

Otimização da extração sólido-líquido de compostos fenólicos totais e betalaínas da casca de frutos de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

RESUMO

Ana Carolina Bastos Alves

carolinabastos.a@gmail.com

orcid.org/0000-0002-4242-3613

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil.

Luciana Beckman Monteiro

lucianabeckman@ymail.com

orcid.org/0000-0002-3893-5931

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil.

Darly Rodrigues Pompeu

drpompeu@uepa.br

orcid.org/0000-0003-4676-4420

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil.

Os frutos de *Hylocereus polyrhizus*, também chamado de pitaya ou fruta do dragão, é uma fruta exótica e atrativa devido suas características sensoriais, aparência e coloração. Apresenta casca e polpa de coloração vermelha violácea, a qual é resultado da presença de um grupo de pigmentos chamados de betalaínas. Tanto as betalaínas quanto os outros compostos fenólicos contribuem para sua capacidade antioxidante. A casca da pitaya representa aproximadamente 20% da massa do fruto, o que gera um grande problema de descarte uma vez utilizada sua polpa. Entretanto, esta casca apresenta um grande potencial de aproveitamento para a extração de pigmentos, que apresentam comprovada capacidade antioxidante, a serem utilizados como corantes naturais na indústria de alimentos e cosmética. Então, neste trabalho apresenta-se a viabilidade da extração dos compostos bioativos (compostos fenólicos totais e betalaínas) da casca de pitaya (*H. polyrhizus*) através de planejamento fatorial do tipo 2^3 com três repetições no ponto central. Utilizou-se como variáveis independentes a proporção de ácido clorídrico (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e proporção de etanol (%). Os dados experimentais foram ajustados a um modelo linear de primeira ordem para descrever as variáveis resposta (concentração de compostos fenólicos totais e de betalaínas). Os teores de compostos fenólicos totais e betalaínas variaram de 11,41 a 28,97 mg EAG 100 g^{-1} e 5,92 a 11,54 mg 100 g^{-1} , respectivamente. Os resultados obtidos indicaram que a concentração de ácido clorídrico, a temperatura e a interação entre o primeiro e a proporção de etanol tiveram efeitos significativos nos teores de compostos fenólicos totais ($p < 0,05$). Para a concentração de betalaínas somente a temperatura de extração apresentou efeito significativo ($p < 0,05$). O modelo proposto para as respostas apresentou $R^2 > 0,81$.

PALAVRAS-CHAVE: *Hylocereus polyrhizus*. Extração sólido-líquido. Compostos bioativos.

INTRODUÇÃO

A pitaya ou fruta do dragão é uma fruta rústica pertencente à família *Cactaceae* e ao gênero *Hylocereus*. É originária da América Central e cultivada em larga escala em países como Taiwan, Malásia, Vietnã e Tailândia (JAMILLAH et al., 2011). Várias espécies e variedades de pitaya podem ser encontradas, sendo a *Hylocereus polyrhizus* a que apresenta maior produção e consumo. Ela é chamada de pitaya vermelha devido à coloração violeta presente em sua casca e polpa (CHOO e YONG, 2011).

A pitaya tem sido reportada como uma fruta rica em compostos bioativos, em especial os compostos fenólicos, os quais contribuem com a capacidade antioxidante do fruto (TAIRA et al., 2015; TENORE et al., 2012). O efeito benéfico desempenhado por estes compostos está relacionado à prevenção de doenças degenerativas como câncer, diabetes *mellitus* e doenças cardiovasculares (KHALILI et al., 2012; WU et al., 2006). O principal grupo de compostos fenólicos presentes na pitaya são as betalaínas, as quais dividem-se em betaxantinas (coloração amarela) e betacianinas (coloração violeta) (STRACK et al., 2003).

Na indústria alimentícia, a pitaya é bastante utilizada na elaboração de produtos como bebidas, sorvete, geleia e doces. Durante seu processamento a casca é descartada, ressalta-se que a mesma representa cerca de 20% da massa do fruto (GUNASENA et al., 2007). Apesar de ser descartada, a casca da pitaya apresenta um grande potencial para a obtenção de corantes naturais devido aos elevados teores de betalaína e outros compostos fenólicos que contribuem para seu potencial antioxidante (HARIVAINDRAM et al., 2008; WU et al., 2006).

Esta valorização pode ser feita através da extração sólido-líquido destes compostos. O processo de extração sólido-líquido é realizado quando se deseja obter compostos retidos em uma matriz (JESSEN, 2011). O processo de extração de compostos bioativos depende do tipo da matéria-prima a ser submetido a extração, do solvente, da temperatura do sistema, do pH, do tamanho da partícula de soluto, da proporção entre solvente e soluto e tempo de extração (POMPEU et al., 2009). Assim, conhecer o comportamento dos fatores que influenciam no processo é necessário para aumentar a eficiência extratora dos compostos bioativos (SILVA, 2011).

A extração de betalaínas tem sido feita utilizando-se extração sólido-líquido (FATHORDOOBADY et al., 2016; REBECCA et al., 2008), extração supercrítica (FATHORDOOBADY et al., 2016) e a extração ultrasônica (RAMLI et al., 2014). Entretanto, não há na literatura relatos de trabalhos otimizando condições de extração de betalaínas e compostos fenólicos totais de *H. polyrhizus* utilizando de planejamento experimental fatorial.

Este processo de extração pode ser conduzido através de um processo chamado otimização univariada, onde cada fator é variado de uma única vez. Este processo apresenta como principais inconvenientes o grande número de experimentos e o total desconhecimento da interação entre os fatores estudados (MYERS e MONTGOMERY, 1996).

Uma alternativa ao método otimização univariada é o planejamento experimental do tipo 2^k , no qual é possível estudar um maior número de variáveis com um menor número de ensaios, o que reduz o tempo do processo; diminui o custo operacional do experimento, melhora o rendimento do processo, além de ser possível avaliar todas as interações entre os fatores estudados (ARMSTRONG e JAMES, 1996).

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo demonstrar pela primeira vez a otimização da extração sólido-líquido de compostos bioativos (compostos fenólicos totais e betalaínas) da casca de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). Além desta otimização, fez-se a caracterização biométrica dos frutos e a correlação de parâmetros colorimétricos com as medidas espectrofotométricas obtidas da otimização de betalaínas e compostos fenólicos totais.

MATERIAL E MÉTODOS

OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

As amostras de pitaya (*H. polyrhizus*) *in natura* foram adquiridas no município de Acará-PA, localizado a aproximadamente 115 km da capital do estado e transportadas sob temperatura ambiente (26–28 °C) em sacos de polietileno de baixa densidade para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade do Estado do Pará (UEPA) em Belém-PA.

Os frutos foram selecionados eliminando aqueles que apresentavam danos mecânicos. Foram utilizados nos experimentos frutos que encontravam-se maduros e apresentavam casca de coloração rosa/violeta. Após a seleção foi realizada a lavagem em água corrente para retirada de resíduos e posterior sanitização com imersão em água clorada contendo 50 mg L^{-1} de cloro ativo.

Em seguida, os frutos foram lavados em água destilada para remoção do cloro residual. Após este processo os frutos foram cuidadosamente secos e fez-se então a caracterização física dos mesmos. Em seguida fez-se a retirada do mesocarpo e a casca foi cortada em formato retangular ($5 \times 5 \text{ mm}$). As mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno de 200 g e armazenadas em câmara fria a $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) no Laboratório de Alimentos da UEPA até a realização das análises.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS FRUTOS

Para a caracterização física dos frutos, utilizou-se dez amostras. Foram realizadas medições dos diâmetros longitudinal e transversal e a espessura da casca, expressas em milímetros (mm), com auxílio de paquímetro. Também foram feitas medidas de massa da polpa e casca através de balança digital analítica e expresso em gramas (g).

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA PROPORÇÃO DE ETANOL, RELAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO, TEMPO E TEMPERATURA DE EXTRAÇÃO

Uma série de testes foram executados afim de determinar-se o efeito das variáveis proporção de etanol, relação sólido-líquido, tempo e temperatura de extração na extração de compostos fenólicos e betalaínas da casca dos frutos de pitaya para definir seus domínios experimentais. Na primeira série de testes avaliou-se a proporção de etanol ($\%$; v v^{-1}). Para isso, foram utilizados 5 g de casca de pitaya em 25 mL de solução hidro alcoólica com diferentes proporções de etanol (0, 10, 20, 40 e 80%) (v v^{-1}). Para definição da relação sólido-líquido foram realizados ensaios utilizando as seguintes condições: 1:5, 1:10 e 1:20 (m v ; g mL^{-1}). Estes ensaios foram realizados durante 30 min a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) em banho termoestabilizado.

Para definição do tempo de extração, realizou-se uma cinética de extração de compostos fenólicos totais e de betalainas em diferentes temperaturas (25, 40 e 55 °C). Foram coletadas amostras nos tempos de (5, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min). Após a realização de todos os ensaios, as soluções foram filtradas e os extratos obtidos foram armazenados em tubos de ensaios revestidos e mantidos sob temperatura de -30 °C (± 2 °C) até a realização das análises.

OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E BETALAÍNAS DA CASCA DE PITAYA

A otimização da extração de compostos fenólicos totais e de betalaina da casca de pitaya foi realizada por planejamento fatorial completo linear do tipo 2^k , onde k é o número de variáveis independentes utilizadas no planejamento, sendo elas a proporção de ácido clorídrico (X_1 ; %, v v⁻¹), temperatura (X_2 ; °C) e a proporção de etanol em solução hidro alcoólica (X_3 ; %, v v⁻¹). O planejamento apresentou 11 ensaios experimentais (oito pontos fatoriais e três repetições no ponto central) que foram realizados de forma randomizada. Todos os pontos experimentais foram executados em triplicata. A Tabela 1 apresenta o delineamento experimental com os valores numéricos e codificados das variáveis independentes.

Tabela 1– Planejamento experimental para a otimização da extração de compostos fenólicos totais e betalainas da casca de frutos de pitaya em função da proporção de ácido clorídrico (X_1 ; %), temperatura (X_2 ; °C) e proporção de etanol em solução hidro alcoólica (X_3 ; %)

Ensaios*	X_1 (%)	X_2 (°C)	X_3 (%)
1	0,000 (-1)	25 (-1)	0 (-1)
2	0,050 (1)	25 (-1)	0 (-1)
3	0,000 (-1)	55 (1)	0 (-1)
4	0,050 (1)	55 (1)	0 (-1)
5	0,000 (-1)	25 (-1)	20 (1)
6	0,050 (1)	25 (-1)	20 (1)
7	0,000 (-1)	55 (1)	20 (1)
8	0,050 (1)	55 (1)	20 (1)
9**	0,025 (0)	40 (0)	10 (0)
10**	0,025 (0)	40 (0)	10 (0)
11**	0,025 (0)	40 (0)	10 (0)

*Ordem não randômica; **Pontos centrais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Para verificar o efeito das variáveis independentes sobre as variáveis de resposta, aplicou-se a análise de variância (ANOVA). Os resultados obtidos nos experimentos foram ajustados utilizando-se o modelo linear de primeira

ordem (Equação 1) e os coeficientes de regressão foram obtidos por regressão linear simples.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

Equação 1

Onde y é a variável resposta; β_0 é o coeficiente de regressão para interceptação; β_1 , β_2 e β_3 são coeficientes lineares referentes a cada variável; β_{12} , β_{13} e β_{23} são os coeficientes de interação entre as variáveis; e X_1 , X_2 e X_3 são as variáveis independentes.

QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS DOS EXTRATOS

A determinação de compostos fenólicos totais (CFT) dos extratos foi realizada utilizando o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, com leituras de absorbâncias à 765 nm, seguindo o procedimento descrito por Singleton e Rossi (1965) utilizando-se espectrofotômetro UV-Vísivel (THERMO SCIENTIFIC EVOLUCION 300 UV-VIS). Os resultados foram expressos em mg equivalente em ácido gálico (EAG) por 100 g de casca de pitaya ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

QUANTIFICAÇÃO DE BETALAÍNA

A concentração de betalaína dos extratos foi determinada utilizando-se o método espectrofotométrico e quantificada de acordo com Tang e Norziah (2007), utilizando-se espectrofotômetro UV-Vísivel (THERMO SCIENTIFIC EVOLUCION 300 UV-VIS), e obtida pela Equação 2. O resultado foi expresso em mg de betalaína por 100 g de casca de pitaya ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Equação 2).

$$\text{Concentração de betalaína (mg } 100 \text{ g}^{-1}) = \frac{A * DF * PM * 1000}{\epsilon * L}$$

Equação 2

Onde: A é a absorbância a 535 nm; DF é o fator de diluição; PM é o peso molecular da betanina (550 g mol^{-1}); ϵ é o coeficiente de extinção molar da betanina ($60.000 \text{ L mol cm}^{-1}$); e L é a largura do caminho ótico (1 cm).

ANÁLISE COLORIMÉTRICA

As análises de cor dos extratos foram determinadas por colorímetro Minolta CR-310, utilizando-se as coordenadas de cromaticidade L^* , a^* , b^* , onde L^* representa a luminosidade, a^* define a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). Os resultados foram expressos conforme as normas internacionais definidas pela Commission Internationale d'Eclairage (CIE) em 1931. A partir dos valores de a^* e b^* foram calculados os parâmetros croma de saturação de cor (C^*) e o ângulo de tonalidade cromática (ângulo hue; H°), de acordo com as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação 3}$$

$$H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{Equação 4}$$

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de regressão múltipla, análise de variância (ANOVA), a correlação de Pearson e o teste de Tukey ($p < 0,05$) foram realizadas utilizando o programa STATISTICA Kernel Release 7.1 (StatSoft Inc., 2006, Tulsa, OK).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

As características físicas dos frutos são importantes para determinar seu formato, tamanho, peso e rendimento, fazendo com que a análise biométrica de frutos seja de grande importância para a utilização dos mesmos. As médias e seus respectivos desvios padrão obtidas na análise biométrica dos frutos estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2– Análise biométrica dos frutos de pitaya utilizados neste estudo

Característica física	Média ± Desvio padrão
Diâmetro longitudinal (mm)	96,90 ± 10,33
Diâmetro transversal (mm)	90,65 ± 6,29
Massa do fruto (g)	485,50 ± 109,89
Massa da polpa (g)	381,50 ± 96,44
Massa da casca (g)	103,00 ± 18,74
Espessura da casca (mm)	1,40 ± 0,39

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Os frutos analisados apresentaram valores médios para os diâmetros longitudinal e transversal de 96,90 e 90,65 mm, respectivamente, e massa de 485,50 g. Estes valores são maiores aos encontrados na literatura (YAH et al., 2008; SATO et al., 2014; MENEZES et al., 2015). Este comportamento pode indicar o grau de maturação dos frutos analisados de acordo com Yahet al. (2008) e Menezes et al. (2015). A parte comestível dos frutos de pitaya representa, em média, 78,6% da massa do fruto enquanto a casca representa, em média, 21,2%.

Para melhor verificação da relação entre as características físicas analisadas, os dados obtidos foram submetidos à análise de correlação (coeficiente de Pearson). Abaixo os valores de coeficiente de correlação de Pearson obtidos (Tabela 3).

Tabela 3– Coeficiente de correlação entre as características físicas da pitaya

	Características físicas					
	DT	DL	MT	MP	MC	EC
DT	-	0,89*	0,93*	0,90*	0,74*	0,14
DL	0,89*	-	0,93*	0,90*	0,78*	0,26
MT	0,93*	0,93*	-	0,99*	0,73*	0,18
MP	0,90*	0,90*	0,99*	-	0,62	0,14
MC	0,74*	0,78*	0,73*	0,62	-	0,31
EC	0,14	0,26	0,18	0,14	0,31	-

DT: Diâmetro transversal; DL: Diâmetro longitudinal; MT: Massa total; MP: Massa da polpa; MC: Massa da casca; EC: Espessura da casca; *Significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

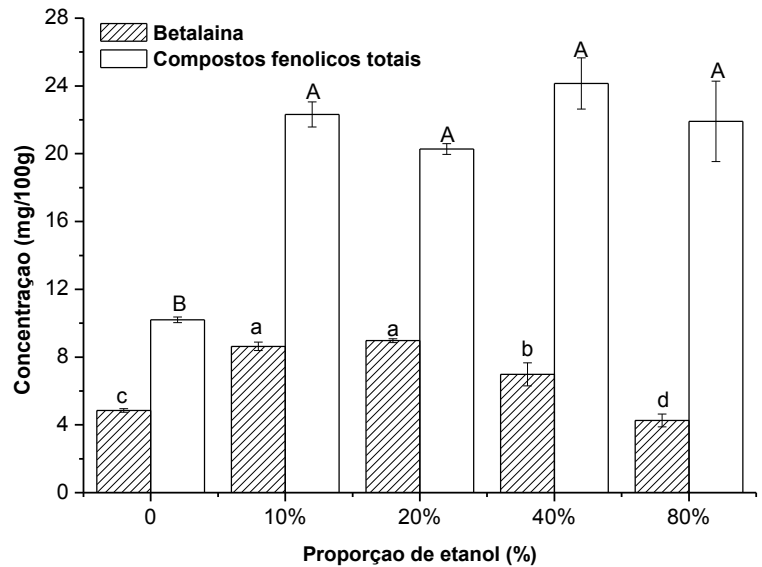
DEFINIÇÃO DA PROPORÇÃO DE ETANOL, RELAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO, TEMPO E TEMPERATURA DE EXTRAÇÃO

A fim de verificar-se o efeito da extração de CFT e betalaínas dos extratos de pitaya com diferentes proporções de etanol em solução hidroalcoólica foram testadas as proporções de 0, 10, 20 e 80 % de etanol. O etanol foi escolhido como solvente de extração por apresentar menor potencialidade de risco e periculosidade que os demais solventes normalmente utilizados em processos de extração sólido-líquido, como a metanol e a acetona.

Na Figura 1 pode-se notar o efeito da proporção de etanol na extração de CFT e betalaínas da casca de pitaya. Com relação ao conteúdo de CFT observou-se que somente a extração com água pura diferiu

significativamente dos demais tratamentos ($p < 0,05$), apresentando menor eficiência para a extração do composto.

Figura 1 – Efeito da proporção de etanol na extração de compostos fenólicos totais e betalaína da casca de pitaya a temperatura de 40 °C, durante 30 min e relação sólido-líquido de 1:5 ($m\ v^{-1}$)



**Barras de erros representam o desvio padrão; Letras minúsculas e maiúsculas diferentes indicam diferença significativa para as concentrações de betalainas e compostos fenólicos totais, respectivamente.*

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Para a betalaína, observa-se um aumento significativo ($p < 0,05$) da extração até valores de 20% de etanol. Para valores acima de 20%, observa-se um decréscimo da concentração deste pigmento ($p < 0,05$). Neste sentido, as proporções de 10 e 20% de etanol foram as mais eficazes para a extração do pigmento. Não se observou diferença significativa entre estas proporções de etanol ($p > 0,05$).

A água como solvente extrator não foi muito eficiente na obtenção de ambos os compostos. Estes resultados estão de acordo com outros autores, os quais sugerem que solventes com alta polaridade, como a água, e solventes com polaridade muito baixa não são bons extratores (LIU et al., 2000, CHIRINOS et al., 2006).

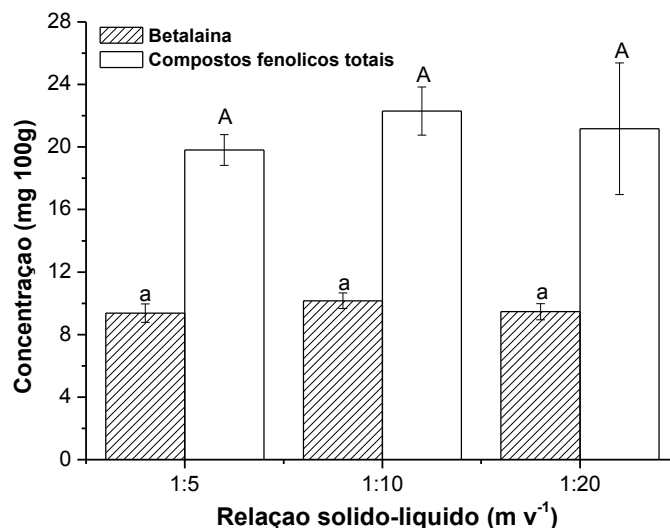
Portanto, sugere-se que a betalaína e CFT presentes na casca da pitaya apresentem propriedades moderadamente polares, sendo necessário a combinação da água com o etanol para criar um meio moderadamente polar, favorecendo a extração desses compostos, como visto nos resultados acima.

Segundo Gross (1991) em tecidos que contenham grande quantidade de água, a extração é mais eficiente com solventes orgânicos, devido a sua polaridade. O etanol se liga a água através da ligação polar OH, devido a uma elevada força de atração entre as moléculas, promovendo a formação de pontes de hidrogênio, o que contribui para a elevada solubilidade do meio, promovendo uma extração mais eficiente.

Para verificar o efeito da relação sólido-líquido sob a extração de CFT e betalaínas estudou-se três condições, sendo: 1:5, 1:10 e 1:20 (m v⁻¹). A Figura 2 apresenta o resultado obtido. De acordo com os mesmos, pode-se verificar que não diferença significativa ($p > 0,05$) para as três condições de sólido-líquido estudadas neste trabalho.

De acordo com Cacace e Mazza (2002) um maior gradiente de concentração é formado com o aumento da relação sólido-líquido, gerando um aumento na taxa de difusão dos compostos, favorecendo a extração dos mesmos. No entanto este efeito não pode ser observado para as condições experimentais utilizadas neste trabalho. Como a relação sólido-líquido 1:5 não diferiu significativamente das demais ($p > 0,05$), optou-se por utilizá-la neste estudo a fim de utilizar a menor quantidade de solvente.

Figura 2 – Efeito da relação sólido-líquido na extração de compostos fenólicos totais e betalaína da casca de pitaya em solução hidroalcolica de 10% (etanol:água; v:v; mL:mL) e temperatura de 40 °C



* Barras de erros representam o desvio padrão; Letras minúsculas e maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) para as concentrações de betalaínas e compostos fenólicos totais, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

A fim de avaliar-se o comportamento cinético da extração de CFT e betalaínas da casca de pitaya realizou-se um ensaio com coletas de amostras nos tempos de 5, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min, nas temperaturas de 25, 40 e 55 °C, em solução hidro alcóolica de 10 % (v v⁻¹) e relação sólido-líquido de 1:5 (m v⁻¹). Os resultados obtidos estão expressos nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4—Concentração de compostos fenólicos totais em função do tempo e temperatura de extração em solução hidro alcóolica de 10% (v v⁻¹) e relação sólido-líquido de 1:5 (m v⁻¹)

Tempo (min)	Compostos fenólicos totais (mgEAG/100g)		
	25 °C	40 °C	55 °C
5	8,60 ± 0,09 ^d	8,00 ± 0,05 ^c	9,10 ± 0,15 ^d
15	8,70 ± 0,07 ^d	10,60 ± 0,09 ^c	14,50 ± 0,31 ^c
30	10,72 ± 1,22 ^c	20,30 ± 1,85 ^b	17,00 ± 2,07 ^c
45	11,60 ± 0,27 ^c	20,30 ± 0,05 ^b	20,40 ± 0,21 ^b
60	18,90 ± 0,90 ^b	22,60 ± 0,42 ^b	27,00 ± 1,16 ^a
90	20,00 ± 0,91 ^b	35,60 ± 2,85 ^a	20,60 ± 0,63 ^b
120	23,00 ± 0,18 ^a	31,60 ± 2,29 ^a	23,30 ± 0,27 ^b

*Valores representados pela média ± desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p < 0,05).

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Tabela 5 – Concentração de betalaína em função do tempo e temperatura de extração em solução hidro alcóolica de 10% (%; v v⁻¹) e relação sólido-líquido de 1:5 (m v⁻¹)

Tempo (min)	Betalaína (mg/100g)		
	25 °C	40 °C	55 °C
5	1,60 ± 0,01 ^e	2,70 ± 0,01 ^f	2,60 ± 0,01 ^d
15	1,90 ± 0,01 ^{de}	3,30 ± 0,01 ^e	3,60 ± 0,01 ^{cd}
30	2,00 ± 0,47 ^{de}	6,00 ± 0,21 ^c	4,30 ± 0,58 ^c
45	2,60 ± 0,01 ^d	5,20 ± 0,01 ^d	5,60 ± 0,03 ^{ab}
60	4,20 ± 0,01 ^c	6,10 ± 0,01 ^c	6,50 ± 0,01 ^a
90	4,90 ± 0,01 ^b	8,60 ± 0,04 ^a	5,30 ± 0,01 ^b
120	5,90 ± 0,01 ^a	7,00 ± 0,02 ^b	6,20 ± 0,01 ^{ab}

*Valores representados pela média ± desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p < 0,05).

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Pode-se observar que tanto para os CFT quanto para a betalaína, um aumento de temperatura diminui o tempo de extração. Os melhores tempos de extração para as temperaturas de 25, 40 e 55 °, os tempos foram de respectivamente, 120, 90 e 60 min. Observa-se que para temperaturas acima de 25 °C, começa haver um efeito de degradação para tempos superiores a 60 (55 °C) e 90 min (40 °C) de extração.

Os resultados obtidos no estudo cinético realizado mostram que a concentração dos compostos analisados é maior à medida em que a temperatura aumenta. Segundo Wang et al. (2008), a aplicação de altas

temperaturas promove a quebra de componentes da parede celular da molécula, fazendo com que os compostos bioativos solubilizem na solução extratora, resultando em uma maior concentração.

As maiores concentrações dos compostos bioativos obtidas nas maiores temperaturas podem ser explicadas pela lei de Arrhenius, que mostra que a velocidade de uma reação é proporcionalmente dependente da temperatura. De acordo com Chang e Goldsby (2013), o aumento da temperatura provoca uma maior agitação molecular, o que aumenta a energia das moléculas e promove mais colisões entre as mesmas. Quando isto ocorre, as moléculas possuem energia suficiente para quebrar e formar novas ligações químicas, as quais irão resultar na obtenção do produto desejado. Ressalta-se apenas que esta temperatura não pode aumentar indefinidamente pois causaria a degradação térmica dos compostos bioativos (POMPEU et al., 2009).

OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE CFT E BETALAÍNAS

O efeito das variáveis proporção de ácido clorídrico, temperatura de extração e proporção de etanol foram estudadas para otimizar a extração de CFT e betalaína da casca de pitaya. Foram também analisados os parâmetros colorimétricos dos extratos obtidos. Os resultados obtidos nos ensaios experimentais estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6– Resultados obtidos para o planejamento experimental do tipo 2^k para otimização da extração de compostos fenólicos totais (CFT) e betalaínas da casca de pitaya

Ensaio	CFT (mg EAG 100g ⁻¹)	BET (mg 100g ⁻¹)	Parâmetros cromáticos				
			L*	a*	b*	C*	H°
1	11,41	8,40	34,88	15,15	3,35	15,52	12,47
2	12,62	6,98	34,97	15,45	2,64	15,67	9,70
3	20,76	8,08	35,39	15,45	5,64	16,45	20,04
4	19,89	10,26	33,09	16,72	4,20	17,24	14,09
5	18,57	8,16	33,99	16,65	3,64	17,04	12,32
6	11,62	5,92	35,42	16,15	2,69	16,38	9,46
7	28,97	10,17	38,74	9,70	5,74	11,27	30,61
8	12,87	11,54	33,46	16,69	3,90	17,14	13,15
9	18,01	10,11	34,13	16,38	3,82	16,82	13,12
10	18,38	10,46	34,11	16,43	3,69	16,84	12,65
11	19,22	10,27	33,80	16,75	3,81	17,18	12,80

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

De acordo com a Tabela 6, a concentração de CFT variou de 11,41 (Ensaio 1) a 28,97 mg EAG 100 g⁻¹ de casca de pitaya (Ensaio 7). Já o teor de betalaína variou de 5,92 (Ensaio 6) a 11,54 mg 100 g⁻¹ de casca de pitaya (Ensaio 8).

As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados da análise de variância (ANOVA) para os CFT, betalaína e para os parâmetros cromáticos de b^* e H° , respectivamente. Os dados de ANOVA obtidos para as demais coordenadas não foram mostrados pois elas não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) nos resultados experimentais.

Tabela 7 – Análise de variância dos dados experimentais para compostos fenólicos totais e betalaínas

Fonte de variação	Compostos fenólicos totais			Betalaína		
	SQ	GL	F	SQ	GL	F
X ₁	64,47	1	22,25*	0,00	1	0,00
X ₂	99,90	1	34,47*	14,02	1	10,04*
X ₃	6,75	1	2,33	0,54	1	0,38
X ₁ .X ₂	15,76	1	5,44	6,50	1	4,65
X ₁ .X ₃	68,39	1	23,60*	0,33	1	0,24
X ₂ .X ₃	3,09	1	1,07	2,73	1	1,95
Erro-puro	11,59	4		5,59	4	
Total	269,95	20		29,70	20	

*Significativo a $p < 0,05$; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Graus de Liberdade; F: Teste de Fisher.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Tabela 8– Análise de variância dos dados experimentais para os parâmetros cromáticos de b^* e H°

Fonte de variação	Coordenadas cromáticas					
	b^*			H°		
	SQ	GL	F	SQ	GL	F
X ₁	3,05	1	119,16*	105,41	1	14,69*
X ₂	6,41*	1	250,32*	143,99	1	20,06*
X ₃	0,00	1	0,10	10,67	1	1,48
X ₁ .X ₂	0,33	1	12,81*	39,51	1	5,50
X ₁ .X ₃	0,05	1	2,00	16,82	1	2,34
X ₂ .X ₃	0,04	1	1,42	12,55	1	1,75
Erro-puro	0,10	4		28,70	4	
Total	9,98	20		357,67	20	

*Significativo a $p < 0,05$; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Graus de Liberdade; F: Teste de Fisher.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Através das Tabelas 7 e 8 pode-se observar que a proporção de ácido clorídrico foi significativa ($p < 0,05$) para a concentração de CFT e para as coordenadas cromáticas b^* e H° . Isso demonstra que mesmo em baixas

concentrações de ácido clorídrico é possível romper a estrutura celular da casca e aumentar o rendimento em compostos bioativos.

Ainda, observa-se que a interação das variáveis concentração de ácido e proporção de etanol foi significativa ($p < 0,05$) para a concentração de CFT. Em relação à temperatura, nota-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todas as respostas avaliadas neste estudo, demonstrando ser a variável mais importante para a extração sólido-líquido de compostos bioativos da casca de pitaya.

Os dados experimentais obtidos (Tabela 6) foram submetidos a análise de regressão dos modelos de propostos. Na Tabela 9 apresenta-se os coeficientes de regressão para os CFT, betalaína e parâmetros cromáticos b^* e H° . Os demais parâmetros cromáticos não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) e por esse motivo não foram apresentados.

Tabela 9- Coeficientes de regressão para os modelos construídos para as variáveis de resposta concentração de compostos fenólicos totais, betalaína e parâmetros cromáticos de b^* e H°

Coeficiente de regressão	Compostos fenólicos totais	Betalaína	b^*	H°
θ_0	17,48*	9,12*	3,92*	14,58*
θ_1	-2,84*	-0,01	-0,62*	-3,63*
θ_2	3,53*	1,32*	0,90*	4,24*
θ_3	0,92	0,26	0,02	1,15
θ_{12}	-1,40	0,90	-0,20*	-2,22
θ_{13}	-2,92*	-0,20	-0,08	-1,45
θ_{23}	-0,62	0,58	-0,07	1,25
R^2	0,96	0,81	0,98	0,92

*Significativo a $p < 0,05$; R^2 : coeficiente de determinação.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Na Tabela 9 observa-se que a temperatura apresentou efeito linear positivo na concentração de compostos bioativos ($p < 0,05$), indicando que o aumento dessa variável provoca o aumento linear desses teores. Quanto a concentração de ácido clorídrico, observou-se efeito linear negativo na concentração de compostos fenólicos totais ($p < 0,05$), mostrando que quando há uma diminuição da concentração de ácido clorídrico, ocorre um aumento linear deste conteúdo. A interação dos fatores concentração de ácido e proporção de etanol foram significativos na concentração de compostos fenólicos totais ($p < 0,05$), apresentando efeito linear negativo sobre essa resposta. Os resultados obtidos sugerem que proporções de

etanol mais baixas associadas a menores concentrações de ácido, aumentam o teor de CFT.

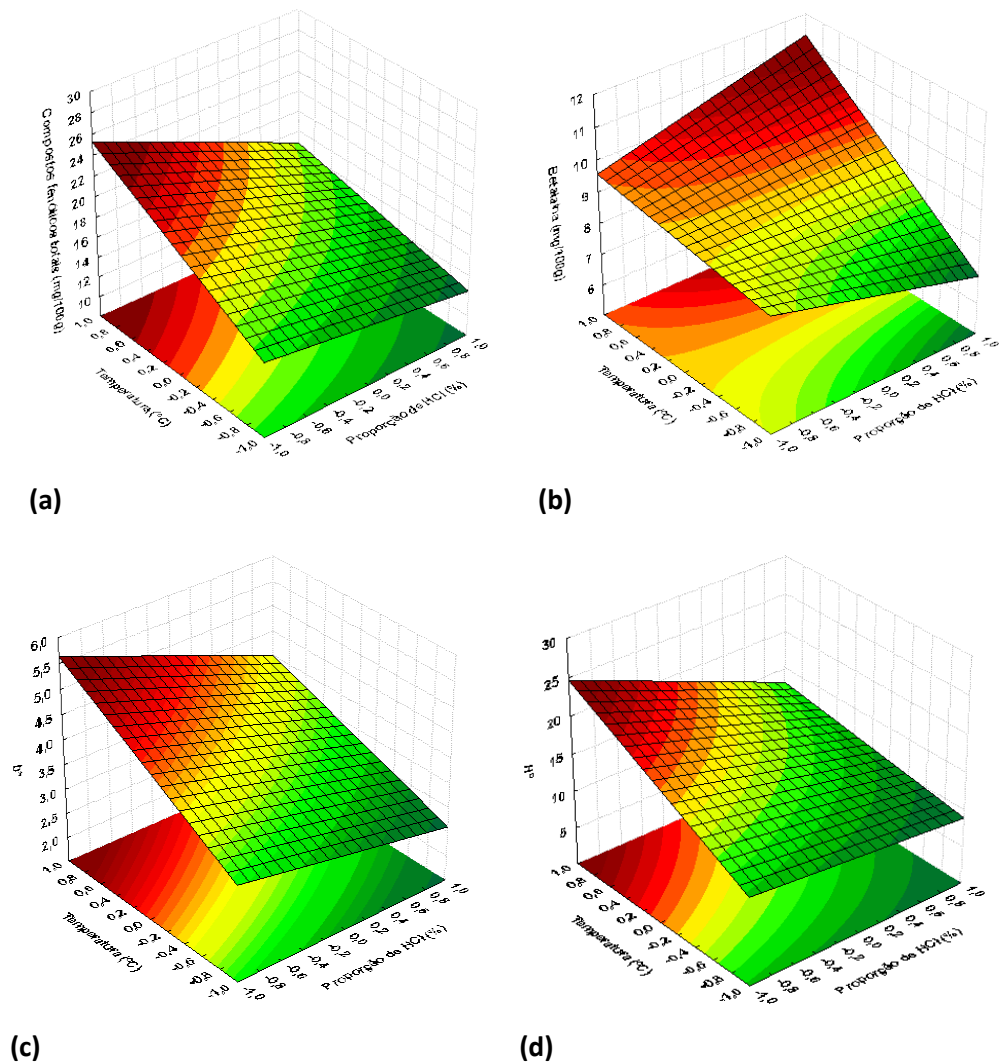
Em relação aos parâmetros cromáticos, pode-se observar que a concentração de ácido apresentou efeito linear negativo para os valores de b^* e H° ($p < 0,05$), indicando que pequenas concentrações de ácido na extração provocam o aumento do valor de seus valores, ou seja, uma tendência a coloração amarelo.

De acordo com os dados da Tabela 9, a temperatura exerceu efeito linear positivo nos valores de b^* e H° , mostrando que quando a extração ocorre em baixas temperaturas os seus valores aumentam, provocando o mesmo efeito de coloração mencionado anteriormente. Ainda, a interação entre concentração de ácido e temperatura foi significativa ($p < 0,05$) para os valores de L^* e b^* apresentando efeito linear negativo, indicando que menores proporções de ácido associados a temperaturas baixas levam ao aumento desses valores. O aumento da coordenada b^* evidencia a tendência a cor amarela, provocando o aumento da luminosidade (L^*) indicando uma possível degradação da cor característica da pitaya.

Para melhor interpretação dos resultados, são apresentados graficamente os dados referentes às concentrações dos compostos bioativos (CFT e betalaínas) e dos parâmetros cromáticos (b^* e H°).

De acordo com os resultados obtidos no planejamento, observou-se que a melhor condição para a extração de betalaína é obtida quando utiliza-se a concentração de 0,05% de ácido clorídrico, temperatura de 55 °C e 20 % de etanol, obtendo-se 11,54 mg 100 g⁻¹ de casca de pitaya. Valores estes próximos aos encontrados por Wu et al. (2006), que apresentou 13,8 mg 100 g⁻¹ de casca de pitaya fresca (*H. polyrhizus*). Os valores obtidos neste estudo foram superiores aos valores encontrado por Tang e Norziah (2007) em casca de *H. polyrhizus*, que observaram 6,7 mg 100 g⁻¹ de casca, utilizando metanol 80% como solvente, observando-se que o etanol é mais eficiente que o metanol na extração do pigmento.

Figura 3 – Superfície de resposta dos compostos fenólicos totais (a), betalaína (b) e parâmetros cromáticos b^* (c) e H° (d) extraídos da casca de pitaya (*H. polyrhizus*) em função da temperatura e da proporção de ácido clorídrico



Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

Em relação ao teor de CFT, verificou-se que a melhor condição foi obtida ao utilizar 0% de ácido clorídrico, 55 °C e 20% de etanol, obtendo-se uma concentração de 28,97 mg EAG 100 g⁻¹ de casca. Tal valor foi superior ao encontrado por Wu et al. (2006), o qual obteve 25,4 mg EAG 100 g⁻¹ de casca de *H. polyrhizus*, utilizando como solvente acetona 80%.

CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS ESPECTROFOTOMÉTRICAS E OS PARÂMETROS DE COR DOS EXTRATOS DE PITAYA

Para verificar a correlação entre os CFT, betalaínas e os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* e H°), aplicou-se o teste de correlação de Pearson (r). Os coeficientes obtidos estão apresentados na Tabela 10. De acordo com Cohen

(1988), os valores de r podem indicar uma correlação fraca ($r = 0,10$ a $0,29$), média ($r = 0,30$ a $0,49$) ou forte ($r \geq 0,50$ a $1,00$).

Tabela 10—Coeficientes de correlação (r) entre os compostos fenólicos totais, betalaína e os parâmetros cromáticos de extratos obtidos da casca de pitaya (*H. polyrhizus*)

	CFT	Betalaína	L^*	a^*	b^*	C^*	H°
CFT	-	0,49*	-0,21	0,19	-0,11	0,13	-0,25
Betalaína	0,49*	-	-0,31*	0,51*	-0,67*	0,35*	-0,68*
L^*	-0,21	-0,31*	-	-0,46*	0,16	-0,43*	0,37*
a^*	0,19	0,51*	-0,46*	-	-0,38*	0,97*	-0,82*
b^*	-0,11	-0,67*	0,16	-0,38*	-	-0,14	0,79*
C^*	0,13	0,35*	-0,43*	0,97*	-0,14	-	-0,64*
H°	-0,25	-0,68*	0,38*	-0,82*	0,79*	-0,64*	-

*Significativo a $p < 0,05$; CFT: compostos fenólicos totais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

De acordo com a Tabela 10, verifica-se que os coeficientes de correlação obtidos foram significativos entre a betalaína e os demais parâmetros (CFT e parâmetros de cor) ($p < 0,05$), mostrando forte correlação positiva somente entre betalaínas e a coordenada a^* , apresentando $r = 0,51$. Isto indica que altas concentrações de betalaína são acompanhadas de altos valores de a^* , tendendo à predominância da coloração vermelha. Nota-se também uma forte correlação negativa entre as betalaínas e os parâmetros b^* ($r = -0,67$) e H° ($r = -0,68$), mostrando que as variáveis são inversamente proporcionais.

Quanto aos CFT, a Tabela 10 mostra que há uma fraca ou nenhuma correlação significativa entre os mesmos e os parâmetros de cor ($p > 0,05$), indicando que não é possível prever o comportamento das concentrações destes compostos através de resultados obtidos por análises colorimétricas.

Quanto a relação entre betalaína e os CFT, o valor do coeficiente obtido ($r = 0,49$) mostra que há uma correlação média entre estas duas variáveis. Isto indica que a betalaína é um composto que exerce um efeito moderado no teor de CFT na casca da pitaya.

Entre os parâmetros colorimétricos, observa-se que L^* apresentou correlação média com a^* , C^* e H° e nenhuma correlação com b^* . Quanto ao a^* , nota-se forte correlação com C^* e H° , sendo a^* e C^* proporcionais e a^* e H° inversamente proporcionais entre si. Também verifica-se forte correlação positiva entre H° e b^* e negativa entre H° e C^* . Tais valores também

apresentaram relação significativa ($p < 0,05$). Com base na Tabela 10, destaca-se a relação entre o C^* e a^* ($r = 0,97$) e C^* e b^* ($r = -0,14$), pois sabe-se que o croma é calculado a partir das coordenadas a^* e b^* , sendo proporcionais entre si, porém os coeficientes obtidos mostram forte correlação positiva de C^* com a^* e nenhuma relação com b^* . Isto pode ser explicado pela pouca variação de b^* nos extratos obtidos.

CONCLUSÃO

A casca da pitaya constitui cerca de 21% do fruto. Das três variáveis analisadas no presente estudo, a temperatura foi a que afetou de forma mais intensa a extração de betalaínas e dos compostos fenólicos totais. Neste estudo verificou-se que as condições ótimas para extração da betalaína e dos CFT foram, respectivamente: 0,05% de ácido clorídrico, temperatura de 55 °C e proporção de etanol de 20% e 55 °C, proporção de etanol de 20% e sem a presença de ácido clorídrico.

As análises de correlação entre as medidas espectrométricas e os parâmetros de cor, mostraram que os compostos fenólicos totais não apresentaram correlação significativa com os parâmetros de cor, enquanto que os teores de betalaína relação linear positiva com a^* e negativa com b^* e H° , indicando que é possível prever o grau de concentração de pigmento pelos valores observados nos parâmetros colorimétricos.

Assim, a utilização a casca da pitayapela indústria de alimentos constitui-se de uma opção para o aproveitamento do resíduo pois mostrou-se uma fonte de corante naturais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudo e Pesquisa (FAPESPA) do Estado do Pará e a equipe técnica do Centro de Valorização Agroalimentar de Compostos Bioativos da Amazônia (CVACBA) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Optimization of solid-liquid extraction of bioactive compounds from peel of pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

ABSTRACT

The fruits of *Hylocereus polyrhizus*, also named pitaya or dragon fruit, is an exotic and attractive fruit due to its sensory characteristics, appearance and color. These fruits are purple, red colored. This color is due to the presence of pigments named betalains. Betalains and other phenolic compounds contribute to its antioxidant capacity. The skin and exocarp of pitaya represents approximately 20% of the fruit weight. When pitaya fruits are processed a high amount of residues are produced. However, the residue could be used as a rich source of natural pigments. Thus, this study shows the viability of solid-liquid extraction of phenolic compounds and betalains from pitaya peel (*H. polyrhizus*) using linear full factorial design 2^k . It was used as independent variables the proportion of hydrochloric acid (%), temperature ($^{\circ}$ C) and ethanol proportion (%). The experimental data were fitted to a first order linear model to describe the response variables (concentration of total phenolics and betalains). The results indicated that the concentration of hydrochloric acid, the temperature and the interaction between the first and the proportion of ethanol presented significant effects on total phenolics content ($p < 0,05$). For the concentration of betalains only the temperature had a significant effect ($p < 0,05$). The proposed models presented $R^2 > 0.81$.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*. Solid-liquid extraction. Total phenolic compounds. Betalains.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, N. Anthony. Pharmaceutical experimental design and interpretation. CRC Press, 2006.
- CACACE, J. E.; MAZZA, G. Extraction of anthocyanins and other phenolics from black currants with sulfured water. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 21, p. 5939-5946, 2002. <http://dx.doi.org/10.1021/jf025614x>
- CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Química**. 11 ed. Porto Alegre: AMGH, p. 564-595, 2013.
- CHIRINOS, Rosana et al. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. **Separation and Purification Technology**, v. 55, n. 2, p. 217-225, 2007.
- CHOO, Wee Sim; YONG, Wee Khing. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, v. 2, n. 3, p. 418-425, 2011.
- COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd. 1988.
- FATHORDOOBADY, Farahnaz et al. Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus* flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction. **Food chemistry**, v. 202, p. 70-80, 2016.
- GROSS, Jean. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. Van Nostrand Reinhold. New York, 1991.
- GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. **Underutilized fruit trees in Sri Lanka**. New Delhi, World Agroforestry Centre, p. 110-142, 2007.
- HARIVAINDRAN, K. V.; REBECCA, O. P. S.; CHANDRAN, S. Study of optimal temperature, pH and stability of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel for use as potential natural colorant. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 18, p. 2259-2263, 2008. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2008.2259.2263>
- JAMILAH, B. et al. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, v. 18, n. 1, 2011.
- JENSEN, Suellen. **Modelagem e investigação experimental dos processos de secagem e extração de erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2011. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

ROHIN, Mohd Adzim Khalili et al. Total antioxidant activity, total phenolic content and radical scavenging activity both flesh and peel of red pitaya, white pitaya and papaya. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 113-122, 2012.

LIU, Frances F.; ANG, Catharina YW; SPRINGER, Dietmar. Optimization of extraction conditions for active components in *Hypericum perforatum* using response surface methodology. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3364-3371, 2000. <http://dx.doi.org/10.1021/jf991086m>

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C. **Response surface methodology: process and product in optimization using designed experiments**. Wiley, New York, 1995.

PADILHA DE MENEZES, Thatiane et al. Características físicas e físico-químicas de pitaia vermelha durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, 2015.

POMPEU, D. R.; SILVA, E. M.; ROGEZ, H. Optimisation of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of *Euterpe oleracea* using response surface methodology. **Bioresource technology**, v. 100, n. 23, p. 6076-6082, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.083>

RAMLI, Nurul Shazini; ISMAIL, Patimah; RAHMAT, Asmah. Influence of conventional and ultrasonic-assisted extraction on phenolic contents, betacyanin contents, and antioxidant capacity of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

REBECCA, O. P. S.; BOYCE, A. N.; CHANDRAN, S. Pigment identification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 10, p. 1450-1454, 2010. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB09.1603>

SATO, Suenne Taynah Abe et al. Caracterização física e físico-química de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**. v. 01, n. 1, p. 46-56, 2014.

SILVA, Pollyanna Ibrahim et al. **Otimização da extração e microencapsulamento de polifenóis e antocianinas de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*)**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

SINGLETON, Vernon L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

STRACK, Dieter; VOGT, Thomas; SCHLIEMANN, Willibald. Recent advances in betalain research. **Phytochemistry**, v. 62, n. 3, p. 247-269, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00564-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00564-2)

TAIRA, Junsei et al. Antioxidant capacity of betacyanins as radical scavengers for peroxy radical and nitric oxide. **Food chemistry**, v. 166, p. 531-536, 2015.

TANG, C. S. et al. Stability of betacyanin pigments from red purple pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*): influence of pH, temperature, metal ions and ascorbic acid. **Indonesian Journal of Chemistry**, v. 7, n. 3, p. 327-331, 2010.

TENORE, Gian Carlo; NOVELLINO, Ettore; BASILE, Adriana. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. **Journal of functional foods**, v. 4, n. 1, p. 129-136, 2012.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.003>

WANG, Jing et al. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 804-810, 2008.

WU, Li-chen et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.002>

YAH, Alma R. Centurión et al. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

Recebido: 26 set. 2016.

Aprovado: 30 mar. 2018.

Publicado: 25 mai. 2018.

DOI:10.3895/rbta.v12n1.4668

Como citar:

Alves, A. C. B.; Monteiro, L. B.; Pompeu, D. R. Otimização da extração sólido-líquido de compostos fenólicos totais e betalainas da casca de frutos de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 2556-2577, jan./jun. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Ana Carolina Bastos Alves.

Travessa Dom Romualdo Coelho, 99, Umarizal, Belém, Pará, Brasil. CEP: 66055-190,

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

