

Corante antociânico extraído do fruto jambolão: formulação e avaliação da estabilidade dos compostos bioativos

DOI: 10.53660/inter-072-SS07

Laila Garcia Moreno Resende

Universidade Federal de Sergipe

 0000-0002-5194-9377

lailagmr@hotmail.com

Jucenir dos Santos

Universidade Federal de Viçosa

 0000-0001-9611-4354

jucenirds@hotmail.com

Bianca Silva dos Santos

Universidade Federal da Paraíba

 0000-0003-0447-9007

bianca-ssantos@hotmail.com

Alan Rodrigo Santos Teles

Universidade Federal de Sergipe

 0000-0003-2830-560X

autoria@email.com

Patrícia Beltrão Lessa Constant

Universidade Federal de Sergipe

 0000-0001-7095-940X

pblconstant@academico.ufs.br

Resumo: O extrato antociânico foi obtido macerando-se o fruto em etanol P.A 99,8% acidificado com HCl a pH 2,0 submetido a 30 minutos de banho no ultrassom a temperatura de 30°C, durante 24 horas. O veículo, goma de cajueiro, foi incorporado ao extrato concentrado e submetido a duas formas de secagem (liofilização e atomização). Para caracterização, foram realizadas análises de antocianinas, compostos fenólicos, atividade antioxidante, e estabilidade dos corantes em pó sem e com sob a incidência de luz. O extrato submetido à atomização apresentou maiores concentrações de antocianinas, compostos fenólicos e capacidade antioxidante, quando comparado ao liofilizado. O teste de estabilidade indicou a degradação dos compostos bioativos nos extratos obtidos tanto pelo processo de secagem por atomização como pela liofilização.

Palavras-chave: Antocianina; fruto tropical; estabilidade.

INTRODUÇÃO

O jambolão (*Syzygium cumini*) está entre os frutos caracterizados pela alta concentração de antocianinas. Sua elevada atividade antioxidante e forte potencial corante, assim como suas características desejáveis de solubilidade e estabilidade, são indicativos da viabilidade da incorporação do seu extrato como corante natural a ser aplicado em alimentos.

As antocianinas compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal. Pertencem à classe de compostos dos flavonóides, e são responsáveis pelas cores que variam desde a coloração vermelha até a coloração azul que aparecem em muitos frutos, legumes, flores, folhas, caules e raízes de plantas, e representam uma alternativa para substituir os corantes artificiais nos alimentos. (CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009; MARKAKIS, 1982).

A busca de fontes alternativas de pigmentos naturais tem estimulado o desenvolvimento de pesquisas em diferentes frutos tropicais (Cortez *et al.*, 2017). Haminiuk *et al.* (2012) relataram que há um grande número de frutos tropicais que contêm uma quantidade considerável de compostos bioativos, e o interesse de melhor aproveitar os efeitos benéficos desses compostos é devido a sua propriedade de atuarem como pigmentos naturais.

A combinação de vários desses compostos, resulta na atividade antioxidante de um fruto, essa combinação atua por diferentes mecanismos de ação, havendo, inclusive, a possibilidade de sinergismos entre eles. Dessa forma, é recomendado combinar mais de um método para a determinação da atividade (ANDRADE; SENA; INÊS, 2015). Atualmente preconiza-se a utilização de duas ou mais técnicas (BICUDO *et al.*, 2015; PRIOR; WU; SCHAICH, 2005). Segundo Rufino *et al.* (2010), o FRAP e ABTS•+ são métodos geralmente indicados para os compostos hidrófilos.

Assim sendo, o presente estudo objetivou a obtenção do corante natural em pó de Jambolão pelos métodos de secagem por atomização e liofilização, e determinar a viabilidade do emprego do fruto considerando sua estabilidade bem como suas propriedades funcionais.

MATERIAIS E MÉTODO

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), localizada no município de São

Cristóvão, Sergipe. As matérias-primas empregadas foram goma de cajueiro (proveniente do litoral sul de Alagoas) e o fruto jambolão (cultivadas no município de Nossa Senhora do Socorro e adquiridos no Mercado Municipal de Aracaju, ambos em Sergipe). Os frutos foram colhidos no período de safra nos meses de fevereiro e abril de 2016, selecionados visualmente de acordo com o grau de maturação, sendo retirados os frutos danificados e deformados.

Obtenção do extrato antociânico

O extrato antociânico foi obtido pela metodologia proposta por Silva *et al.*, (2010), com adaptações, macerando-se o fruto jambolão (casca e polpa, mantendo a semente intacta) em etanol P.A 99,8% acidificado com HCl 1N a pH 2,0, em uma proporção fruto:solvente 1:12 (v:v), submetido a 30 minutos de banho no ultrassom, mantido a uma temperatura aproximada de 30°C e ao abrigo da luz, durante 24 horas. Ao término da extração, o extrato foi filtrado a vácuo em papel *Whatman* 1, por meio de um funil de Büchner, e armazenado a -18°C. A amostra foi concentrada em evaporador rotativo, sob pressão reduzida (-760 mmHg), a 40°C ± 0,2°C até se obter um volume final correspondente a 5% do inicial, e ressuspenso com água destilada acidificada com HCl a pH 2,0 em igual volume. O extrato foi filtrado a vácuo e armazenado em vidro âmbar, a -18°C, até posterior secagem por dois métodos (liofilização e atomização). Esse procedimento foi repetido sistematicamente até que se conseguisse um volume final de extrato bruto concentrado de 2 L.

Obtenção dos corantes em pó

O extrato do fruto jambolão foi submetido à secagem por liofilização e atomização, utilizando como material de parede a goma do cajueiro em pó na proporção goma:extrato 3:10 (m:v). Para total dissolução da goma no extrato, este foi mantido em repouso sob temperatura de refrigeração (8 °C ± 2 °C), ao abrigo da luz por 24 horas. Passado esse período, o extrato foi filtrado e submetido aos processos de secagem (liofilização e atomização). As condições de secagem foram baseadas em estudos bibliográficos preliminares, baseando-se na matéria-prima e material de parede utilizado, e a proporção goma:extrato 3:10 (m:v) foi determinada de acordo com Silva *at al.*, (2010).

Extração do corante em pó

Para a extração do corante em pó, foi realizada a diluição da amostra em água destilada acidificada com HCl 1N a pH 2, na proporção pó:solvente 1:40 (m:v), seguida de homogeneização em agitador magnético por 5 minutos, extração em ultrassom, com potência de 250 VA, frequência de 50/60 Hz, a 25 °C durante 15 minutos e posterior centrifugação a uma rotação de 10.000 RPM por 15 minutos, à temperatura de 25 °C. Esse procedimento foi repetido por duas vezes, onde, na primeira extração, a quantidade de água acidificada utilizada foi equivalente à metade do volume final, sendo recolhido o sobrenadante e adicionado ao resíduo a porção restante de solvente, completando o volume total de extração, e submetido ao ultrassom para posterior centrifugação. O sobrenadante recolhido nas duas extrações foi homogeneizado, acondicionado em frasco de vidro âmbar e estocado à temperatura de -18 °C até o momento do seu uso.

Caracterização física e dos compostos bioativos

O extrato antociânico e dos corantes formulados foram caracterizados conforme as metodologias descritas abaixo, em triplicata.

O teor antociânico foi determinado segundo metodologia de Fuleki e Francis (1968). Uma alíquota de cada extrato foi diluída em Etanol:HCl 1,5 N (85:15), deixada em repouso em ausência de luz por 2h e em seguida realizada a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda igual a 535 nm. O resultado foi expresso em mg/100g de amostra.

Para a determinação dos compostos fenólicos totais, foi utilizado o método espectrofotométrico proposto por Singleton e Rossi (1965) e modificado por George, Brat, Amiot (2005). A concentração dos compostos fenólicos foi calculada utilizando uma curva padrão de ácido gálico (GAE) e expressa em mg equivalente de ácido gálico/100 g de amostra.

A Captura do radical ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) foi realizado de acordo com o descrito pelo Silva *et al.*, (2018). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (µmol de Trolox/g de amostra).

O ensaio FRAP (*Ferric Reducing Ability Power*) foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) com modificações. A solução FRAP foi preparada com a mistura de soluções do tampão acetato (300 mmol/L, pH 3,6), TPTZ (10,0 mmol/L) e FeCl₃ (20,0 mmol/L) na proporção 10:1:1, respectivamente, e em seguida, ao abrigo de luz foi aquecida a 37°C até o seu uso. Foram coletados 100 µL do extrato, 300 µL de água destilada e adicionados a 3,0 mL do reagente de FRAP, permanecendo por 30 minutos à temperatura de 37 °C ao abrigo da luz. A absorbância foi medida em comparação com um branco a 593 nm. A curva de calibração foi obtida mediante soluções aquosas de concentrações conhecida de Fe (II), na faixa de 0 - 2000 µmol/L (FeSO₄.7H₂O) (ver Apêndice C). Os resultados foram expressos em µmol de Fe₂SO₄/g.

Avaliação da estabilidade do corante em pó

A estabilidade do corante em pó foi determinada mensurando-se, a cada 7 dias, durante 4 semanas de armazenamento, seu teor antociânico, capacidade antioxidante, compostos fenólicos e sua qualificação colorimétrica.

As amostras de corante em pó atomizado e liofilizado foram acondicionadas em sacos de polietileno, seladas a vácuo e depositadas em uma câmara de luz, adaptada com duas lâmpadas fluorescentes, monitoradas para incidir 1800 lux, correspondente à luz do dia, com temperatura controlada de 27 °C ± 2 °C. Metade das amostras permaneceu ao abrigo da luz, como controle.

Análises estatísticas

A análise dos dados foi realizada utilizando Software *Statistica 7.0* (StatSoft Inc., Tulsa, EUA). A análise de variância (*ANOVA*) foi utilizada para determinar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras. As diferenças entre as médias foram detectadas pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato do fruto jambolão inteiro foi concentrado em rotaevaporador rotativo, sob pressão reduzida. Os resultados das caracterizações do extrato etanólico e o extrato concentrado encontram-se na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Caracterizações dos extratos etanólico e concentrado em relação aos teores de antocianinas e compostos fenólicos e em relação à atividade antioxidante pela captura dos radicais ABTS^{•+} e pela redução do ferro (FRAP), em base seca

Análises	Extrato etanólico	Extrato concentrado
Antocianinas (mg/g extrato seco)	94,14 ^a ± 2,905	147,25 ^b ± 3,211
Compostos fenólicos (mg Equiv. GAE/g extrato seco)	217,86 ^a ± 0,363	260,44 ^b ± 5,849
ABTS (µmol Equiv. trolox/g extrato seco)	927,27 ^a ± 22,543	8465,65 ^b ± 5,134
FRAP (µmol de Fe ₂ SO ₄ /g extrato seco)	2078,63 ^a ± 26,308	3455,58 ^b ± 36,779

Os valores são expressos como média ± desvio padrão;

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa ($p > 0,05$) para todos os parâmetros avaliados. Rezende *et al.*, (2018) verificou que as concentrações dos compostos fenólicos e antocianinas nos extratos de polpa e resíduo de acerola concentrados foram 2 vezes maiores que os extratos não concentrados. No presente estudo também foi observada diferença entre os dois extratos, onde o teor de antocianinas do extrato concentrado foi 36,07% maior que o etanólico e o teor de compostos fenólicos foi 16,35% maior no primeiro em relação ao segundo.

A capacidade antioxidante equivalente a trolox determinada pela captura dos radicais ABTS^{•+} e pela redução do ferro (FRAP) do extrato etanólico e do concentrado diferiu estatisticamente entre si ($p > 0,05$) nas duas análises. Para Rezende *et al.*, (2018), que observou extratos concentrados de polpa e fruta de acerola, a etapa de evaporação do solvente não influencia negativamente de forma significativa na capacidade antioxidante dos extratos concentrados.

O extrato concentrado adicionado da goma de cajueiro como material de parede foi submetido aos processos de secagem por atomização (com temperaturas de entrada igual a 165 °C e de saída igual a 72 °C) e liofilização (temperatura no processo igual a -54,1 °C). Por meio da Tabela 2 é possível observar as caracterizações químicas e físico-químicas das microesferas obtidas pelos dois métodos de secagem.

Tabela 2 – Caracterizações dos corantes em pó formulados em base seca em relação aos teores de antocianinas e compostos fenólicos e em relação à atividade antioxidante pela captura dos radicais ABTS⁺ e pela redução do ferro (FRAP)

Análises	JA	JL
Antocianinas (mg/100g pó)	168,82 ^a ± 2,060	139,06 ^b ± 4,304
Compostos fenólicos (mg Equiv. GAE/g pó)	114,87 ^a ± 0,427	108,96 ^b ± 0,452
ABTS (µmol Equiv. trolox/g pó)	63,02 ^a ± 2,214	59,01 ^a ± 2,449
FRAP (µmol de Fe ₂ SO ₄ /g pó)	351,43 ^a ± 3,520	339,36 ^b ± 5,554

JA = Extrato de jambolão atomizado com goma de cajueiro; JL = Extrato de jambolão liofilizado com goma de cajueiro;

Os valores são expressos como média ± desvio padrão;

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os métodos de secagem apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para os teores de compostos fenólicos e antocianinas. O extrato antociânico submetido ao processo de atomização apresentou maior valor quando comparado ao liofilizado. Tal comportamento foi inesperado, tendo em vista que as condições utilizadas no processo de secagem por atomização promovem maiores alterações nas antocianinas. Esse resultado se deve, provavelmente, a problemas na extração do pigmento em pó. Para Freitas *et al.*, (2017), o método de formação de micropartículas por liofilização leva à menor degradação quando comparado à atomização devido à formação de microcápsulas maiores.

Em relação a atividade antioxidante, no método de ABTS, não houve diferença significativa entre os dois tipos de pó pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2). Já para o FRAP, ambas as amostras diferiram significativamente ($p > 0,05$) sendo o JA o que apresentou maior capacidade antioxidante. Kuck e Noreña (2016) observaram que os pós provenientes da atomização apresentaram, além de maior concentração de compostos fenólicos e antocianinas, também maior atividade antioxidante.

Hartwig *et al.* (2013) sugerem que a diferença de atividade antioxidante entre o extrato e as microesferas seja devido a extração incompleta dos compostos fenólicos encapsulados e também devido às interações estruturais, o que contribui para uma menor atividade antioxidante.

Análise de estabilidade dos corantes em pó formulados

Na Tabela 3 estão representados os teores de antocianinas, compostos fenólicos e da atividade antioxidante nos métodos de captura dos radicais ABTS^{•+} e redução do ferro (FRAP) dos corantes em pó obtidos nos processos de secagem por atomização e liofilização submetidos ao armazenamento com e sem incidência de luz, a 27 °C ± 2 °C. As amostras não expostas à incidência permaneceram no mesmo ambiente.

De acordo com a Tabela 3 pode-se observar que as concentrações de antocianinas das amostras de pós atomizados e liofilizados, submetidos e não à incidência de luz nas quatro semanas de armazenamento, apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) quando comparadas às amostras do tempo 0 (AT0 e LT0). Essas variações se dão pelas condições de armazenamento as quais foram submetidas as amostras.

Para Silva *et al.*, (2010), num processo degradativo, ao longo do tempo, a antocianina pode sofrer duas mudanças básicas quanto a sua coloração: tornar-se gradativamente menos intensa pela perda de saturação e ou mudar de tonalidade pela formação de compostos de degradação com cores diferentes do original. A forma como a antocianina alterará sua cor depende, entre outros fatores, da composição do extrato.

A Tabela 3 demonstra, em números, a influência que a forma de acondicionamento dos extratos atomizados e liofilizados representou para a atividade antioxidante pela captura dos radicais ABTS^{•+} e pela redução do ferro (FRAP) das mesmas. Houve diferenças significativas a 5% de probabilidade entre os pós atomizados submetidos (ALT1, ALT2, ALT3 e ALT4) e não submetidos (ASLT1, ASLT2, ASLT3 e ASLT4) à incidência de luz quando comparados à AT0 (tempo 0). De forma semelhante ocorre em relação aos corantes obtidos por liofilização (LLT1, LLT2, LLT3 e LLT4 expostos à luz e LSLT1, LSLT2, LSLT3 e LSLT4, não expostos) quando comparados ao LT0 (tempo 0).

Tais resultados indicam a prevalência de reações oxidativas nos corantes em pó durante a avaliação da estabilidade, com reflexos degradativos na atividade antioxidante das amostras.

Banerjee, Dasgupta e De (2005) avaliando os teores de antocianinas no extrato da casca do jambolão durante 6 meses de armazenamento, observaram uma diminuição considerável no teor de antocianinas e na atividade antioxidante. No teor de compostos fenólicos foi verificado um leve decréscimo, isso também, segundo os autores, em virtude da redução das antocianinas da amostra. Os resultados sugeriram que os compostos

fenólicos, com exceção das antocianinas, podem ser os principais contribuintes para a atividade antioxidante da casca do jabolão.

Como as antocianinas do extrato estão na forma de pó, havendo uma baixa atividade de água em sua composição, elas se mantêm estabilizadas, tendo em vista que a água é o fator que mais as desestabilizam. Além disso, o comportamento do tempo de meia vida observado na Tabela 3, onde as amostras em pó não submetidas à incidência de luz apresentaram maiores tempos de meia vida quando comparadas às expostas à luz, indicaram que a luz foi o maior agravante da degradação das antocianinas dos corantes em pó. Com a realização da etapa de estabilidade, foi possível verificar o real efeito deletério da luz e também da temperatura de armazenamento.

Tabela 3 – Quantificação dos teores de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante pela captura dos radicais ABTS^{•+} e pela redução do ferro (FRAP) dos corantes em pó atomizado e liofilizado submetidos à análise de estabilidade com e sem incidência de luz nos cinco tempos de avaliação

Estabilidade		Análises			
		Antocianinas (mg/100g pó)	Comp. Fenólicos (mg Equiv. GAE/g pó)	ABTS ^{•+} (μ mol Eqv. trolox/g pó)	FRAP (μ mol de Fe ₂ SO ₄ /g pó)
Com Luz	AT0	168,82 ^a ± 2,060	187,92 ^a ± 16,906	63,02 ^a ± 2,214	351,43 ^a ± 3,520
	ALT1	101,37 ^e ± 1,200	125,36 ^{cde} ± 1,584	56,86 ^{abc} ± 0,433	267,46 ^{cd} ± 0,629
	ALT2	76,73 ^h ± 9,207	121,97 ^{def} ± 1,871	54,72 ^{abcd} ± 0,666	235,43 ^{fg} ± 9,123
	ALT3	54,65 ⁱ ± 0,715	114,87 ^{efg} ± 0,302	46,09 ^{def} ± 0,727	212,10 ^{hi} ± 7,134
	ALT4	47,39 ⁱ ± 0,189	109,49 ^{fg} ± 2,182	44,21 ^{ef} ± 0,615	184,36 ^{jl} ± 11,372
Sem Luz	ASLT1	143,62 ^b ± 4,061	179,81 ^a ± 2,037	60,25 ^{ab} ± 0,726	327,39 ^b ± 7,070
	ASLT2	143,05 ^{bc} ± 0,640	137,40 ^{bc} ± 5,652	58,32 ^{ab} ± 1,276	253,10 ^{de} ± 3,260
	ASLT3	97,05 ^{ef} ± 3,538	131,39 ^{bcd} ± 2,349	52,62 ^{bcd} ± 0,635	223,26 ^{gh} ± 4,667
	ASLT4	96,39 ^{ef} ± 2,990	113,42 ^{efg} ± 0,302	48,81 ^{cdef} ± 0,434	199,87 ^{ij} ± 2,041
	LT0	139,06 ^{bcd} ± 4,304	144,82 ^b ± 2,261	59,01 ^{ab} ± 2,449	339,36 ^{ab} ± 5,554
Com Luz	LLT1	132,44 ^{cd} ± 0,705	115,84 ^{efg} ± 2,260	56,12 ^{abc} ± 6,017	255,13 ^d ± 3,137
	LLT2	129,55 ^d ± 1,540	111,90 ^{efg} ± 2,240	54,46 ^{abcd} ± 0,280	191,47 ^{il} ± 2,293
	LLT3	89,93 ^{fg} ± 2,024	111,65 ^{efg} ± 0,302	46,50 ^{def} ± 0,266	190,32 ^{il} ± 1,131
	LLT4	81,17 ^{gh} ± 1,568	106,85 ^g ± 1,806	40,02 ^f ± 9,508	137,93 ^m ± 0,313
Sem Luz	LSLT1	134,12 ^{bcd} ± 6,407	124,05 ^{cde} ± 1,055	58,59 ^{ab} ± 1,096	273,11 ^c ± 7,595
	LSLT2	130,01 ^d ± 5,758	120,57 ^{defg} ± 1,204	55,54 ^{abc} ± 2,424	239,13 ^{ef} ± 1,692
	LSLT3	93,80 ^{ef} ± 1,280	116,22 ^{efg} ± 3,389	47,95 ^{cdef} ± 0,289	234,90 ^{fg} ± 1,851
	LSLT4	90,11 ^{fg} ± 0,691	109,13 ^{fg} ± 0,453	42,37 ^f ± 2,641	182,68 ^l ± 1,729

A=Corante em pó atomizado; L=Corante em pó liofilizado; T0=Corante em pó no tempo 0; LT1=Corante em pó com incidência de luz no tempo 1 (1ª semana); LT2=Corante em pó com incidência de luz no tempo 2 (2ª semana); LT3=Corante em pó com incidência de luz no tempo 3 (3ª semana); LT4=Corante em pó com incidência de luz no tempo 4 (4ª semana); SLT1=Corante em pó sem incidência de luz no tempo 1 (1ª semana); SLT2=Corante em pó sem incidência de luz no tempo 2 (2ª semana); SLT3=Corante em pó sem incidência de luz no tempo 3 (3ª semana); SLT4=Corante em pó sem incidência de luz no tempo 4 (4ª semana);

Os valores são expressos como média ± desvio padrão;

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Por meio dos coeficientes angulares das curvas de degradação das antocianinas foi determinada a velocidade de degradação (k) de cada amostra de corante em pó e seus respectivos tempos de meia vida ($t_{1/2}$), demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores das constantes de degradação k (h^{-1}) e do tempo de meia vida $t_{1/2}$ (h) dos corantes em pó atomizado e liofilizado submetidos à análise de estabilidade com e sem incidência de luz ao longo do tempo.

	Atomizado		Liofilizado	
	ACIL	ASIL	LCIL	LSIL
k (h^{-1})	$1,880 \times 10^{-3}$	$9,004 \times 10^{-4}$	$8,713 \times 10^{-4}$	$7,294 \times 10^{-4}$
$t_{1/2}$ (h)	368,695	769,786	795,496	950,302

ACIL=Corante em pó atomizado com incidência de luz; ASIL=Corante em pó atomizado sem incidência de luz; LCIL=Corante em pó liofilizado com incidência de luz; LSIL=Corante em pó liofilizado sem incidência de luz.

Avaliando-se a estabilidade das antocianinas extraídas do jambolão submetidas à atomização e liofilização, observa-se, de acordo com a Tabela 4, que os tempos de meia vida das amostras não expostas à luz apresentaram-se superiores aos das amostras submetidas à incidência da luz, em ambos os processos de secagem, afirmando o efeito deletério que a luz exerce sobre os pigmentos antociânicos. Comportamento semelhante foi observado por SILVA *et al.*, (2010) ao observar a degradação dos frutos mangostão e jabuticaba e por Almeida *et al.*, (2015) ao avaliar o comportamento dos pigmentos antociânicos do repolho roxo.

As amostras submetidas ao processo de secagem por liofilização apresentaram maiores tempos de meia vida quando comparadas às amostras por atomização, conferindo maior estabilidade, sendo justificado pelas condições as quais as amostras são submetidas no processo de liofilização. Para Souza *et al.*, (2015), esse tipo de secagem favorece a proteção das propriedades mais sensíveis do alimento, os quais são perdidos em temperaturas mais altas.

A degradação das antocianinas pode ocorrer não só durante o processamento e estocagem como também na extração e purificação dos pigmentos, sendo que os principais fatores que afetam a estabilidade são a estrutura química do pigmento, pH, temperatura e tipo de solvente. A degradação de antocianinas geralmente segue uma cinética de primeira ordem, ou seja, o teor de antocianinas diminui com o tempo (IDHAM *et al.*, 2012; TONON *et al.*, 2010).

Da mesma forma como nas concentrações de antocianinas, pertencentes à subclasse dos polifenóis, os compostos fenólicos são altamente instáveis à luz, oxigênio e a altas temperaturas, contudo o comportamento dos extratos submetidos à secagem por atomização e liofilização que não foram submetidos à incidência de luz também apresentou variações, indicando que a temperatura de armazenamento, embora controlada, mostrou-se tão deletéria quanto a luz.

CONCLUSÃO

O fruto jambolão mostrou-se importante fonte de pigmentos antociânicos por apresentar altos teores deste composto bioativo, e tendo em vista que este fruto é facilmente adaptável a vários tipos de solo, de fácil obtenção, apresenta-se como alternativa viável na obtenção de corante. O extrato concentrado obtido pela condição otimizada apresentou quantidades consideráveis de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os corantes em pó provenientes das duas formas de secagem apresentaram baixas umidade e atividade de água, além de boa solubilidade. Na análise de estabilidade, houve decréscimo nas concentrações dos compostos bioativos e, conseqüentemente, na capacidade antioxidante dos corantes atomizado e liofilizado nas condições submetidas ao longo das 4 semanas de avaliação. Além disso, ocorreu a degradação do pigmento, tornando-se mais claro com o passar do tempo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C.; SEVERO, S. D.; ARAÚJO, A. S.; CORDEIRO, M. A. S.; DEODATO, J. N. V. Red cabbage dye obtaining (*Brassica oleracea*) by two extraction methods. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.3, p 47-51, 2015.

ANDRADE, R. A. M. S.; SENA, M. DE.; INÊS, M. Optimization of the extraction processo f polyphenols from cashew apple agro-industrial residues. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 354-360, 2015.

BANERJEE, A.; DASGUPTA, N.; DE, B. B. In vivo study of antioxidant activity of *S. cumini* fruit. **Food Chemistry**, v. 90, p. 727-733, 2005.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidante power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

- BICUDO, M. O. P.; JÓ, J.; OLIVEIRA, G. A. DE.; CHAIMSOHN, F.; SIERAKOWSKI, M.; FREITAS, R.; RIBANI, R. Microencapsulation of Juçara (*Euterpe edulis* M.) Pulp by Spray Drying Using Different Carriers and Drying Temperatures. **Drying Technology**, v. 33, n. 2, p. 153–161, 2015.
- CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNANDEZ, M. L.; PAEZ-HERNANDEZ, M. E.; RODRIGUEZ, J. A.; GALAN-VIDAL, C. A. Estudos químicos de antocianinas: uma revisão. **Food Chemistry**, v. 113, p. 859-871, 2009.
- CORTEZ R, LUNA VITAL DA, MARGULIS D AND GONZALEZ DE MEJIA E. Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 1, p. 180–198, 2017.
- FREITAS, A. M. S.; BARROSO, T. L. C. T.; MENDES, L. G.; FURTADO, R. F. Estabilidade de emulsões à base de goma de cajueiro e óleo essencial de alecrim. **Higiene Alimentar**, v. 31, p. 1593-1597, 2017.
- FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. **Journal of Food Science**, v. 33, p. 78-83, 1968.
- GEORGE, S.; BRAT, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination poliphenols and vitamin C in plant derived products. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, p. 1370-1373, 2005.
- HAMINIUK, C. W. I.; MACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 10, p. 2023-2044, 2012.
- HARTWIG, N; ROSA, C. G.; RUTZ, J. K; KRUMREICH, F. D.; BORGES, C. D.; ZAMBIAZI, R. C. Extração e encapsulação de compostos e fenólicos presentes na amora preta cultivar guarani. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 538, 2013.
- IDHAM, Z.; MUHAMAD, I. I.; SARMIDI, M. R. Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanin from *Hibiscus sabdariffa* L. **Journal of Food Process Engineering**, v. 35, p. 522–542, 2012.
- KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, v. 194, p. 569-576, 2016.
- MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. 1^a ed. New York: Academic Press, 1982.
- PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 10, p. 4290–4302, 2005.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281-291, 2018.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SILVA, G. J. F. D.; CONSTANT, P. B. L.; FIGUEIREDO, R. W. D.; MOURA, S. M. Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jabuticaba (*Myrciaria ssp.*). **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 429–436, 2010.

SILVA, L. A. DA.; RAPOSO, J. D. A.; CAMPOS, L. P. G.; CONCEIÇÃO, E. C. DA.; OLIVEIRA, R. B. DE.; MOURÃO, R. H. V. Atividade antioxidante do óleo essencial de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP, β -caroteno/ácido linoleico). **Revista Fitos Eletrônica**, v. 12, p. 117-126, 2018.

SINGLETON, V. L.; JOSEPH, A.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144- 149, 1965.

SOUZA, V. B.; THOMAZINI, M.; CARVALHO, J. C.; FÁVARO-TRINDADE, C. S. Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitis labrusca*). **Food and Bioproducts Processing**, v. 93, p. 39–50, 2015.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v. 43, p. 907–914, 2010

Recebido em: 01/03/2021

Aceito em: 20/03/2021

Publicado em: 30/03/2021