegetal, liberando o conteúdo intracelular. O equipamento banho ultrassônico mostra-se como uma alternativa sustentável para o processo extrativo, uma vez em que a geração de cavitações pelo equipamento possibilita extrações em temperatura ambiente, com

tempo reduzido de processo e menor quantidade de solvente (MATOS,et. al. 2009).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios com diferentes tempos de extração (30, 40 e 60 minutos) mostraram que 40 minutos foi o mais eficiente, obtendo a maior concentração de antocianinas (0,1704 mg/g). Tempos maiores, como 60 minutos, resultaram em menor rendimento devido à degradação oxidativa. O volume de solvente também influencia o rendimento, pois volumes maiores aumentam o gradiente de concentração, facilitando a extração. Além disso, o ácido ascórbico pode acelerar a degradação das antocianinas. A polpa de carnaúba mostrou teor de antocianinas elevado comparado a outras frutas tropicais. Essas comparações destacam a importância de escolher o método de extração adequado para otimizar a extração de antocianinas e garantir a estabilidade dos compostos, especialmente quando visam aplicações comerciais.

A escolha cuidadosa dos parâmetros de extração é essencial para otimizar o rendimento e preservar a integridade das antocianinas. A otimização desses fatores não apenas aprimora a eficiência do processo, mas também reduz os riscos de degradação, assegurando que o produto final mantenha uma alta concentração desses compostos. Esses cuidados são particularmente importantes em aplicações comerciais, onde a estabilidade e a qualidade das antocianinas podem influenciar diretamente a eficácia e o valor dos produtos derivados. Assim, a adoção de métodos de extração otimizados é fundamental para garantir a viabilidade industrial e a competitividade no mercado de ingredientes naturais e nutracêuticos.

REFERÊNCIAS

- ALKEMA, S.; SEAGER, S. L. **The chemical pigments of plants**. Journal of Chemical Education.v.59, n. 3, p. 183, 1982.
- ALVES, M. O; COELHO, J. D. **Extrativismo da carnaúba: relações de produção, tecnologia e mercados**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. 214 p. (Serie documentos do ETENE,20).
- BARRETTO, F. J. D. F. P., CLEMENTE, H. A., SANTANA, A. L. B. D., VASCONCELO, M.A. D. S. **Avaliação da estabilidade das antocianinas em iogurte elaborado com corante natural obtido da casca de Solanum melongena L. encapsulado e não encapsulado**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 42, n.3, 2020.
- BEZERRA, K. C. B. **Características físicas e físico-químicas do fruto da**

carnaúba (*Coperniciaprunifera* H. E. MOORE). Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí, Teresina: UFPI, 2013. 42 p.

BUNEA, A.; RUGINĂ, D.; SCONȚA, Z.; POP, R. M.; PINTEA, A.; SOCACIU, C.; TĂBĂRAN, F.; GROOTAERT, C.; STRUIJS, K.; VANCAMP, J. **Anthocyanin determination in blueberry extracts from various cultivars and their antiproliferative and apoptotic properties in B16-F10 metastatic murine melanoma cells.** *Phytochemistry*, v. 95, p. 436-444, 2013.

CARVALHO, F.; ROTHCHILD S. DE M. *Antocianinas de corantes alimentícios*. Campina Grande. Editora Amplla, 2022.

CONSTANTE, P. B. L.; **Extração, caracterização e aplicação de antocianinas de açaí (*Euterpeoleraea*, M.).** Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2003. 183p.

COSTA, G. **Informações agrícolas: carnaúba: cera é pó cerífero.** 2014. Disponível em: <<http://gonzagacosta.blogspot.com.br/2-14/09/carnauba-cera-e-pocerifero.html>>. Acesso em: 13 de setembro de 2021.

CUNHA, F. G. **Estudo da Extração Mecânica de Bixina das Sementes de Urucum em Leito de Jorro.** 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

DRUMMOND, J. A. **A extração sustentável de produtos florestais na Amazônia Brasileira.** *Estudos Sociedade e Agricultura*, Rio de Janeiro, p. 116-137, 1996. Disponível em: <bibliotecavirtual.clacso.org>. Acesso em: 13 de setembro de 2021.

FAVARO, M. M. A. **Extração, estabilidade e quantificação de antocianinas de frutas típicas brasileiras para aplicação industrial como corantes.** 102 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, CAMPINAS, 2008.
FRANCIS, F. J. Food Colorants: Anthocyanins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 28, n. 4, p. 273, 1989.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. **Quantitative methods for anthocyanins: Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice.** *Journal of Food Science*; V. 33, n.1, p.78, 1968.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E.; **“Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems”;** *Biochemical Engineering Journal*; 2003, 14(3), p. 217. <<http://www.ufrgs.br/Alimentus/méd/2004-1/seminários/corantes.doc>>. Acesso em: 13 de setembro de 2021.

GOMES, J. A. F.; LEITE, E. R.; CAVALCANTE, A. C. R.; CÂNDIDO, M. J. D.; LEMPP, B.; BOMMFIM, M. A. D.; ROGÉRIO, M. C. P. **Resíduo agroindustrial da carnaúba como fonte devolumoso para a terminação de ovinos.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, n 1, p.58-67. 2009.

- GIUSTI, M.; WROLSTAD, R. E. **Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy**. In: Current Protocols in Food Analytical Chemistry; Protocol, London: JohnWiley and Sons, Inc. 2000.
- LOPES, T. J. **Adsorção de antocianinas do repolho roxo em argilas**. 2002. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- 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.
- MALLACRIDA, S.R.; MOTTA, S. **Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade**. CEPPA, v. 24, n.1, p. 59 – 82, 2006.
- MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. **Corantes alimentares: Desafios, oportunidades e anseios atuais das agroindústrias para garantir as expectativas dos consumidores e as práticas regulatórias**. Trends in Food Science & Technology, v. 52, p. 15, 2016.
- MORITZ, D. E. *Produção do Pigmento Monascus Por Monascus ruber CCT 3802 em Cultivo Submerso*. 2005. 150p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- NOGUEIRA, D. H.; LIMA, J. R.; ALVES, R. E. **Produção de Geléia à Base de Frutos de carnaubeira**. Ceará: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2009. 4p. (Embrapa Agroindustrial Tropical. Comunicado Técnico 143).
- ROCHA, J. C. G. **Adição dos corantes naturais antocianinas e luteína em bebidas formuladas com proteínas de soro de leite**. Dissertação: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2013.
- RUFINO, M. do S. M.; ALVEZ, R. E.; BRITO, E. S. De; MORAIS, S. M. De; SAMPAIO, C. De G; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Comunicado Técnico 127, Fortaleza, 2007.
- SOARES, M. H. F. B.; SILVA, M. V. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. **Aplicação de corantes naturais no ensino médio**. Eclética Química, 2001.
- TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. **Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução?**. Química Nova, v.25, n. 4, p. 684, 2002.
- TÜRKER, N.; ERDOGDU, F. **Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.)**. Journal of Food Engineering, v. 76, n. 4, p. 579, 2006.
- WANG, T., GUO, N., WANG, S.X., KOU, P., ZHAO, C.J., & FU, Y.J. **Food**

Bioprod.Process, V 108, p.69-80, 2018.

