

Obtenção, caracterização e avaliação da estabilidade de corantes de frutos de cactáceas: uma breve revisão

Obtaining, characterizing and evaluating the stability of dyes from cactus fruits: a brief review

DOI:10.34117/bjdv7n3-742

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 29/03/2021

Felipe Gois Mota

Graduando em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Sergipe

Instituição: Universidade Federal de Sergipe

Endereço: Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE,

E-mail: felipegoismota15@gmail.com

Andrea Gomes da Silva

Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ

Instituição: Universidade do Sudoeste da Bahia

Endereço: Praça Primavera, 40 - Bairro Primavera, Itapetinga - BA,

E-mail: gomesa28@gmail.com

Angela da Silva Borges

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará

Instituição: Universidade Federal de Sergipe

Endereço: Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE,

E-mail: angelasborges@yahoo.com.br

Flavia Escapini Fanchiotti

Doutora em em Bioquímica Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa,

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: R. Alto do Reservatório - Alto José Leal, Vitória de Santo Antão - PE,

E-mail: flavia.fanchiotti@ufpe.br

Rosimar Regina da Silva Araujo

Doutora em Bioquímica Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Endereço: Rua Monsenhor José Augusto São José, Barbacena, MG.

E-mail: rosimar.regina@ifsudestemg.edu.br

Filipe de Oliveira Melo

Mestrando em de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe

Endereço: Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE

E-mail: filipeomelo@outlook.com

João Antônio Belmino dos Santos

Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Av. Marechal Rondon, s/n – Jardim Rosa Elze, São Cristóvão – SE

E-mail: santosjabpb@gmail.com

Patrícia Beltrão Lessa Constant

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
Endereço: Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE,
E-mail: pblconstant@yahoo.com.br

RESUMO

De acordo com CHRSTIAN HANSEN (19--), é de suma importância ter o conhecimento do controle e processo da matéria-prima para a extração e, até mesmo formulação de corantes naturais de sucesso com fácil aplicação na indústria de alimentos. Desse modo, temos que novos estudos em relação ao elevado poder tintorial e estabilidade das betalainas presentes no fruto da palma (*Opuntia ficus indica*) é primordial para a extração, avaliação e aproveitamento desses pigmentos como potencial corante alimentício, buscando a obtenção de um produto de fácil extração com boa estabilidade, além do uso de matérias-primas acessíveis no Brasil. Portanto, o objetivo de tal artigo é revisar estudos, metodologias e resultados para aplicação nesse ramo de pesquisa.

Palavras-chave: Betalaina, Figo da Índia, Estabilidade.

ABSTRACT

According to CHRSTIAN HANSEN (19--), it is of paramount importance to have the knowledge of the control and process of the raw material for the extraction and even formulation of successful natural dyes with easy application in the food industry. Thus, we have to further studies in relation to the high tintorial power and stability of betalains present in the palm fruit (*Opuntia ficus indica*) is essential for the extraction, evaluation and use of these pigments as potential food coloring, seeking to obtain a product of easy extraction with good stability, in addition to the use of raw materials accessible in Brazil. Therefore, the objective of this article is to review studies, methodologies and results for application in this research branch.

Keywords: Betalain, Fig from India, Stability.

1 INTRODUÇÃO

O fruto da árvore de cactos (*Opuntia spp.*) apresenta uma ampla gama de sabores e cores. Sendo conhecida de acordo com os diferentes nomes científicos (*Opuntia spp.*), nomes comuns, tamanhos e região de produção, além das cores interiores e exteriores no fruto, exibindo colorações que vão desde do verde-pálido, amarelo, laranja, magenta, vermelho até o vermelho-roxo (JOSÉ Á. GUERRERO-BELTRÁN, CARLOS E. OCHOA-VELASCO, 2018).

Em especial, temos o fruto de palma (*Opuntia ficus indica*), popularmente conhecido como figo-da-Índia, sendo uma das espécies mais presentes na América em virtude da habilidade de adaptação da palma a diversos fatores climáticos, já que a mesma cresce em diferentes solos e climas. Outrossim, é notável a abundância de tais cactáceas

no Brasil, possibilitando assim, a realização de estudos e análises sobre seu aproveitamento como fonte de corante alimentício.

Os corantes naturais prevalentes no fruto da palma são as betalaínas, compostos nitrogenados que agrupam diversos compostos de estruturas altamente variáveis (BOBBIO, 1992). Cabe ressaltar que tais betalaínas apresentam alto poder tintorial e boa estabilidade, sendo assim, um potencial fonte de corante alimentício por meio da extração desses pigmentos do fruto de cactácea.

Atualmente, o emprego de pigmentos naturais em detrimento dos artificiais é muito desejado pela indústria de alimentos e até mesmo pelos consumidores que buscam uma alimentação saudável. Dessa forma, é crescente o interesse com relação à sua extração, pois esses corantes naturais além do poder tintorial, apresentam diferentes propriedades funcionais, sendo de relevada importância suas propriedades antioxidantes.

No intuito de potencializar o uso dos corantes naturais presentes no fruto da palma é imprescindível o estudo sobre as maneiras de aproveitamento desse fruto e, sua contribuição para o desenvolvimento racional de culturas ainda poucos exploradas no país, além da avaliação das informações sobre propriedades funcionais e antioxidantes, como também a análise de estabilidade e soluções para melhoria.

Em síntese, o objetivo da revisão bibliográfica é avaliar os estudos em relação a obtenção de fontes alternativas de betalaínas como pigmentos naturais, a fim de serem aplicados em produtos alimentícios, considerando metodologias como a extração do corante do fruto figo da Índia, a caracterização quanto ao teor de betalaínas, flavonoides totais e capacidade antioxidante, além da obtenção de extratos corantes por extração alcoólica e estudos sobre sua estabilidade em condições diferentes de armazenamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

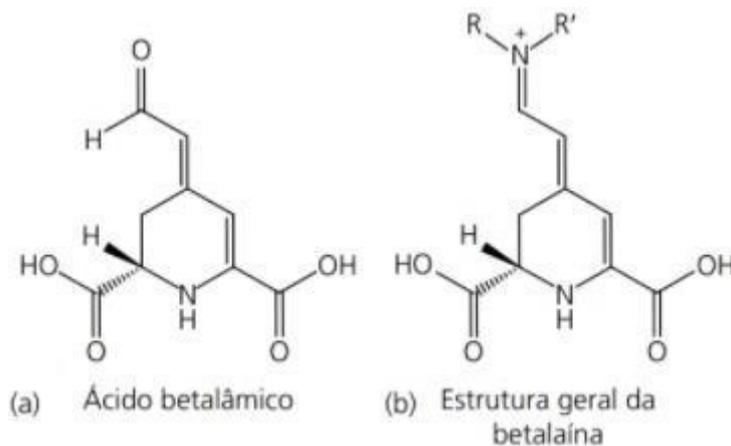
2.1 BETALAÍNAS

As betalaínas pertencem a uma classe de pigmentos contendo nitrogênio compostos de dois subgrupos estruturais: betacianinas (vermelho/violeta) e as betaxantinas (amarelo/laranja). Plantas contendo betalaínas têm cores semelhantes às das plantas que contêm pigmentos como as antocianinas, porém sua cor é menos afetada por mudanças no pH. As betalaínas são hidrossolúveis e existem como sais internos (zwitteríons: um íon com carga positiva e negativa no mesmo grupo de átomos) nos vacúolos das células vegetais. (SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019)

2.2 ESTRUTURA QUÍMICA

Temos a estrutura química geral das betalaínas representada na seguinte figura 1:

Figura 1 - Ácido betalâmico e estrutura geral da betalaína, onde R e R' são grupos variáveis representativos das betacianina ou betaxantinas.

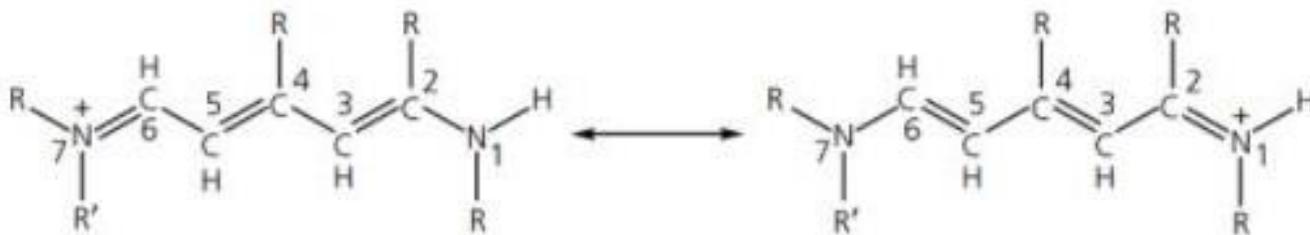


Fonte: SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019

A estrutura geral das betalaínas apresenta o ácido betalâmico acompanhado de um radical R ou R'. Estes radicais são uma representação geral para os possíveis substituintes desse ponto da estrutura, que podem ser de um simples hidrogênio a um complexosubstituinte. A variação desses grupos é em função das diferentes fontes de onde podem ser obtidos esses pigmentos e determinam sua tonalidade e estabilidade. Dessa maneira, as betalaínas podem ser divididas em dois grupos estruturais: as betacianinas (vermelho ao vermelho violeta) e as betaxantinas (amarelo). (VOLP A.C.P., RENHE I.R.T., STRINGUETA P.C., 2009)

Até o momento foram identificadas aproximadamente 55 diferentes estruturas de betalaínas. Sendo que a estrutura geral das betalaínas vem da condensação de uma amina primária ou secundária com o ácido betalâmico. Além disso, todos os pigmentos de betalaínas podem ser descritos como um sistema de ressonância estabilizado 1,2,4,7,7-pentassubstituído 1,7-diaza-heptametina (Figura 2). Dessa forma, quando o grupo R não se estende à conjugação do sistema 1,7-diaza-heptametina, o composto exhibe absorção máxima de luz em aproximadamente 480 nm, o que é característico de betaxantinas amarelo-alaranjadas. Já se a conjugação é estendida a R', a absorção máxima de luz desloca-se para aproximadamente 540 nm, o que é característico das betacianinas vermelho- violetas. (SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019)

Figura 2 – Estrutura do cátion diazo-heptametina

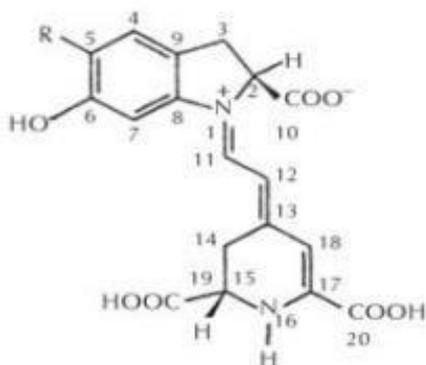


(c)

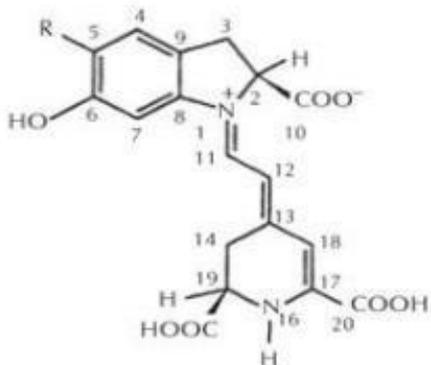
Cátion diazo-heptametina

Fonte: SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019

Figura 3 – Estrutura das betacianinas.



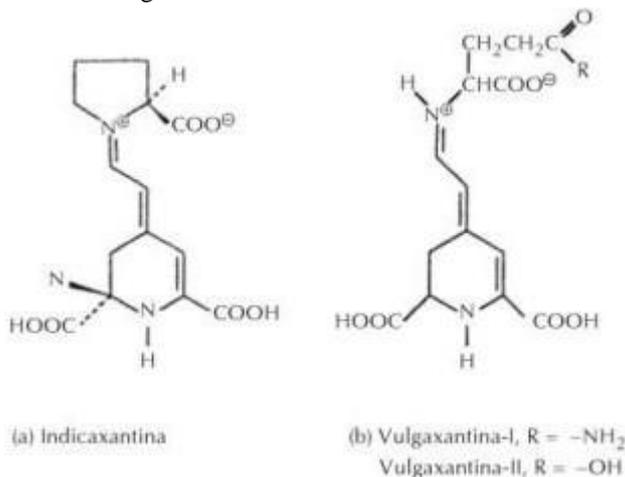
- (a) Betanidina, R = -OH
- (b) Betanina, R = -glicose
- (c) Amarantina, R = 2'-ácido glicurônico glicose



- (d) Isobetamidina, R = -OH
- (e) Isobetanina, R = -glicose
- (f) Isoamarantina, R = 2'-ácido glicurônico glicose

Fonte: SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019

Figura 4 – Estrutura das betaxantinas.



Fonte: SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019

As betacianinas são opticamente ativas devido aos dois carbonos quirais C-2 e C-15. As diferenças entre as betacianinas são encontradas em seus substituintes nas posições dos carbonos quirais C-5 e C-6. Adicionalmente, tais substituintes incluem glicose, ácido glutâmico e apiose, que podem ser, ainda, modificados por meio de esterificação com ácidos, sendo esses ácidos como ácidos malônico, 3-hidroxi-3-metilglutárico, cafeico, *p*-cumárico e ferúlico. Em relação as betaxantinas, temos que essas são estruturalmente semelhantes às betacianinas, mas diferem no ácido betalâmico que é conjugado a um aminoácido ou amina em vez de ciclodopa. (SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019).

3 ESTABILIDADE

A estabilidade das betalaínas é influenciada por inúmeros fatores químicos e físicos (por exemplo, pH, temperatura, oxigênio, atividade de água e luz) que limitam o estudo e uso desses pigmentos como corantes alimentares. A maioria dos trabalhos até agora se concentram na influência desses vários fatores nas betacianinas. Comparativamente, menos estudos foram relatados sobre os efeitos desses fatores sobre as betaxantinas. (HENRY, B.S.,1996)

As betalaínas são relativamente estáveis em pH entre 4,0 e 7,0, sendo que abaixo de pH 4,0, o máximo de absorção desloca-se para um comprimento de onda ligeiramente mais curto (535 nm a pH 2,0 para a betanina) e em pH acima de 7,0, o máximo de absorção muda para um comprimento de onda mais longo (544 nm a pH 9,0 para a betanina). (SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019)

Além disso, as betalaínas são suscetíveis à degradação por várias fontes de radiação, como por exemplo, a luz visível. Essa destruição fotoquímica dos pigmentos envolve o oxigênio molecular na reação que segue uma cinética de primeira ordem, ocasionando na perda da cor do pigmento. Contudo, a participação do oxigênio molecular na degradação do pigmento não se restringe apenas a foto-oxidação, mas também é implicado na degradação térmica, já que a estabilidade das betalaínas diminuem com o aumento da temperatura. Contudo, a redução da atividade de água pode aumentar a estabilidade das betalaínas, ocorrendo por meio da redução da concentração de água livre no sistema, assim, limitando a mobilidade reagente e/ou diminuindo a solubilidade do oxigênio. Por fim, íons metálicos podem funcionar como pró-oxidantes e acelerar a taxa de degradação das betalaínas. (HENRY, B.S.,1996)

É notável que a presença de antioxidantes, como ácido ascórbico e ácido isoascórbico, melhoram a estabilidade das betalaínas. Já a presença de metais quelantes (EDTA ou ácido cítrico) favorecem a eficácia do ácido ascórbico como estabilizador de betalaínas. Além de vários outros antioxidantes incluindo o hidroxianisol butilado, o hidroxitolueno butilado e a catequina que inibem a autoxidação da cadeia por radical livre. (SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, 2019).

4 ANÁLISE DE BETALÁINAS

A avaliação de betalaínas em um produto é realizada de duas maneiras: análises qualitativas e análises quantitativas.

5 ANÁLISE QUALITATIVA

5.1 EXTRAÇÃO

Na maioria das frutas e demais vegetais, os pigmentos se encontram localizados em células próximas à superfície. Como o pigmento está dissolvido na seiva das células, a sua extração geralmente envolve o uso de solventes ácidos, os quais desnaturam a membrana das células do tecido e simultaneamente dissolvem os pigmentos (FRANCIS, 1982, JACKMAN et al., 1987 apud CONSTANT, P.B.L., 2003).

Desse modo, uma vez efetuada a extração é recomendado promover a concentração do extrato bruto. A solução deve ser concentrada sob vácuo, sem permitir que a temperatura atinja valores superiores à 40 °C, de forma a minimizar a degradação térmica do pigmento (FRANCIS, 1982 apud CONSTANT, P.B.L., 2003).

5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

A análise quantitativa de betalaínas estão expressas de forma suscinta e objetiva nas seguintes publicações (HERBACH et al., 2007, LARRAURI et al., 1997, PULIDO et al., 2000, RUFINO et al., 2007 e CONSTANT, 2003). Essas metodologias podem ser divididas segundo a especificidade da análise: caracterização do teor de betalaínas, determinação de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS e FRAP, além da avaliação da estabilidade do extrato corante de betalaínas em condições diferentes de armazenamento.

6 CARACTERIZAÇÃO

De acordo com o método descrito por (HERBACH et al., 2007), o teor de betalaína expresso em betacianina é determinado utilizando a absorvância do extrato corante no espectrofotômetro em 538 nm, onde a concentração é determinada pela equação 1:

$$C = (A \times 1000 \text{ FD}) / EL \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

A: Absorvância;

FD: Fator de diluição;

MM: Massa molecular de 550 g/mol;

E: Coeficiente de extinção molar 60000 L/mol.cm de H₂O; L: Comprimento do percurso ótico da cubeta: 1 cm.

Segundo a metodologia de (LARRAURI et al., 1997), os Polifenóis Extraíveis Totais podem ser quantificados por meio das amostras em pó (500 mg) extraídas sequencialmente com 40 mL de metanol:água (50:50, v:v) e, 40 mL de acetona:água (70:30, v:v) em temperatura ambiente por 60 minutos em cada caso. Sendo que após a centrifugação a 2500 g por 15 minutos o resíduo líquido da centrifugação é completado com água destilada até 100 mL. Os Polifenóis Extraíveis Totais são analisados no espectrofotômetro pelo método Folin-Ciocalteu usando ácido tânico como padrão (MONTREAU, 1972 apud LARRAURI et al., 1997).

Conforme (PULIDO et al., 2000), o ensaio FRAP da capacidade antioxidante para cada padrão (soluções aquosas) é estimada de acordo com o procedimento descrito por Benzie and Strain (1996) com algumas modificações. De forma geral, 900 µL de reagente FRAP, preparado fresco e aquecido a 37 °C é misturado com 90 µL de água destilada e

30 μL de amostra de teste, água ou metanol conforme apropriado para o reagente em branco. Cabe ressaltar que a diluição final da amostra de ensaio na mistura de reação é de 1/34. Ademais, utilizando no reagente FRAP 2,5 mL de uma solução TPTZ de 10 mmol/L em 40 mmol/L HCl mais 2,5 mL de 20 mmol/L $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e 25 mL de tampão de acetato 0,3 mol/L a pH 3,6. (Benzie e Tensão, 1996 apud PULIDO et al., 2000). As leituras no máximo de absorção (595 nm) são realizadas a cada 15 segundos usando um espectrofotômetro, mantendo a temperatura em 37 °C e a reação sendo monitorada por até 30 minutos. Demais, segundo (RUFINO et al., 2007) um dos métodos mais utilizados para medir a atividade antioxidante é através da captura do radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) (ABTS), que pode ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática. Com essa metodologia, pode-se medir a atividade de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSKI et al., 2005 apud RUFINO et al., 2007)).

O perfil colorimétrico do extrato corante pode ser avaliado com a qualificação da cor pela leitura direta de reflectância das coordenadas “L”, “a” e “b”, empregando a escala CIELAB em colorímetro (CONSTANT, 2003).

7 FONTE DE BETALAÍNAS

As betalaínas possuem diversas aplicações na indústria de alimentos, como a produção de sobremesas, confeitarias, misturas secas, laticínios e dentre outros alimentos. Com uma concentração de pigmento puro necessário para obter a tonalidade desejada relativamente baixa, raramente superior a 50 mg-1kg, calculada como betanina (Delgado-Vargas et al., 2000 apud AZEREDO, 2009).

A maior cultura de betalaína explorada comercialmente é a da beterraba vermelha (*Beta vulgaris*), que contém dois pigmentos solúveis principais, como a betanina (vermelho) e a vulgaxantina I (amarelo). Todavia, é notório a busca por novas tentativas de explorar fontes alternativas de betalaínas. A família Cactaceae é a mais promissora entre as plantas portadoras de betalaínas. Entre elas, os frutos de cacto (gênero *Opuntia*) e pitayas (gênero *Cereus*, *Hylocereus* e *Selenicereus*) são as mais comumente cultivadas como culturas frutíferas e mais adequadas para serem estudadas como fontes de betalaínas para colorir alimentos (MIZRAHI et al., 1997; STINTZING et al., 2003, STINTZING e CARLE, 2006, apud AZEREDO, 2009). Os frutos do cacto, em contraste com a beterraba vermelha, podem ser usados em alimentos sem impactos negativos de sabor, como os

derivados de extratos de beterraba. Pelo contrário, o sabor fraco tende a favorecer sua utilização para aplicações de coloração mais promissoras. Além disso, as betalaínas em frutos de cacto também cobrem um espectro de cores mais amplo, do amarelo-laranja (*Opuntia sp.*) ao vermelho- violeta (*Hylocereus sp.*) em comparação com a beterraba vermelha e, portanto, podendo abrir novas janelas de diversificação de cores (AZEREDO, 2009)

O figo da Índia é uma planta da família Cactaceae, sendo originária do México. Esta planta adapta-se muito bem a zonas áridas, uma vez que desenvolveu características fisiológicas e estruturais que permitem o seu crescimento sob condições tão adversas (SILVA, et al., 2017).

Através das figuras 5 e 6 é possível observar o figo da Índia e seu fruto:

Figura 5 – Planta figo da Índia.



Fonte: VIDA RURAL, 2018.

Figura 6 – Fruto da planta figo da Índia.



Fonte: BIOCABAZ, 2021.

O fruto da *Opuntia ficus indica* é constituído principalmente por água (84,2% expresso em FF), proteínas (0,99%), hidratos de carbono (0,24%), fibras (3,16%) e vitamina C (22,56%). Sendo também encontrado em sua composição ácidos orgânicos

como ácido cítrico e ácido málico (ALVES et al., 2008 apud SEMEDO, 2012). Além disso, seus frutos também são fonte de compostos fitoquímicos como os flavonóides e betalainas (STINTZING, 2005, GINESTRA et al., 2009 apud SEMEDO, 2012).

8 AVALIAÇÃO ESTABILIDADE

Para a avaliação de estabilidade do extrato corante de betalaína, temos que o extrato é submetido a testes de estabilidade conforme a metodologia adaptada de CONSTANT (2003). Em tal método adaptado é utilizado um volume de extrato suficiente para obtenção de leituras em espectrofotômetro, por meio de absorbância inicial de 0,900. Outrossim, os extratos são solubilizados com tampão citrato/fosfato a pH 3,5, pH 4,5 e pH 5,5 e acondicionadas em frascos de vidros hermeticamente fechados. Para a análise, uma parte dessas amostras são colocadas em um suporte em fila dupla, posicionados entre duas lâmpadas fluorescentes de 40 W, 2.500 luxes, correspondente à luz do dia, guardando distância de 10 cm entre si em ambiente com temperatura controlada de 25 °C. Sendo que a parte restante dos frascos são mantidos na mesma temperatura em ausência de luz. Periodicamente, de acordo com a velocidade de degradação do pigmento é determinado o espectro de absorção (350 a 650 nm) e leitura da absorbância no comprimento de máxima absorção utilizando espectrofotômetro ultravioleta-visível, até que se obtenha uma leitura próxima de 0,20. Com os resultados de absorbâncias obtidos, pode-se determinar as velocidades de degradação (k) e o tempo de meia vida ($t/2$). Por fim, a cor é qualificada por meio da leitura direta de reflectância das coordenadas “L”, “a”, e “b”, empregando a escala Cielab em colorímetro do sistema Hunter.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cor é um dos atributos mais importantes nos alimentos, sendo considerada uma indicação de qualidade e aceitação do produto pelo consumidor. Entretanto, muitos alimentos naturalmente coloridos são submetidos a perdas de cor durante o processamento e armazenamento, necessitando o uso de corantes para restaurar a sua cor. A natureza produz uma variedade de compostos adequados para coloração de alimentos, como as antocianinas solúveis em água, betalainas e ácido carmínico, bem como os carotenoides solúveis em óleo e clorofilas. As betalainas devido à sua relativa escassez na natureza, não têm sido muito explorados como compostos bioativos, mas é notável em alguns estudos seu potencial como pigmentos antioxidantes. Tais estudos colaboram para a utilização de betalainas como corantes alimentícios (AZEREDO, 2009).

Dentre as plantas contendo teores significativos de betalaínas, temos a família Cactaceae, em especial os frutos de cacto (gênero *Opuntia*) para serem estudadas como fontes de betalaínas com o objetivo de colorir alimentos. A exploração comercial de frutos de cactos como fontes alternativas de corantes alimentares poderá contribuir para o desenvolvimento sustentável das regiões semiáridas geralmente subdesenvolvidas (AZEREDO, 2009). Mediante estudos e métodos para a obtenção de extratos corantes de fácil extração, a partir de fontes acessíveis como o fruto figo da Índia e de pigmentos como as betalaínas com maior estabilidade.

Portanto, com base em tal levantamento bibliográfico, fica evidenciado a importância de se estudar o poder tintorial do corante de betalaína extraído do fruto figo da Índia e sua relação com algumas propriedades funcionais (como teor de polifenóis totais e capacidade antioxidante), além da avaliação da viabilidade técnica (de acordo com a sua estabilidade) do emprego do fruto figo da Índia para obtenção de corantes alimentícios com o auxílio das metodologias adaptadas. Resultando em perspectivas futuras como a geração de conhecimentos que contribuam para uma melhor e mais ampla utilização da cultura de cactáceas no Brasil, especialmente no Norte e Nordeste, além de transferir tecnologias para as indústrias processadoras de alimentos de origem vegetal através dos conhecimentos científicos gerados na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AZEREDO, H.M.C., Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, n. 44, 2009, p. 2365-2376.
- BOBBIO, P. A., BOBBIO, F.A., *Introdução à química de alimentos*, 2.ed. São Paulo: Varela, 234 p., 1992.
- CHRISTIAN HANSEN, Micro-cap™ colours –Chr, Hansen corantes naturais únicos e concentrados. Valinhos, SP: [19--]. 6p.
- CONSTANT, P.B.L., Extração, caracterização e aplicação de antocianinas de açai (*Euterpe oleraea*, M.), Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade federal de Viçosa, 199 p., 2003.
- JOSÉ Á. GUERRERO-BELTRÁN, CARLOS E. OCHOA-VELASCO, *Exotic Fruits*, Capítulo: Figo da índia (*Opuntia* spp.), Academic Press, Ceará: 2018, p. 187.
- HENRY, B.S., Natural food colours, In: HENDRY, G.A.F, HOUGHTON, J.D., *Natural food colorants*, 2 ed., Glasgow: Blackie Academic e Professional, 1996, p. 286-289.
- 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*. vol. 224, 2007, p. 649-658.
- LARRAURI, J. A., RUPÉREZ P., SAURA-CALIXTO F., Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 45, n. 4, 1997, p. 1390–1393.
- PULIDO, R. et al., Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, 2000, p. 3396-3402.
- RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E.; BRITO, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D., Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS+. Comunicado técnico. Embrapa, ISSN 1679-6535, 2007, p. 2.
- SEMEDO, A.C.J., Compostos bioativos de *Opuntia ficus indica*. Universidade de Lisboa, Faculdade de Farmácia: 2012, p. 7. SILVA M.A., ALBUQUERQUE T.G., PEREIRA P., VICENTE F., RAMALHO R., COSTA H. S. Figo-da-Índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.): análise comparativa da atividade biológica da polpa e casca. *Boletim Epidemiológico - Observações (Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge)*, n. 5, 2017, p. 22.
- SRINIVASAN DAMODARAN e KIRK L. PARKIN, *Química de alimentos de Fennema*, 5 ed., Artmed, Porto Alegre:2019, p. 722-727.
- VOLP A.C.P., RENHE I.R.T., STRINGUETA P.C., *Pigmentos naturais bioativos*. vol. 20, n. 1, *Alimentos e Nutrição*, Araraquara:2009, p. 162.