

Ácido ascórbico, betalaínas, e fenóis totais em ecótipos de *Opuntia* spp.

Carlos M. G. Reis^{a,b,*}, *Cecília Gouveia*^a, *Conceição Vitorino*^a, *Luís Carlos Gazarini*^c,
Maria Margarida Ribeiro^{a,d} & *Fátima Peres*^a

^aInstituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Castelo Branco, Portugal

²Departamento de Biologia, Escola de Ciências e Tecnologia, ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora, Évora, Portugal

Centro de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS-IPCB), Coimbra, Portugal

⁴Centro de Estudos Florestais (CEF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal
*creis@ipcb.pt

Palavras-chave: Ácido ascórbico; betalaínas; *Opuntia*; fenóis totais.

RESUMO

O género *Opuntia* spp. pertence à família Cactaceae, sendo a espécie *Opuntia ficus-indica* (OFI) a que tem maior importância económica. Em frutos de vinte populações provenientes de quatro espécies do género *Opuntia* spp. (OFI, *O. robusta*, *O. dillenii* and *O. elata*), com origem em Portugal, foram estudadas as características cromáticas, a acidez, o pH, o teor em sólidos solúveis totais (SST) e ainda os teores em ácido ascórbico (AA), betalaínas e fenóis totais (FT). As cultivares Italianas de OFI ‘Bianca’, ‘Gialla’ e ‘Rossa’ foram incluídas como termo de comparação. Os valores mais elevados de acidez foram registados nos frutos de *O. dillenii* e *O. elata* e os menores em OFI. Os frutos de *O. dillenii* apresentaram os teores mais elevados de betalaínas e FT, ao passo que as concentrações mais elevadas de AA foram registadas nos frutos de *O. elata*. Os ecótipos de OFI mostraram variação na concentração de compostos bioativos. Em OFI, a cv. de polpa vermelha ‘Rossa’ é a que apresenta maior concentração de betalaínas, seguida pelos ecótipos de polpa laranja e, finalmente, os ecótipos de polpa branca. Os valores mais elevados de FT foram encontrados nos ecótipos de polpa branca. O género *Opuntia* spp. é uma fonte de compostos bioativos, pelo que o consumo dos seus frutos representa uma boa forma de ingestão de compostos de elevado valor nutricional.

1. INTRODUÇÃO

As espécies do género *Opuntia* spp. apresentam elevada rusticidade. A espécie *Opuntia ficus-indica* (OFI), em particular, pode representar uma alternativa nos sistemas agrícolas do Mediterrâneo. Em Portugal encontram-se naturalizadas várias espécies de *Opuntia* spp., nomeadamente *O. ficus-indica* (L.) Miller, *O. dillenii* (Ker-Gael) Haw., *O. robusta* Wendl e *O. elata* Salm-Dick. Recentemente, tem sido dada maior atenção ao estudo do valor nutritivo do fruto de *Opuntia* spp. e prováveis benefícios para a saúde, pela presença de compostos bioativos como betalaínas, fenóis totais, ácido ascórbico e carotenoides [1]. Dos benefícios para a saúde humana são referidos os efeitos antioxidante, neuroprotetor, anti-inflamatório, hipoglicémico e anticancerígeno, entre outros [2]. Que seja do nosso conhecimento, não existem estudos sobre

a composição do fruto de *O. elata* e a informação sobre a concentração de compostos bioativos em ecótipos Portugueses de OFI é escassa. O principal objetivo deste trabalho foi o de determinar a concentração de compostos bioativos em frutos de diferentes ecótipos de *Opuntia* spp. e, dessa forma, contribuir para o conhecimento do seu valor nutricional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Cladódios de OFI, *O. elata* e *O. robusta* foram plantados em 2012 em ensaio localizado na Escola Superior Agrária de Castelo Branco (Tabela 1). Foram instalados dezasseis ecótipos de OFI e duas cultivares (cv.) Italianas, ‘Bianca’ e ‘Giulla’. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com três repetições, cada repetição constituída por uma linha de cinco plantas. No terceiro ano após a plantação, foram constituídas, para cada ecótipo, três amostras de dez frutos na fase de maturação fisiológica. Adicionalmente, foram estudados dois ecótipos de *O. dillenii* com colheita de três amostras de dez frutos no local de origem (Tabela 1). Trinta frutos da cv. ‘Rossa’, no estado de maturação comercial, foram adquiridos a um produtor local. Após a remoção da casca dos frutos, foram feitos sumos em liquidificador e a filtração de sementes. Os sumos foram centrifugados e o sobrenadante foi utilizado para a medição do pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST, %), e características cromáticas (L^* , a^* e b^*). Após filtração do sobrenadante, efetuou-se a determinação dos teores em fenóis totais (FT) [3], ácido ascórbico (AA) [4] e betalaínas (BTX - betaxantinas e BTC - betacianinas) [5]. As leituras foram realizadas em triplicado para cada amostra. Os dados foram tratados por análise de variância ou, na ausência de homogeneidade de variâncias, usou-se o teste de Welch, seguido da comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey ou de Games-Howell, respetivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de SST variou entre 10,6 (*O. dillenii*) e 15,6 % (OFI-03), com valores de 12,7 e 14,4 %, para *O. elata* e *O. robusta*, respetivamente. No caso de OFI os menores valores observaram-se na cv. ‘Rossa’ (12,2 %) e diferenças estatisticamente significativas foram encontradas entre ecótipos, $F(18, 48) = 39,6$, $p < 0,05$. Os valores de pH variaram entre 5,83 (cv. ‘Rossa’) e 6,47 (OFI-16). As espécies *O. dillenii* e *O. elata* apresentaram os valores mais elevados de acidez (0,68 e 0,36 % ácido cítrico, respetivamente), enquanto em OFI os valores são baixos variando entre 0,05 e 0,07 % ácido cítrico. A cor da polpa pode ser branca, amarelo-pálido, laranja, vermelha ou púrpura (Tabela 1). Os valores de L^* variaram entre 12,4 (OD-1) e 2,41 (OFI-09). O valor mais elevado de a^* verificou-se em *O. elata* (11,66) e o valor mais baixo no ecótipo OFI-04 (-1,28). O ecótipo OFI-12 apresentou o valor mais elevado de b^* (19,45) e o ecótipo OD-2 o menor valor (2,02). Os ecótipos de polpa branca apresentaram os menores valores de a^* , ao passo que os de polpa púrpura, vermelha e laranja apresentaram os valores mais elevados. Os frutos de polpa púrpura e vermelha mostraram os menores valor para L e b^* . O valor mais elevado de AA foi observado em *O. elata* seguido por *O. dillenii* (Tabela 2). No caso de OFI os valores de AA variaram entre 18,0 (OFI-20) e 34,4 mg/100 g peso fresco

(OFI-16) e diferenças estatisticamente significativas foram registradas, $F(18, 38) = 19,3$, $p < 0,05$. Das três cvs. de OFI estudadas, foi na cv. ‘Bianca’ onde se observaram os valores mais elevados de AA. No caso dos FT, os valores mais elevados foram obtidos nos ecótipos de *O. dillenii*, seguidos por *O. elata* (Tabela 2). Na espécie OFI, os FT variaram entre 61,7 (cv. ‘Gialla’) e 98,1 mg GAE/100 g peso fresco (OFI-19) e diferenças estatisticamente significativas foram encontradas, $F(18, 38) = 20,8$, $p < 0,05$. Existe uma correlação positiva entre os FT e a concentração de AA ($R^2 = 0,81$). Foi registrada variação significativa entre ecótipos relativamente à concentração de betalaínas (Tabela 2). Os valores mais elevados ocorreram nos ecótipos de *O. dillenii* (Tabela 2) seguidos por *O. robusta* e *O. elata*; os valores mais baixos observaram-se nos frutos de OFI com polpa branca. Nos ecótipos de OFI registaram-se diferenças estatisticamente significativas para as concentrações de BTX e BTC, $F(18, 38) = 105,74$, $p < 0,05$ e $F(18, 38) = 173,79$, $p < 0,05$, respetivamente. Nos frutos de OFI, as concentrações mais elevadas de BTX e BTC ocorreram nos frutos de polpa laranja e na cv. ‘Rossa’, respetivamente. A sequência de concentração decrescente de betalaínas foi: *O. dillenii*, *O. robusta*, *O. elata*, cv. ‘Rossa’, ecótipos de polpa laranja de OFI e, por fim, ecótipos de polpa branca. As diferenças encontradas na concentração de compostos bioativos entre ecótipos de OFI podem ser atribuídas a diferenças ao nível do genótipo, já que as plantas cresceram em condições edafoclimáticas idênticas e os frutos foram analisados no mesmo estado fenológico.

4. CONCLUSÕES

Foi observada variação na concentração de compostos bioativos no fruto de diferentes espécies de *Opuntia* spp. e entre ecótipos de OFI. O género *Opuntia* spp. é uma fonte de compostos bioativos, nomeadamente FT, AA e betalaínas, pelo que o consumo moderado dos frutos poderá ser uma forma de ingestão de compostos de elevado valor nutricional.

Agradecimentos

A Fundação para a Ciência e Tecnologia financiou CMGR através da bolsa UID/AMB/00681/2013 e MMR com as bolsas PUID/AGR/00239/2013 e SFRH/BSAB/113895/2015.

Referências

- [1] El-Mostafa K, Kharrassi Y, Badreddine A, et al. Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. *Molecules*. 2014;19(9):14879–901.
- [2] Chavez-Santoscoy RA, Gutierrez-Urbe JA, Serna-Saldívar SO. Phenolic Composition, Antioxidant Capacity and In Vitro Cancer Cell Cytotoxicity of Nine Prickly Pear (*Opuntia* spp.) Juices. *Plant Foods Hum Nutr*. 2009;64(2):146–52.
- [3] Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. Oxidants and Antioxidants Part A. *Methods in Enzymology*. Elsevier; 1999. 152-178.
- [4] Dürüst N, Sümengen D, Dürüst Y. Ascorbic Acid and Element Contents of Foods of Trabzon (Turkey). *J Agric Food Chem*. 1997;45(6):2085–7.
- [5] Stintzing FC, Herbach KM, Mosshammer MR, et al. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *J Agric Food Chem*. 2005;53(2):442–51.

Tabela 1. Identificação, forma do fruto, cor da polpa e origem das populações de *Opuntia* spp.

População	Forma do fruto	Cor da polpa	Origem	Altitude (m)	Coordenadas geográficas	
					Latitude	Longitude
OFI-01	Eli	Branco	Alcochete	25	38°43'32.14"N	8°57'58.22"W
OFI-03	Eli	Branco	Cascais, Guincho	185	8°45'23.18"N	9°27'38.48"W
OFI-04	Ovd	Amarelo pálido	Portalegre	372	39°16'22.45"N	7°26'13.12"W
OFI-05	Ovd	Laranja	Arronches	293	39° 5'21.06"N	7°12'7.05"W
OFI-08	Eli	Branco	Melides	29	38° 8'28.91"N	8°44'14.28"W
OFI-09	Eli	Branco	Santo André	25	38° 4'38.13"N	8°46'38.08"W
OFI-11	Eli	Branco	Albufeira	61	37° 5'23.33"N	8°17'27.03"W
OFI-12	Ovd	Laranja	Cacela-a-Velha	20	37° 9'22.50"N	7°32'47.98"W
OFI-13	Ovd	Laranja	Monforte da Beira	260	39°45'8.34"N	7°16'54.83"W
OFI-14	Ovd	Laranja	Idanha-a-Velha	275	39°59'57.30"N	7° 9'3.51"W
OFI-15	Eli	Branco	Ponte de Sor	125	39°16'15.45"N	8° 0'44.72"W
OFI-16	Eli	Branco	Biscainho, Coruche	76	38°54'40.93"N	8°37'17.00"W
OFI-17	Eli	Branco	Castelo Branco	402	39°48'58.84"N	7°29'37.85"W
OFI-18	Eli	Branco	Reg. Monsaraz	223	38°27'27.04"N	7°39'21.77"W
OFI-19	Eli	Branco	Concavada, Alvega	105	39°27'15.96"N	8° 3'51.88"W
OFI-20	Ovd	Laranja	Madeira	116	32°38'54.18"N	16°57'46.38"W
OFI, cv. 'Bianca'	Eli	Branco	Itála	--	--	--
OFI, cv. 'Giala'	Ovd	Laranja	Itála	--	--	--
OFI, cv. 'Rossa'	Eli	Vermelho	Itála	--	--	--
<i>O. robusta</i>	Arr	Vermelho	Castelo Branco	365	39°49'17.00"N	7°27'41.00"W
<i>O. dillenii</i> , OD-1	Eli	Púrpura	Lagos	48	37° 8'42.24"	8°40'33.42"W
<i>O. dillenii</i> , OD-2	Eli	Púrpura	Cacela-a-Velha	20	37° 9'22.50"N	7°32'47.98"W
<i>O. elata</i>	Obl	Púrpura	S. João da Pesqueira	450	41° 9'5.83"N	7°22'5.43"W

OFI – *Opuntia ficus-indica*; Eli – Elítico; Obl – oblongo; Ovd – Ovoide; Arr – Arredondado.

Tabela 2. Compostos bioativos em sumos de frutos de diferentes populações de *Opuntia* spp. Os valores apresentados são a média \pm desvio padrão (n=3 e cada amostra foi analisada em triplicado).

População	Ácido ascórbico (mg/100g FW)	Fenóis totais (mg GAE/100g FW)	Betalaínas	
			Betaxantinas (mg/L)	Betacianinas (mg/L)
OFI-01	20.42 \pm 1.79	82.70 \pm 1.73	5.83 \pm 0.07	6.82 \pm 0.05
OFI-03	20.42 \pm 3.26	67.27 \pm 0.69	5.86 \pm 0.51	6.86 \pm 0.47
OFI-04	24.27 \pm 0.65	65.00 \pm 2.61	6.00 \pm 0.66	6.48 \pm 0.12
OFI-05	20.18 \pm 0.52	63.07 \pm 1.25	44.72 \pm 6.57	9.87 \pm 1.43
OFI-08	19.88 \pm 1.79	86.33 \pm 1.92	5.14 \pm 0.16	6.14 \pm 0.11
OFI-09	25.27 \pm 2.09	83.38 \pm 2.30	5.58 \pm 0.28	6.54 \pm 0.38
OFI-11	22.43 \pm 1.12	82.21 \pm 4.45	5.46 \pm 0.22	6.50 \pm 0.33
OFI-12	20.63 \pm 1.43	63.39 \pm 2.81	50.99 \pm 9.06	8.27 \pm 1.63
OFI-13	20.16 \pm 0.33	64.19 \pm 2.09	46.39 \pm 1.09	6.63 \pm 0.24
OFI-14	24.18 \pm 1.16	82.90 \pm 4.49	63.25 \pm 4.67	12.38 \pm 3.28
OFI-15	23.07 \pm 1.59	89.09 \pm 2.85	6.11 \pm 1.22	7.19 \pm 1.48
OFI-16	34.41 \pm 1.33	88.69 \pm 2.89	6.67 \pm 0.35	7.82 \pm 0.82
OFI-17	24.79 \pm 0.73	79.57 \pm 5.34	6.37 \pm 0.37	7.35 \pm 0.38
OFI-18	27.83 \pm 0.52	85.04 \pm 1.58	6.26 \pm 0.86	7.63 \pm 1.33
OFI-19	22.38 \pm 1.19	98.10 \pm 6.75	5.50 \pm 0.11	6.47 \pm 0.04
OFI-20	18.03 \pm 0.74	73.44 \pm 11.80	41.25 \pm 4.76	5.06 \pm 0.36
OFI, cv. 'Bianca'	29.99 \pm 2.79	87.02 \pm 3.99	5.87 \pm 0.34	6.77 \pm 0.39
OFI, cv. 'Giala'	21.95 \pm 2.05	61.70 \pm 1.27	40.97 \pm 7.06	9.79 \pm 0.67
OFI, cv. 'Rossa'	20.69 \pm 1.21	78.56 \pm 1.42	51.05 \pm 5.05	84.17 \pm 8.99
<i>O. robusta</i>	22.22 \pm 2.84	98.28 \pm 0.93	211.25 \pm 1.55	434.81 \pm 1.68
<i>O. dillenii</i> , OD-1	54.16 \pm 4.81	379.03 \pm 45.89	575.93 \pm 58.36	1516.98 \pm 120.15
<i>O. dillenii</i> , OD-2	45.63 \pm 2.22	340.39 \pm 18.31	778.56 \pm 39.56	1675.36 \pm 130.01
<i>O. elata</i>	89.69 \pm 3.94	287.93 \pm 8.35	35,51 \pm 9.07	117.99 \pm 1.15

OFI – *Opuntia ficus-indica*; GAE – Equivalentes de ácido gálico; FW – Peso fresco.