



Recebido: 09/12/2023 | Revisado: 28/05/2024 | Aceito: 28/07/2024 | Publicado: 16/09/2024

This work is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i3.837

Corante alimentício natural do figo da índia (*Opuntia ficus-indica* L.): extração e caracterização

“Natural food coloring from Indian fig (*Opuntia ficus-indica* L.): extraction and characterization”

TAVARES, Natiely Lima. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Universidade Federal de Sergipe - Cidade Univ. Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marcelo Deda Chagas, s/n, Bairro Rosa Elze, São Cristóvão-Sergipe-Brasil. CEP 49107-230/ Telefone (79)99652-2656 / nathynutri.12@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7773-507X>

MOURA, Ane Rafaela Silva. Graduada em Engenharia de Alimentos

Universidade Federal de Sergipe - Cidade Univ. Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marcelo Deda Chagas, s/n, Bairro Rosa Elze, São Cristóvão-Sergipe-Brasil. CEP 49107-230/ Telefone (79)99979-6337 / anemoura@academico.ufs.br / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0871-189X>

SILVA, Flávia Luiza Araújo Tavares da. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Universidade Federal de Sergipe - Cidade Univ. Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marcelo Deda Chagas, s/n, Bairro Rosa Elze, São Cristóvão-Sergipe-Brasil. CEP 49107-230/ Telefone: (79)99630-6068 / flavialuats@hotmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7756-9252>

SILVA, Andréa Gomes da. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - BR 415, Itapetinga - Bahia-Brasil. CEP 45700-000 / Telefone: (77)99116-9595 / agomes@uesb.edu.br / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8956-0121>

CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa. Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Universidade Federal de Sergipe - Cidade Univ. Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marcelo Deda Chagas, s/n, Bairro Rosa Elze, São Cristóvão-Sergipe-Brasil. CEP 49107-230/ Telefone (79)991913636 / pblconstant@academico.ufs.br / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7095-940X>

RESUMO

As restrições ao uso de corantes artificiais têm crescido devido a problemas de toxidez e alergenicidade, o que vem alavancando os estudos de fontes de corantes naturais e viabilização técnica. Nesse contexto, destaca-se o fruto de palma (*Opuntia ficus indica* L.), conhecido popularmente como figo-da-índia, que cresce em toda a América, e no Brasil expressivamente nas regiões de semi-árido, a partir do qual é possível extrair o pigmento vermelho/violeta, substância de coloração peculiar bastante pesquisada. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi obter o extrato corante a partir do fruto de palma colhido em três períodos distintos, por meio da extração hidrolacólica. Para obter o extrato de betalaínas, foi utilizado etanol 70% acidificada com ácido cítrico a pH3,5. Foram avaliados teores de betalaínas, atividade antioxidante (métodos ABTS e FRAP) e flavonoides dos extratos líquidos concentrados. Foram ainda determinados parâmetros físico-químico como pH, sólidos solúveis (°Brix), atividade de água e umidade. Os extratos corantes obtidos nos três períodos de coleta, não deferiram estatisticamente para maior parte dos resultados e apresentaram coloração vermelha característica das betaxantinas. O valor médio encontrado foi de 13,04 (mg/100g) de betalaínas e 12,69 (mg/100g) de flavonoides. A presença de betalaínas e flavonoides justificam a alta capacidade antioxidante do extrato determinada pelos métodos de ABTS e FRAP. Os dados deste trabalho evidenciam o valor bioativos e funcional ainda subexplorado do figo-da-índia (*Opuntia ficus indica* L.) e o colocam como uma fonte promissora de corante natural para alimentos que além de colorir apresenta propriedades funcionais.

Palavras-chave: Betalaína, pigmento natural, fruto de cactáceas, antioxidantes.



ABSTRACT

Restrictions on the use of artificial colorants have been increasing due to toxicity and allergenicity issues, which has been driving studies on natural colorant sources and their technical feasibility. In this context, the prickly pear (*Opuntia ficus indica* L), commonly known as the Indian fig, which grows throughout the Americas and significantly in Brazil's semi-arid regions, stands out. From this fruit, it is possible to extract a red/violet pigment, a peculiarly colored substance that has been extensively researched. Therefore, the aim of this study was to obtain the colorant extract from the prickly pear fruit harvested in three different periods, through hydroalcoholic extraction. To obtain the betalain extract, 70% ethanol acidified with citric acid to pH 3.5 was used. The contents of betalains, antioxidant activity (ABTS and FRAP methods), and flavonoids of the concentrated liquid extracts were evaluated. Additionally, physicochemical parameters such as pH, soluble solids (° Brix), water activity, and moisture were determined. The colorant extracts obtained in the three collection periods did not differ statistically for most results and presented the characteristic red coloration of betaxanthins. The average value found was 13.04 mg/100g of betalains and 12.69 mg/100g of flavonoids. The presence of betalains and flavonoids justifies the high antioxidant capacity of the extract determined by the ABTS and FRAP methods. The data from this study highlight the bioactive and functional value, still underexploited, of the prickly pear (*Opuntia ficus indica* L), positioning it as a promising source of natural food colorant that, in addition to coloring, presents functional properties.

keywords: Betalain, natural pigment, cactus fruit, and antioxidants.

Introdução

A cor dos alimentos é um atributo fundamental na escolha de um produto pelo consumidor, pois está diretamente relacionada à sua aceitação. A aparência do alimento pode exercer efeito estimulante ou inibidor do apetite, além de ser fonte de prazer e satisfação. Por essa razão, o setor alimentício tem se voltado a estudos sobre cores e obtenção de alimentos que agradem aos olhos do consumidor (Collins e Plumbly, 1995; Freund et al., 1988).

Existem duas classes bem distintas de corantes disponíveis para uso em alimentos, os sintéticos e os naturais. Apesar dos corantes sintéticos apresentarem menores custos de produção e maior estabilidade, o número de aditivos sintéticos vem diminuindo, a cada ano, em favor dos pigmentos naturais. A substituição dos corantes artificiais pelos naturais está sujeita a dificuldades, em virtude de questões relacionadas à estabilidade, principalmente nas condições de processamento e armazenamento dos alimentos. Os consumidores, cada vez mais exigentes, têm impulsionado a análise intensiva dos pontos problemáticos. Como resultado, diversas propostas para solucioná-los vêm surgindo e desvendando um futuro promissor quanto ao emprego dessa matéria-prima (Constant et al., 2021).

Nessa linha de estudo, diversas pesquisas vêm sendo feitas aos longos dos anos, buscando formulações viáveis. Maiores dificuldades têm sido encontradas com os corantes naturais hidrossolúveis como as antocianinas e betalaínas (Constant e Freitas, 2021). Esses são pouco estáveis e suscetíveis a ação da luz, oxigênio, metais pH, etc. Dentro desse grupo, as antocianinas são as mais estudadas. (Kluge e Preczenhak, 2016).

Devido à alta capacidade tintorial das betalaínas, algumas plantas são apontadas como possíveis fontes de corantes naturais para alimentos. No entanto, embora haja diversas fontes em potencial, apenas a beterraba alcançou sucesso comercial. É crucial identificar novas fontes que sejam economicamente viáveis (Constant e Freitas, 2021).

O fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L.), conhecida como figo-da-índia, é uma fonte potencial de betalaína. A palma apresenta notável adaptação a diversas



condições climáticas o que permite seu cultivo em diferentes solos e climas, tornando-a uma importante fonte alimentar. Além de fornecer forragem ao longo do ano para animais, seus frutos são consumidos pelos seres humanos, tanto *in natura* quanto na forma de doces e compotas, sendo considerados uma iguaria típica do México e da região Andina (Nascimento et al., 2023). No Brasil, a palma é cultivada principalmente para forragem animal, e seu cultivo abrange aproximadamente 500 mil hectares nas regiões Nordeste, Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais (Ferraz, 2013; Araújo et al., 2019).

As cactáceas são abundantes no Brasil, oferecendo oportunidades para diversos estudos, especialmente no que se refere ao seu potencial como fonte de corante alimentício. Além do poder tintorial, os corantes naturais das cactáceas possuem propriedades funcionais distintas, destacando-se suas propriedades antioxidantes, o que torna sua exploração de significativa importância (Mota et al., 2021; Giraldo-Silva et al., 2023).

Este estudo teve como objetivo utilizar o fruto da palma para a produção de extrato corante natural de betalaína. Buscou-se realizar a caracterização físico-química dos extratos betalaínicos obtidos, além de fazer a identificação de algumas das propriedades funcionais associadas a esses extratos.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Tecnologia de Alimentos - DTA da Universidade Federal de Sergipe -UFS e no Laboratório de Análises de Flavor-LAF. A matéria prima, Figo-da-Índia, foi obtida pela coleta no *Campus* de São Cristóvão - UFS (coordenadas 10°55'34.0"S, 37°06'11.1"W) em três períodos diferentes. A primeira realizada 18 de outubro de 2022, a segunda ocorreu em 08 de novembro, e a terceira foi realizada em 22 de novembro, todas do mesmo ano.

Preparo do extrato corante

Após a higienização por imersão em solução de hipoclorito de sódio 200 mg.L⁻¹ e enxague com água corrente, os frutos de Figo da Índia foram macerados em solução etanólica a 70 % acidificado a pH 3,5 com ácido cítrico na proporção 1:10 (m:v) (polpa: solução extratora) por um período de 24h a temperatura de 28 °C e em ausência de luz, de acordo com a metodologia descrita por Constant (2003). Após esse tempo, o extrato foi filtrado e concentrado sob pressão reduzida à temperatura de 38 ± 1 °C em rotaevaporador rotatório até se obter um volume final correspondente a 30 % do volume original. Tal extrato concentrado foi congelado em frasco âmbar a temperatura de -18 °C até sua caracterização.

Caracterização do extrato corante

Atividade de água (aw) sólidos solúveis totais (SST) (°Brix), umidade (%) e pH foram determinados de acordo com a metodologia proposta em Instituto Adofo Lutz (2008). w),

A cor foi qualificada por meio da leitura direta de reflectância das coordenadas "L", "a" e "b", empregando a escala Cielab em colorímetro Konica Minolta, modelo CR10.

O teor de betalaínas expresso em betacianina foi determinado de acordo com metodologia descrita por (Herbach et al., 2007). A absorvância do extrato foi



determinada espectrofotometricamente em 538 nm e a concentração determinada pela equação 1.

$$C = \frac{(Ax1000FD)}{EL} \text{ Equação 1}$$

Onde: A = Absorbância, FD = Fator de diluição, MM = Massa molecular de 550 gmol⁻¹, E - Coeficiente de extinção molar 60000 L mol⁻¹ e L = Comprimento do percurso ótico da cubeta: 1cm

A capacidade antioxidante foi determinada por dois métodos: ABTS e FRAP. O método de redução do radical ABTS (ácido 2'-azinobis (3-etilbenzeno-tiazolina-6-sulfônico), foi executado conforme EMBRAPA (2007). Para tanto, 30µL da amostra e 3,0 mL do reagente (preparado 16 h antes do uso) homogeneizados em vórtex e após 6 min de repouso em ambiente escuro, fez-se a leitura da absorbância a 734 nm, em espectrofotômetro UV-Vis. Diferentes concentrações da solução alcoólica de Trolox (50-2000 µMol Trolox/L), foram utilizadas para construção da curva de calibração ($y = -0,0002x + 0,6705$, $R^2 = 0,9911$). Para o branco foi utilizado álcool etílico acidificado (solução extratora) p.a., no lugar da amostra. Os resultados foram expressos em µMTrolox/100 g de amostra.

O método FRAP (Poder Antioxidante de Redução do Ferro), foi executado segundo EMBRAPA (2007). 90 µL do extrato, 270 µL de água destilada e 2,70 mL do reagente FRAP (TPTZ, FeCl₃ e solução tampão de acetato) foram misturados e homogeneizada em vórtex e aquecida em banho-maria a 37 °C por 30 min. Logo após, a amostra foi resfriada em banho com gelo e a absorbância a 595 nm foi lida em espectrofotômetro UV-Vis. Diferentes concentrações de Fe²⁺+4000-500) (µM deFe₂SO₄) foram utilizadas para construção da curva de calibração ($y = 0,0005x - 0,0387$, $R^2 = 0,999$). Para o branco foi utilizada a mistura entre 90 µL de solução alcoólica, no lugar da amostra. Os resultados foram expressos em µM Fe₂SO₄/100 g de amostra.

A avaliação do teor de flavonoides totais foi realizada de acordo com metodologia proposta por Gualberto et al. (2021). 1,5 mL de extrato corante concentrado foi misturado a 1,5mL da solução de AlCl₃ (2 %) em metanol. Após a homogeneização em um vórtex (1 min.) e repouso a temperatura ambiente por 30 minutos, foi efetuada a leitura da absorbância em espectrofotômetro em 415 nm. A concentração dos flavonoides foi calculada utilizando uma curva padrão de quercetina (0,25-1000 mg/L), cuja equação da reta foi $y = 16,312x - 0,0902$ ($R^2 = 0,9586$). Os resultados foram expressos em mg equivalente de quercetina (EQ)/100 g de amostra.

O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado com três repetições. As análises estatísticas foram desenvolvidas utilizando o pacote "rstatix" do programa estatístico R (R Core Team, 2023). Os resultados obtidos foram submetidos, quando pertinente, a análise de variância de médias (ANOVA) e Teste de Tukey a $p < 0,05$. Para a obtenção das curvas padrões para as análises de antioxidantes foi feita análise de regressão.

Resultados e discussão

A Figura 1 e Figura 2 mostram o fruto Figo-da-Índia e etapas do processo de extração do corante respectivamente. É possível observar que se trata de ecotipo roxo e portanto, as betalainas prioritária, são as betacianinas (Cejudo-Bastante et al., 2014). As betacianinas contêm em sua estrutura química um resíduo ciclo-3,4-

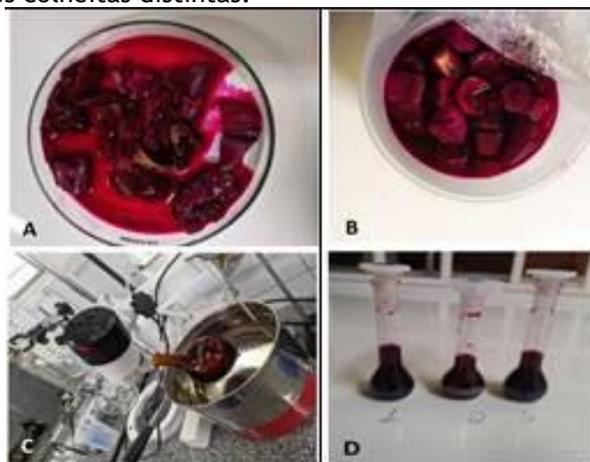
di-hidroxifenilalanina que lhe confere absorção máxima no comprimento de onda de 540 nm e a coloração violeta (Constant e Freitas, 2021).

Figura 1 - Figo-da-Índia (*Opuntia ficus indica* L. Mill). (A) Palma forrageira contendo frutos; (B) Fruto maduro e (C) Frutos em corte transversal e longitudinal.



Fonte: Autores (2023).

Figura 2 - Etapas de produção dos extratos etanólicos dos frutos de Figo-da-índia. (A) Fruto macerado; (B) Frutos na solução extratora; (C) Concentração do extrato por rotoevaporação e (D) Extratos produzidos a partir de três colheitas distintas.



Fonte: Autores (2023).

Os resultados da caracterização Sólidos solúveis, umidade, atividade de água e pH do extrato concentrado, em cada período de coleta, encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Análises físico-químicas (°Brix, umidade, aw e pH) do extrato de nos três períodos de coleta.

Tratamento	Sólidos Solúveis (°Brix)	Umidade (%)	aw	pH
ETOHD1	10,10 ±0,14 b	94,61 ±0,69 a	0,98 ±0,00 a	3,49 ±0,03 b
ETOHD2	8,06 ±0,06 c	94,34 ±0,10 a	0,98 ±0,00 a	3,66 ±0,02 a
ETOHD3	11,02 ±0,04 a	91,19 ±0,02 b	0,98 ±0,00 a	3,61 ±0,02 a

Média ±desvio padrão da análise em triplicata. ^{a,b,c} Letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância. Aw= atividade

de água. ETOHD1 amostra colhida em 18/10/2022, ETOHD2 amostra colhida em 08/11/2022 e ETOHD3 amostra colhida em 22/11/2022.

Fonte: autores 2023

Alguns fatores são cruciais para a manutenção e estabilidade das betalaínas, além de garantir seu potencial antioxidante total. O pH é um desses fatores que influencia na cor e estabilidade da betalaína. Na faixa de pH 3 a 7 as betacianinas apresentam cor vermelha mais forte e tem maior estabilidade. Dessa forma o processo de extração do pigmento foi realizado em pH 3,5 que foi mantido após a concentração do extrato corante. As três amostras avaliadas apresentaram-se com pH próximos a 3,5 e, portanto, dentro da faixa de maior estabilidade (Volp et al., 2009; Schiozer et al., 2013).

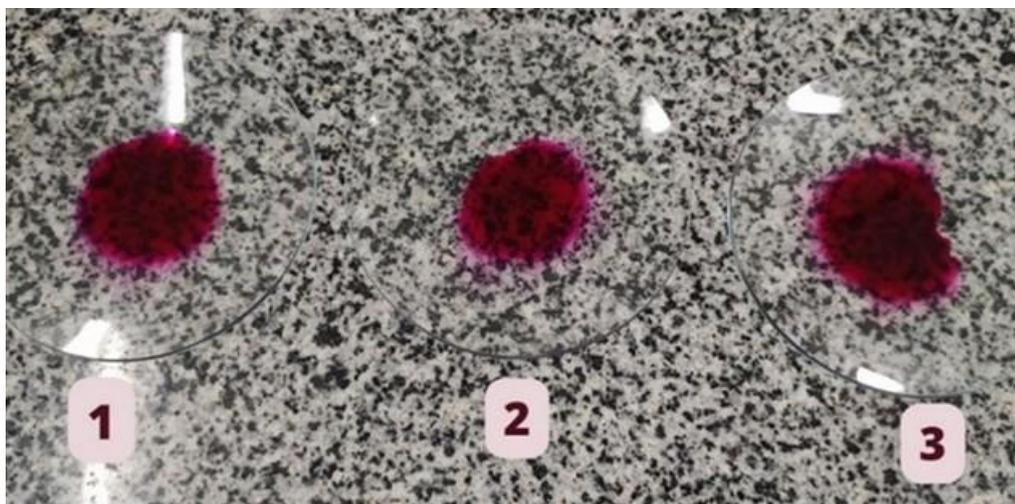
Em relação ao teor de sólidos solúveis expressos em °Brix houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os extratos 8,06 e 11,02, respectivamente. Os valores encontrados foram superiores aos relatados por Coutinho (2002) que obteve 6,6, isso pode ser reflexo do estágio de maturação do fruto e características inerentes ao plantio. Santos et al. (2010) ressaltam que o teor de sólidos solúveis pode variar devido a fatores climáticos, variedade, solo e adição de água durante o processamento, causando a diminuição dos teores de sólidos solúveis.

O corante obtido, por se tratar de um extrato, apresenta altas umidade e atividade de água, conforme visualizado na Tabela 1. O mesmo deve ser armazenado sob refrigeração e no caso de possível comercialização, o extrato corante deve ser pasteurizado.

Pode-se ressaltar ainda que a composição química dos vegetais é determinada pela espécie, grau de maturação, condições de cultivo, estação do ano e pela parte da planta analisada (Araújo et al., 2019) o que pode ter sido influências principais para os resultados deste trabalho.

A Figura 3 mostra os extratos submetidos à avaliação de cor. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, para todas as coordenadas de cor (Tabela 2). A tonalidade dos extratos está compreendida entre vermelho (tratamentos ETOHD1 e ETOHD2) e laranja (tratamento ETOHD3), de acordo com o valor de “h”.

Figura 3 - Extratos dos três períodos de coleta*, durante avaliação de cor.



*Coletas em (1) ETOHD1=18/10/2022; (2) ETOHD2=08/11/2022 e (3) ETOHD3=22/11/2023.

Fonte: Autores 2023

Tabela 2 - Avaliação das coordenadas de cor do extrato de *Opuntia ficus-indica* L.

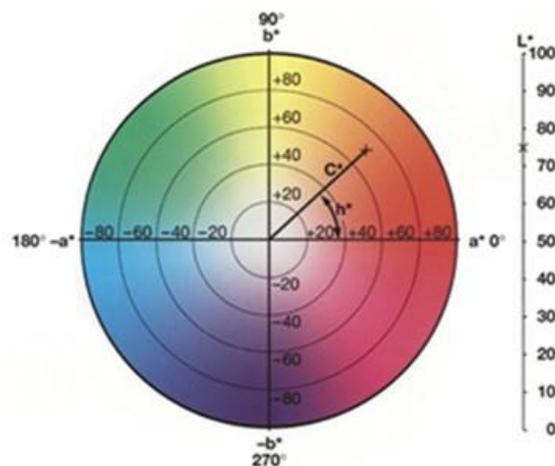
Tratamento	Coordenadas Colorimétricas				
	h*	C*	L*	a*	b*
ETOHD1	36,36 ±0,03 a	1,73 ±0,14 a	38,17 ±0,05 a	1,39 ±0,15 a	1,02 ±0,04 a
ETOHD2	38,47 ±5,44 a	1,81 ±0,18 a	37,77 ±0,43 a	1,43 ±0,25 a	1,12 ±0,02 a
ETOHD3	49,18 ±8,95 a	1,35 ±0,31 a	37,54 ±0,39 a	0,90 ±0,37 a	0,99 ±0,10 a

Média ±desvio padrão da análise em triplicata. a Letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância. ETOHD1 amostra colhida em 18/10/2022, ETOHD2 amostra colhida em 08/11/2022 e ETOHD3 amostra colhida em 22/11/2022.

Fonte: Autores 2023.

Segundo Francis (1982) a avaliação colorimétrica através dos valores triestímulus têm mostrado uma correlação muito melhor com as respostas visuais humanas. O espaço de cores Lab*, também conhecido como espaço de cores CIELAB, é atualmente o espaço de cores uniforme mais utilizado para avaliação de cores. Este sistema ganhou popularidade devido à correlação consistente entre os valores das cores e a percepção visual. A percepção das cores é definida com base em três elementos básicos: brilho ou clareza, tom ou matiz e saturação ou cromaticidade (Constant, 2003). Além disso, este conceito pressupõe que os humanos têm três tipos de receptores de cores (vermelho, verde e azul) e que todas as cores são criadas a partir de combinações destes (EMBRAPA, 2017).

A Figura 4 mostra o sólido de Hunter. Neste espaço de cor, L* indica luminosidade, e a* e b* são as coordenadas de cromaticidade. A Figura 6 mostra o diagrama de cromaticidade a*, b*. Neste diagrama, a* e b* indicam direções de cor: +a* é a direção vermelha, -a* é a direção verde, +b* é a direção amarela e -b* é a direção azul. O centro é acromático; à medida que os valores de a* e b* aumentam e o ponto se move para fora do centro, a saturação da cor aumenta, o valor da coordenada C (cromaticidade) aumenta. A tonalidade da cor é definida pelo ângulo hue (h*) (Pathare, Opara e Al-Said, 2013).

Figura 4 - Espaço de cor L*, a*, b*, C* e h.

Fonte: Adaptado de Konica Minolta (1998)

Observa-se na Tabela 2, que as cores dos extratos não diferiram estatisticamente entre si. Observando as Figuras 3 e 4 e a Tabela 2 verificam-se que os dados estão de acordo com a percepção visual da cor dos extratos que é vermelha. As coordenadas colorimétricas a* e b* são positivas que refletem numa cor situada no primeiro quadrante do sólido de Hunter e h entre 0° e 90°.



A Tabela 3 mostra os teores de betalainas encontrados nas amostras por espectrofotometria.

Tabela 3 - Quantificação de Betalainas por espectrofotometria UV-Vis.

Tratamento	Betalaina (mg/100g)
ETOHD1	14,08 ±1,24 a
ETOHD2	12,30 ±0,82 a
ETOHD3	12,74 ±1,17 a

Média ±desvio padrão da análise em triplicata. ^a Letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância. ETOHD1 amostra colhida em 18/10/2022, ETOHD2 amostra colhida em 08/11/2022 e ETOHD3 amostra colhida em 22/11/2022.

Fonte: Autores 2023.

No figo-da-índia, o maior conteúdo de betacianinas, em relação às betaxantinas explica a coloração vermelho-púrpura, característica do fruto. Nas amostras do presente estudo, a ETOHD1 (14,08 mg/100g) obteve uma maior quantidade da substância. Toda via, pelo Teste de Turkey a ($p < 0,05$) não houve diferença significativa entre as amostras. Os presentes resultados são maiores do que os achados de Tesoriere et. al. (2004) (12,1 mg/100g), bem como os de Butera et al., (2002) (10,4 mg/100g). A diferença observada pode estar relacionada ao estado de maturação das amostras recolhidas, à sua proveniência e à época de colheita.

A Tabela 4 mostra os teores de flavonoides encontrados nas amostras por espectrofotometria. Os valores encontrados nesse trabalho estão dentro dos padrões encontrados por outros autores (Kalogeropoulos et al., 2009; Ammar et al., 2015). Como a composição desses compostos é dependente da localização geográfica, o teor de flavonoides totais está relacionado com a flora e região da coleta (Balem et al., 2017; Azeredo, 2009).

Tabela 4 - Quantificação de Flavonóides por espectrofotometria UV-Vis.

Tratamento	Flavonóides(mg/100g)
ETOHD1	9,79 ±0,21 ^a
ETOHD2	8,88 ±1,39 ^a
ETOHD3	19,41 ±0,26 ^a

Média desvio padrão da análise em triplicata. ^a Letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância. ETOHD1 amostra colhida em 18/10/2022, ETOHD2 amostra colhida em 08/11/2022 e ETOHD3 amostra colhida em 22/11/2022.

Fonte: Autores 2023.

A Tabela 5 mostra a atividade antioxidante dos extratos. As betalainas têm mostrado diferentes propriedades biológicas, entre as quais se destacam propriedades antioxidantes, antitumorais e anti-inflamatórias (Iftikhar et al., 2022).

Tabela 5 - Atividade antioxidante do extrato de figo-da-índia (*Opuntia ficus-indica* L) nos três períodos de coleta.

Tratamento	FRAP (µmol/100g)	ABTS (µmol/100g)
ETOHD1	1.443,11 ±44,38 b	9.081,57 ±91,68 b
ETOHD2	1.205,13 ±8,90 c	9.438,46 ±20,70 b
ETOHD3	2.395,78 ±79,53 a	19.464, ±321,00 a



Média \pm desvio padrão da análise em triplicata. a Letras distintas, na mesma coluna, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância. ETOHD1 amostra colhida em 18/10/2022, ETOHD2 amostra colhida em 08/11/2022 e ETOHD3 amostra colhida em 22/11/2022.

Fonte: Autores 2023.

Para os teores antioxidantes do presente trabalho, foi notado diferença significativa ($p < 0,05$) em todos os extratos analisados no ensaio FRAP. O maior valor foi encontrado no extrato ETOHD3 cerca de 2.395,78 $\mu\text{M Fe}_2\text{SO}_4/100\text{ g}$ e o menor valor foi do extrato ETOHD2, obtido na segunda coleta, 1.205,13 $\mu\text{M Fe}_2\text{SO}_4/100\text{ g}$. Quando comparados ao estudo de El-Beltagi et al. (2019) o qual avaliou pelo método FRAP, os resultados foram de 1979,43 \pm 29,33, ou seja, similares ao presente trabalho.

É importante ressaltar que a capacidade antioxidante tem sido atribuída às betalainas e aos flavonoides, ambos presentes na polpa da fruta mostrando a importância de utilizar a mesma para os extratos (Chavez-Santoscoy, 2009). Isto foi evidenciado por meio de uma pesquisa com *Opuntia ficus indica* L. coletados na Espanha e processados com casca e a polpa, procedimento usado para elevar o teor de bioativos (Andreu et al., 2018). É importante reafirmar que variações nos resultados podem ocorrer devido às diferenças nas variedades cultivadas, procedimentos de preparação e procedência dos frutos, dentre outros fatores (Missaqui, 2020).

No ensaio ABTS a amostra ETOHD3 mostrou-se superior em relação as outras (ETOHD1 e ETOHD2), tendo 19.464 $\mu\text{MTrolox}/100\text{ g}$, e as demais 9.081,57 $\mu\text{MTrolox}/100\text{ g}$ e 9.438,46 $\mu\text{MTrolox}/100\text{ g}$ respectivamente. Em outro estudo, extratos metanólicos de *Opuntia ficus indica* L. foram testados quanto à atividade antioxidante usando ensaios DPPH, ABTS e FRAP; os resultados, expressos em valores SC50 (mg/mL) foram 3,52 \pm 0,03, 0,80 \pm 0,05 e 8,04 \pm 0,02, respectivamente.

É interessante relatar que o período em que os frutos foram colhidos corresponde ao período que mais se encontra os frutos no estágio de maturação adequado, ou seja, maduro e conseqüentemente com maiores concentrações de pigmentos betalainicos. Recomenda-se, portanto, na região nordeste, que para fins de produção de corante alimentício de betalaina, a colheita dos frutos seja feita entre os meses de outubro a dezembro.

Devido à escassez de dados referentes a extratos concentrados e à variedade de métodos e unidades de medida disponíveis na literatura de caracterização, não foi possível fazer uma comparação direta da caracterização avaliação da capacidade antioxidante do referido extrato. García-Cayueta et al. (2019) relatam esta mesma dificuldade, principalmente em falar sobre que a quantificação, a qual raramente é feita após evaporação do solvente utilizado na extração dos compostos.

Pelos resultados obtidos nesse trabalho, o figo da índia tem poder tintorial elevado e pode ser potencialmente explorado para produção de corantes alimentícios. Esse corante poderá ser usado em alimentos que necessitem obter ou reforçar a cor vermelha.

Conclusões

Os dados deste trabalho evidenciam o valor bioativos e funcional ainda subexplorado do figo-da-índia (*Opuntia ficus indica* L.). O potencial tecnológico também foi demonstrado, por meio das análises realizadas, com intuito de aumentar o consumo desta espécie. Além disso chama-se a atenção ainda para estes agentes



naturais, com propriedades antioxidantes e seus compostos bioativos, especialmente no caso das cactáceas, as betalainas. Pigmentos naturais são de grande interesse na produção de corantes alimentícios, especialmente para produtos que exigem estabilidade frente a variações de pH. Além disso, esses pigmentos apresentam potencial para atividades biológicas. O método utilizado na extração foi considerado adequado para a obtenção de extratos ricos em betalainas por ser de rápido processamento, sem adição de calor ou solventes orgânicos. O presente trabalho portanto, contribui para a melhoria do conhecimento científico e tecnológico, relacionado a cultura das cactáceas identificando sua utilização na alimentação humana, animal, fins medicinais, e principalmente, como fonte de corantes alimentícios naturais.

Referências

AMMAR, I.; ENNOURI, M.; ATTIA, H. Phenolic content and antioxidant activity of cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) flowers are modified according to the extraction method. *Industrial Crops and Products*, v. 64, p. 97-104, 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.030

ANDREU, L.; NUNCIO-JÁUREGUI, N.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A.; LEGUAA, P. HERNÁNDEZA, F. J. Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* Mill. cladodes and fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, p. 1566-1573, 2018. DOI: 10.1002/jsfa.8628

ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LIRA, E. C.; FÉLIX, E. S.; SOUZA, J. T. A.; LIMA, W. B. **Palma Forrageira: Cultivo e Manejo**. Campina Grande-PB: INSA, 2019. Disponível em <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-do-insa/sistemas-de-producao-vegetal/cartilha-palma-forrageira-plantio-e-manejo.pdf>

AZEREDO, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *Int. Journal of Food Science and Technology*, v.44, p.2365-2376, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x

BALEM, T. A.; ALVES, E. O.; COELHO, J. C.; MELLO, A. L. P. Food transformations in modern society: the colonization of natural food by industrial food. *Revista Espacios*, v. 38, n. 47, p. 5-18, 2017.

BUTERA, D.; TESORIERE, L., DI GAUDIO, F., BONGIORNO, A., ALLEGRA, M., PINTAUDI, A.M., et al. Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, n. 23, p. 6895-6901. 2002. DOI: 10.1021/jf025696

CEJUDO-BASTANTE, M. J.; CHAALAL, M.; LOUAILECHE, H.; PARRADO, J.; HEREDIA, F. J. Betalain profile, phenolic content, and color characterization of different parts and varieties of *Opuntia ficus-indica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 62, p. 8491-8499, 2014. DOI:10.1021/jf502465g



CHAVEZ-SANTOSCOY, R. A.; GUTIERREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Phenolic composition, antioxidant capacity and in vitro cancer cell cytotoxicity. *Plant foods for human nutrition*, v. 64, n. 2, p. 146-152. DOI:10.1007/s11130-009-0117-0

COLLINS, P.; PLUMBLY, J. Natural colors: stable future? *Food Tech Europe*, v.49, n.2, p.64-70, 1995.

CONSTANT, P. B. L.; FREITAS, P. A. V. Betalainas. In: STRINGHETA, P. C.; FREITAS, P. A. V. **Corantes Naturais: da diversidade da natureza as aplicações e benefícios**. Recife: Even3 Publicações, 2021. DOI 10.29327/540979.

CONSTANT, P. B. L.; SILVA, A. G. da; BORGES, Ângela da S.; MELO, F. O.; FANCHIOTTI, F. E.; SILVA, F. L. A. T. da; STRINGHETA, P. C. Microencapsulation of annatto and stability evaluation's. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 9, p. e51910918179, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i9.18179.

COUTINHO, M. R. **Obtenção de antocianinas em pó provenientes do repolho roxo (*Brassica oleracea*)**. *Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2002.*

EL-BELTAGI, H. S.; MOHAMED, H. I.; ELMELEGY, A. A.; ELDESOKY, S. E.; SAFWAT, G. Phytochemical screening, antimicrobial, antioxidant, anticancer activities and nutritional values of cactus (*Opuntia ficus-indica*) pulp and peel. *Fresenius Environmental Bulletin*, v. 28, n. 2, p. 1545-1562, 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Instrumentação, 2017. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1075734/instrumentacao-pos-colheita-em-frutas-e-hortalicas>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4p. (Comunicado técnico, 128). Disponível em https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf

FERRAZ, A. **Palma forrageira - Cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido**. 2013. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAfbaYAF/palmaforrageira-cultivo-uso-atual-perspectivas-utilizacao-no-semiarid>

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins in foods. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

GARCÍA-CAYUELA, T.; GÓMEZ-MAQUEO, A.; GUAJARDO-FLORES, D.; WELTI-CHANES, J.; CANO, M. Characterization and quantification of individual betalain and phenolic compounds in Mexican and Spanish prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) tissues: A comparative study. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 76, p. 1-13, 2019. DOI: 10.1016/j.jfca.2018.11.002



GUALBERTO, N. C.; OLIVEIRA, C. S.; NOGUEIRA, J. P.; DE JESUS, M. S.; ARAÚJO, H. C. S.; RAJAN, M.; LEITE NETA, M. T. S.; NARAIN, N. Bioactive compounds and antioxidant activities in the agro-industrial residues of acerola (*Malpighia emarginata* L.), guava (*Psidium guajava* L.), genipap (*Genipa americana* L.) and umbu (*Spondias tuberosa* L.) fruits assisted by ultrasonic or shaker extraction. *Food Research International*, v. 147, article 110538, 2021.

IBGE - Censo Agropecuário. **Número de estabelecimentos agropecuários, quantidade produzida e área colhida, por produtos da lavoura temporária (Palma Forrageira) - Resultados preliminares 2017.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6615#resultado>.

IFTIKHAR, K.; SIDDIQUE, F.; AMEER, K.; ARSHAD, M.; KHARAL, S.; AHMED, I. A. M.; YASMIN, Z.; AZIZ, N. Phytochemical profiling, antimicrobial, and antioxidant activities of hydroethanolic extracts of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit and pulp. *Food Science Nutrition*, v. 11, p. 1916-1930, 2022. DOI: 10.1002/fsn3.3226

HERBACH, K. M.; MAIER C.; STINTZING, F. C.; CARLE R. Effects of processing and storage on juice colour and betacyanin stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) juice. *European Food Research and Technology*. 224: 649-658. 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-006-0354-5>

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation.** Osaka: Konica Minolta Sensing Inc, 1998. Disponível em: <https://sensing.konicaminolta.us/br/learning-center/white-papers/precise-color-communication/>

KLUGE, R. A.; PRECZENHAK, A. P. Betalaínas em beterraba minimamente processada: perdas e formas de preservação. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v. 17, n. 2, p. 175-192, 2016. Disponível em <https://www.redalyc.org/pdf/813/81349041005.pdf>

GIRALDO-SILVA, L.; FERREIRA, B.; ROSA, E.; DIAS, A. C. P. *Opuntia ficus-indica* Fruit: A Systematic Review of Its Phytochemicals and Pharmacological Activities. *Plants*, v. 12, n. 3, p. 543. 2023. DOI: 10.3390/plants12030543

KALOGEROPOULOS, N.; KONTELES, S.J., TROULLIDOU, E.; MOURTZINOS, I. and KARATHANOS, V.T. Chemical Composition, Antioxidant Activity and Antimicrobial Properties of Propolis Extracts from Greece and Cyprus. *Food Chemistry*, v. 116, p. 452-461, 2009. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.02.060

MISSAOU, M.; D'ANTUONO, I.; D'IMPERIO, M.; LINSALATA, V.; BOUKHCHINA, S.; LOGRIECO, A. F.; CARDINALI, A. Characterization of Micronutrients, Bioaccessibility and Antioxidant Activity of Prickly Pear Cladodes as Functional Ingredient. *Molecules*, v. 25, n. 9, p.2176, 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25092176>

MOTA, F. G.; SILVA, A. G.; BORGES, A. S.; FANCHIOTTI, F. E.; ARAUJO, R. R. S.; SANTOS, J. A. B.; CONSTANT, P. B. L. Obtenção, caracterização e avaliação da estabilidade de corantes de frutos de cactáceas: uma breve revisão. *Brazilian*



Journal of Development, v. 7, p. 31647-31659, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-742>

NASCIMENTO, Z. D. S.; REZENDE, L. N.; PONTES, J. C.; MACHADO NETO, G. J.; OLIVEIRA, Ângelo K. D. de; OLIVEIRA, F. K. D. de. Soil cultivation system of forage palms resistant to carmine cochineal. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 18, n. 4, p. 115-121, 2023. DOI: 10.18378/rvads.v18i4.9380.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEICAO, M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* xs. *Mombin*) provenientes do recôncavo do Sul da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n. 4, p. 1089-1097, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000015>

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S... Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. *Revista Fitos*, v. 3, n. 02, p. 6-24. 2013. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/19149>

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.* v. 6, p. 36-60, 2013. DOI: 10.1007/s11947-012-0867-9

TESORIERE, L.; BUTERA, D.; PINTAUDE, A. M.; ALLEGRA, M.; LIVREA, M. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C1-3. A. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 80, n. 2, p. 391-395, 2004. DOI: 10.1093/ajcn/80.2.391

VOLP, A.C.P.; RENHE, I.R.T.; STRINGUETA, P.C. Pigmentos naturais bioativos. *Alimentos e Nutrição*, v. 20, p. 157-166, 2009.