

# A influência da radiação por feixe de elétrons na composição nutricional de flores comestíveis de *Bauhinia variegata* L. provenientes do Brasil

## The influence of electron beam radiation on the nutritional composition of edible flowers of *Bauhinia variegata* L. from Brazil

Sandrina A. Heleno<sup>1</sup>, Anna L.C.H. Villavicencio<sup>2</sup>, Lillian Barros<sup>1</sup> e Isabel C.F.R. Ferreira<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigação de Montanha (CI MO), ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 1172, 5301-855 Bragança, Portugal

<sup>2</sup>Nuclear and Energy Research Institute, National Commission of Nuclear Energy, IPEN/CNEN-SP, Av. Professor Lineu Prestes 2242, Butantã, 05508-000 São Paulo, Brasil

(\*E-mail: iferreira@ipb.pt)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16236>

Recebido/received: 2016.12.22

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.02.17

Aceite/accepted: 2014.02.20

### RESUMO

No presente estudo, flores de *Bauhinia variegata* L. foram submetidas a radiação por feixe de elétrons em diferentes doses (0,5 e 0,8 kGy) para efeitos de descontaminação e, seguidamente, analisadas em termos de parâmetros nutricionais: composição centesimal (humidade, proteínas, gordura, hidratos de carbono e cinza), perfil em açúcares livres (determinados por HPLC-RI) e em ácidos gordos (analisados por GC-FID) a fim de analisar a influência da radiação por feixe de elétrons nas propriedades nutricionais das amostras. O teor em cinza aumentou ligeiramente com o aumento da dose de irradiação assim como o teor em hidratos de carbono. O teor em proteínas diminuiu nas amostras irradiadas e o teor em gordura diminuiu nas amostras irradiadas a 0,5 Kgy. O conteúdo em frutose, glucose e sacarose manteve-se sem alterações significativas, pelo que o teor em açúcares totais também não sofreu alterações. A percentagem de *SFA* e *MUFA* diminuiu com a dose de 0,8 kGy, contrariamente ao teor em *PUFA* que aumentou nas amostras irradiadas com 0,8 kGy. O processo de irradiação não afetou grandemente as características nutricionais, podendo ser útil na descontaminação de flores comestíveis.

**Palavras-chave:** *Bauhinia variegata* L., radiação por feixe de elétrons, valor nutricional.

### ABSTRACT

In the present study, flowers of *Bauhinia variegata* L. were submitted to electron beam radiation at different doses (0.5 and 0.8 kGy) for decontamination purposes and then analysed in terms of nutritional parameters: centesimal composition (moisture, proteins, fat, carbohydrates and ash), profile in free sugars (Determined by HPLC-RI) and fatty acids (analysed by GC-FID) in order to study the influence of electron-beam radiation on the nutritional properties of the flower samples. The ash content increased with the increasing in the irradiation dose as also the content in carbohydrates. The proteins content decreased in the irradiated samples and the fat content decreased in samples irradiated at 0.5 kGy. The fructose, glucose and sucrose contents were maintained without significant differences, thus causing no alteration in total sugars content. The percentage of *SFA* and *MUFA* decreased at 0.8 kGy, contrarily to the content in *PUFA* that increased with the dose of 0.8 kGy. The irradiation process did not greatly affect nutritional characteristics and could be useful in decontamination of edible flowers.

**Keywords:** *Bauhinia variegata* L., electron beam radiation, nutritional value.

## INTRODUÇÃO

Desde há muitos anos que a utilização de flores comestíveis na culinária se tornou uma prática comum, uma vez que conferem uma melhor qualidade sensorial e nutricional aos alimentos, para além do aspeto visual atrativo (Mlcek e Rop, 2011; Koike *et al.*, 2015).

Para além destas características, as flores comestíveis são também ricas em diferentes nutrientes e compostos bioativos, como proteínas, hidratos de carbono, açúcares, ácidos orgânicos, terpenóides, carotenóides, flavonóides e vitaminas (Mlcek *et al.*, 2011). Devido à presença de compostos bioativos, especialmente flavonóides, as flores comestíveis também são descritas como tendo bioatividades diferentes, tais como antioxidante (Mao *et al.*, 2006; Kumar *et al.*, 2009), anti-hipertensiva (Xie e Zhang, 2012), antibacteriana (Ammar *et al.*, 2015), antitumoral (Sagdic *et al.*, 2013), entre outras.

A *Bauhinia variegata* L. é uma árvore muito disseminada no Brasil, sendo as suas flores grandes e de coloração lilás na variedade mais comum. Estas flores são vulgarmente conhecidas como “pata-de-vaca”, sendo comestíveis e muito utilizadas em saladas e na decoração de vários pratos nas cozinhas Gourmet. A *B. variegata* está também descrita na literatura como tendo diferentes propriedades bioativas, especialmente no tratamento da *Diabetes mellitus* (Cunha *et al.*, 2010), sendo as folhas amplamente utilizadas como um antidiabético na medicina tradicional (Yeh *et al.*, 2003; Volpato *et al.*, 2008). Para além da sua ação na *Diabetes mellitus*, *B. variegata* revela também fortes propriedades antioxidantes, devido à presença de compostos fenólicos, nomeadamente kaempferol e quercetina *O*-glicosídeo isolado das folhas (Pinheiro *et al.*, 2006). No entanto, estas flores são altamente perecíveis, sofrendo oxidação e sendo facilmente contaminadas por microrganismos que comprometem a integridade dos nutrientes e dos compostos bioativos presentes diminuindo a sua atratividade.

A prevenção da deterioração dos alimentos e o controlo de infeções através de microrganismos têm sido uma importante área de preocupação ao longo do tempo, pelo que a irradiação dos

alimentos se tornou numa possível técnica de descontaminação para melhorar a qualidade, reduzir a incidência de doenças veiculadas por alimentos, descontaminar pragas, insetos ou parasitas responsáveis pela deterioração dos alimentos e toxicidade (Koike *et al.*, 2015).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Amostras*

As flores de *Bauhinia variegata* L. foram obtidas em São Paulo, Brasil. Após confirmação da sua identificação taxonómica, as amostras foram liofilizadas e moídas para posterior análise.

### *Irradiação das amostras*

O processamento por radiação foi realizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, São Paulo, SP – Brasil. As amostras foram irradiadas utilizando um irradiador de feixe de eletrões (acelerador de eletrões Radiation Dynamics Co. modelo JOB, New York, EUA, 1,5 MeV máquina eBeam), usando uma potência de 1,400 MeV; 100 cm e velocidade de 6,72 m/min, com doses de 0,5 e 0,8 kGy. A taxa de dose aplicada foi entre 2,23 e 22,37 kGy/s e a corrente elétrica entre 0,3 e 3,2 mA.

### *Avaliação da composição nutricional*

#### Determinação de macronutrientes

A composição em proteínas, lípidos, hidratos de carbono e cinza foi analisada de acordo com os procedimentos AOAC (2012). O teor de proteínas (N×6,25) presente nas amostras foi estimado pelo método macro-Kjeldahl; o teor de lípidos foi determinado pelo método de Soxhlet; a cinza foi obtida por incineração a 600±15°C; os hidratos de carbono foram calculados por diferença, a partir dos outros parâmetros referidos (hidratos de carbono = 100 – proteínas – cinza-lípidos). A energia total foi calculada através da seguinte equação: Energia (kcal/100g) = 4 × (% proteínas + % hidratos de carbono) + 9 × (lípidos).

### Determinação de açúcares livres

Os açúcares livres foram extraídos a partir de 1,5 g de flor liofilizada com etanol 80% a 80°C durante 60 min. Seguidamente, as amostras foram concentradas no evaporador rotativo, lavadas com éter dietílico, concentradas novamente e redissolvidas em água até um volume final de 5 mL. Após filtração, através de membrana filtrante de 0,22 µm as amostras foram analisadas por HPLC consistindo num sistema integrado com uma bomba (sistema Knauer, Smartline 1000, Berlim, Alemanha), um sistema de degaseificação (Smartline manager 5000) e injetor automático (AS-2057 Jasco, Easton, MD, EUA), acoplado a um detetor de índice de refração (RI Knauer Smartline 2300). A identificação e quantificação de açúcares livres foram conseguidas por comparação dos tempos de retenção relativos dos compostos da amostra com os padrões comerciais utilizando rafinose como padrão interno. Os dados foram analisados utilizando o software Clarity 2.4 (Data Apex, Praga, República Checa).

### Determinação de ácidos gordos

Os ácidos gordos foram determinados por cromatografia gasosa após um processo de transesterificação: os ácidos gordos foram metilados com metanol:ácido sulfúrico:tolueno 2:1:1 (v:v:v), durante 12 h num banho a 50°C e a 160 rpm. Adicionou-se água desionizada; recuperou-se a mistura de FAME (ésteres metílicos dos ácidos gordos) adicionando éter dietílico. As amostras foram filtradas com um filtro de nylon da Milipore 0,2 µm e injetadas no GC (DANI GC 1000) equipado com um injetor split/splitless, um detetor de ionização de chama (FID) a 260°C e uma coluna Macherey-Nagel (Duren, Alemanha) (50% cianopropil-metil – 50% fenilmetilpolisiloxano, 30mx0.32mm i.d.x 0.25 lm df). A temperatura do forno foi programada nas seguintes condições de operação: temperatura inicial da coluna a cerca de 50°C e mantida durante 2 min; de seguida a temperatura subiu a 30°C/min até atingir os 125°C, de seguida subiu a 5°C/min até atingir os 160°C, 20°C min até aos 180°C, 3°C/min até aos 200°C, 20°C até aos 220°C, mantendo-se durante 15 min. O hidrogénio foi o gás de arraste com um fluxo de 4,0 mL/min (0,61 bar) a 50°C. A injeção das amostras decorreu à temperatura de 250°C.

A identificação dos ácidos gordos nas amostras foi feita por comparação dos seus tempos de retenção com os dos picos dos FAME (padrões). Os resultados foram registrados e processados com o programa CSW 1.7 (DataApex 1.7) e expressos em percentagem relativa de cada ácido gordo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados relativos à composição das amostras irradiadas e não irradiadas (controlo) são apresentados no Quadro 1. As amostras controlo e as amostras irradiadas revelaram um perfil ligeiramente diferente nalguns parâmetros. No entanto em termos globais, os hidratos de carbono foram os nutrientes mais abundantes, seguidos das proteínas, minerais (cinza) e lípidos. Relativamente aos açúcares, as amostras mostraram também um perfil semelhante, tendo sido identificados: a frutose, em maior quantidade, seguida da glucose e da sacarose. Os ácidos gordos: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1n9), linoleico (C18:2n6) e  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3) foram os mais abundantes nas amostras em estudo, tendo sido identificados mais 16 ácidos gordos menos abundantes. Os ácidos gordos polinsaturados (*PUFA*) foram maioritários, seguidos dos saturados (*SFA*) e monoinsaturados (*MUFA*). Também, neste caso, as amostras revelaram uma composição muito idêntica.

Relativamente ao efeito da irradiação comparativamente com as amostras não irradiadas (controlos) verificou-se que os teores em cinza e hidratos de carbono aumentaram à medida que foi aumentada a dose de irradiação. No entanto o teor em proteínas, diminuiu com a aplicação da irradiação enquanto o teor de gordura diminuiu apenas na amostra irradiada a 0,5 kGy. Estes resultados foram também verificados por Pereira *et al.* (2015), para *Melittis melissophyllum* L. e podem ser devido à perturbação da estrutura ordenada e degradação das cadeias polipeptídicas das proteínas, causadas pela formação de radicais de oxigénio durante o processo de irradiação (Moon & Song, 2001).

Considerando os açúcares, a quantidade de frutose, glucose e sacarose manteve-se sem alterações significativas com o aumento da dose de irradiação pelo que o teor em açúcares totais também

**Quadro 1** - Valor nutricional, açúcares livres e ácidos gordos identificados em amostras de *Bauhinia variegata* L. provenientes do Brasil

Composição nutricional (g/100 g)	0 kGy	0,5 kGy	0,8 kGy
Cinza	4,95±0,06 <sup>ab</sup>	4,92±0,03 <sup>b</sup>	5,04±0,06 <sup>a</sup>
Hidratos de carbono	83,83±0,90 <sup>b</sup>	85,04±0,33 <sup>a</sup>	85,09±0,02 <sup>a</sup>
Proteínas	8,41±1,04 <sup>a</sup>	7,74±0,14 <sup>ab</sup>	7,07±0,03 <sup>b</sup>
Lípidos	2,81±0,16 <sup>a</sup>	2,30±0,07 <sup>b</sup>	2,80±0,01 <sup>a</sup>
Energia (kcal/100 g)	394,25±1,00 <sup>a</sup>	391,82±1,17 <sup>b</sup>	393,84±0,33 <sup>a</sup>
<b>Açúcares livres (g/100 g)</b>			
Frutose	11,30±0,87 <sup>a</sup>	11,47±0,06 <sup>a</sup>	12,13±0,49 <sup>a</sup>
Glucose	7,39±0,80 <sup>a</sup>	7,72±0,25 <sup>a</sup>	7,89±0,13 <sup>a</sup>
Sacarose	1,87±0,12 <sup>a</sup>	1,88±0,02 <sup>a</sup>	1,91±0,12 <sup>a</sup>
Total de açúcares	20,56±1,79 <sup>a</sup>	21,07±0,20 <sup>a</sup>	21,93±0,73 <sup>a</sup>
<b>Ácidos gordos (percentagem relativa)</b>			
C16:0	16,80±0,01 <sup>b</sup>	17,70±0,86 <sup>a</sup>	15,42±0,11 <sup>c</sup>
C18:0	7,56±0,36 <sup>a</sup>	7,21±0,19 <sup>a</sup>	7,21±0,02 <sup>a</sup>
C18:1n9	3,87±0,68 <sup>a</sup>	3,11±0,70 <sup>ab</sup>	2,71±0,00 <sup>b</sup>
C18:2n6	36,60±0,95 <sup>a</sup>	36,67±0,41 <sup>a</sup>	36,13±0,04 <sup>a</sup>
C18:3n3	24,58±0,71 <sup>b</sup>	24,69±1,90 <sup>b</sup>	27,64±0,18 <sup>a</sup>
SFA	33,92±0,96 <sup>a</sup>	35,14±0,82 <sup>a</sup>	32,36±0,11 <sup>b</sup>
MUFA	4,56±0,73 <sup>a</sup>	3,95±0,32 <sup>ab</sup>	3,29±0,01 <sup>b</sup>
PUFA	61,52±0,69 <sup>b</sup>	60,91±1,14 <sup>b</sup>	64,35±0,11 <sup>a</sup>

Os resultados estão expressos numa base de massa seca. Ácido palmítico (C16:0); Ácido esteárico (C18:0); Ácido oleico (C18:1n9); Ácido linoleico (C18:2n6); Ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3); a diferença para 100% corresponde a outros 16 ácidos gordos menos abundantes. SFA- Ácidos gordos saturados; MUFA- Ácidos gordos monoinsaturados; PUFA- Ácidos gordos polinsaturados. Em cada linha, letras diferentes significam diferenças significativas entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

não alterou. No que concerna os ácidos gordos, a percentagem de SFA e MUFA diminuiu com a dose de 0.5 kGy devido à diminuição do teor em ácido palmítico (C16:0) e oleico (C18:1n9), respectivamente, contrariamente ao conteúdo em PUFA que aumentou devido ao aumento do teor em ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3). Estes resultados também de acordo com o verificado por Pereira *et al.* (2015) onde ocorre também um aumento de PUFA nas amostras sujeitas a irradiação.

## CONCLUSÕES

Analisando os resultados, verifica-se que não houve efeitos negativos das doses de radiação aplicadas às amostras analisadas, uma vez que as alterações verificadas não são consideráveis para causar perda das características nutricionais das amostras.

Em suma, pode concluir-se que o processo de irradiação por feixe de eletrões nas doses estudadas pode ser uma ferramenta útil na descontaminação de alimentos uma vez que não há prejuízo das características das amostras.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pelo apoio financeiro ao CIMO (PEst-OE/AGR/UI0690/2014) e Sandrina A. Heleno (SFRH/BPD/101413/2014). Este estudo está incluído no projeto bilateral CNPq-FCT, Portugal/Brasil 2014.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (2012). *Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL*. (19<sup>th</sup> ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC INTERNATIONAL. [http://www.aoac.org/AOAC\\_Prod\\_Imis/AOAC\\_Docs/OMA/OMA19Revisions.pdf?WebsiteKey=2e25ab5a-1f6d-4d78-a498-19b9763d11b4&=404%3bhttp%3a%2f%2fwww.aoac.org%3a80%2faaac\\_prod\\_imis%2fAOAC%2fAOAC\\_Docs%2fOMA%2fOMA19Revisions.pdf](http://www.aoac.org/AOAC_Prod_Imis/AOAC_Docs/OMA/OMA19Revisions.pdf?WebsiteKey=2e25ab5a-1f6d-4d78-a498-19b9763d11b4&=404%3bhttp%3a%2f%2fwww.aoac.org%3a80%2faaac_prod_imis%2fAOAC%2fAOAC_Docs%2fOMA%2fOMA19Revisions.pdf)
- Ammar, I.; Bardaa, S.; Mzid, M.; Sahnoun, Z.; Rebaï, T.; Attia, H. & Ennouri, M. (2015) – Antioxidant, antibacterial and in vivo dermal wound healing effects of *Opuntia* flower extracts. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 81, p. 483-490. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.08.039>
- Cunha, A.M.; Menon, S.; Menon, R.; Couto, A.G.; Urger, C.B & Biavatti, M.W. (2010) – Hypoglycemic activity of dried extracts of *Bauhinia forficata* Link. *Phytomedicine*, vol. 17, n. 1, p. 37-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2009.06.007>
- Koike, A.; Barreira, J.C.M.; Barros, L.; Santos-Buelga, C.; Villavicencio, A.L.C.H. & Ferreira, I.C.F.R. (2015) – Irradiation as a novel approach to improve quality of *Tropaeolum majus* L. flowers: Benefits in phenolic profiles and antioxidant activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 30, p. 138-144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.009>
- Kumar, N.; Bhandari, P.; Singh, B. & Bari, S.S. (2009) – Antioxidant activity and ultra-performance LC-electrospray ionization quadrupole time-of-flight mass spectrometry for phenolics-based fingerprinting of Rose species: *Rosa damascena*, *Rosa bourboniana* and *Rosa brunonii*. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 47, n. 2, p. 361-367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2008.11.036>
- Mao, L.C.; Pan, X.; Que, F. & Fang, X. H. (2006) – Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze dried daylily flowers. *European Food Research and Technology*, vol. 222, n. 3, p. 236-241. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-005-0007-0>
- Mlcek, J. & Rop, O. (2011) – Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 22, n. 10, p. 561-569. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.006>
- Moon, S., & Song, K.B. (2001) – Effect of  $\gamma$ -irradiation on the molecular properties of ovalbumin and ovomucoid and protection by ascorbic acid. *Food Chemistry*, vol. 74, n. 4, p. 479-483. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00166-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00166-2)
- Pereira, E.; Antonio, A.L.; Rafalski, A.; Barreira, J.C.M.; Barros, L. & Ferreira, I.C.F.R. (2015) – Extending the use of irradiation to preserve chemical and bioactive properties of medicinal and aromatic plants: A case study with four species submitted to electron beam. *Industrial Crops and Products*, vol. 77, p. 972-982. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.073>
- Pinheiro, T.S.D.B.; Johansson, L.A.P.; Pizzolatti, M.G. & Biavatti, M.W. (2006) – Comparative assessment of kaempferitrin from medicinal extracts of *Bauhinia forficata* Link. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 41, n. 2, p. 431-436. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2005.12.010>
- Sagdic, O.; Ekici, L.; Ozturk, I.; Tekinay, T.; Polat, B.; Tastemur, B.; Bayram, O. & Senturk, B. (2013) – Cytotoxic and bioactive properties of different colour tulip flowers and degradation kinetic of tulip flower anthocyanins. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 58, p. 432-439. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.05.021>
- Volpato, G.T.; Damasceno, D.C.; Rudge, M.V.C.; Padovani, C.R. & Calderon, I.M.P. (2008) – Effect of *Bauhinia forficata* aqueous extract on the maternal-fetal outcome and oxidative stress biomarkers of streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 116, n. 1, p. 131-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.013>
- Xie, Y. & Zhang, W. (2012) – Antihypertensive activity of *Rosa rugosa* Thunb. flowers: Angiotensin I converting enzyme inhibitor. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 144, n. 3, p. 562-566. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2012.09.038>
- Yeh, G.Y.; Eisenberg, D.M.; Kaptchuk, T.J. & Phillips, R.S. (2003) – Systematic review of herbs and dietary supplements for glycemic control in diabetes. *Diabetes Care*, vol. 26, n. 4, p. 1277-1294. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.4.1277>