

Irradiação gama como uma alternativa segura para preservar as características químicas e bioativas de plantas utilizadas para fins terapêuticos

Gamma irradiation as a safe alternative to preserve the chemical and bioactive characteristics of plants used for therapeutic purposes

Eliana Pereira, Amilcar L. António, João C.M. Barreira, Lillian Barros, Albino Bento e Isabel C.F.R. Ferreira

Revista de Ciências Agrárias

Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal

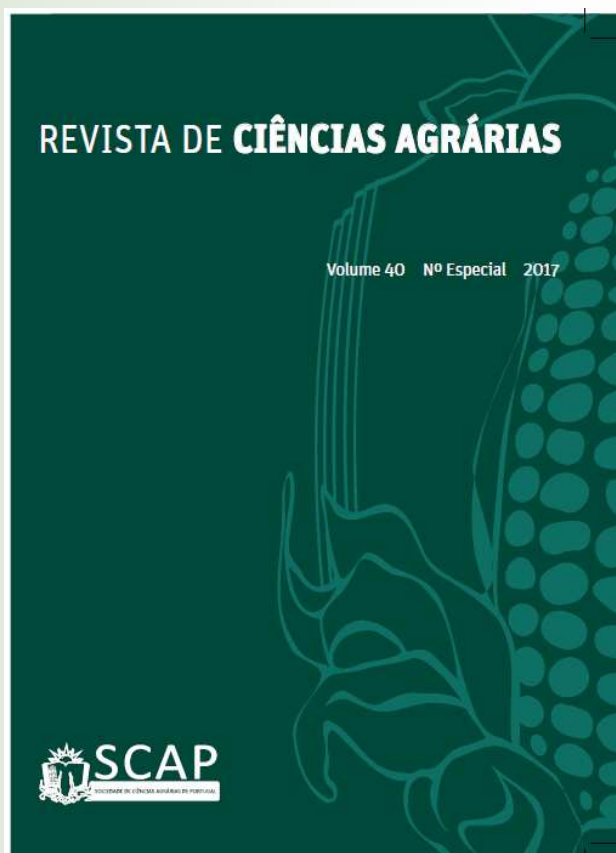
ISSN 0871-018 X (impressão/print)

ISSN 2183-041X (Online)

Volume 40, Nr. ESPECIAL (2017)

Rev. Ciênc. Agr. (2017), vol. 40, n. sp, p. 174-181

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16226>



Irradiação gama como uma alternativa segura para preservar as características químicas e bioativas de plantas utilizadas para fins terapêuticos

Gamma irradiation as a safe alternative to preserve the chemical and bioactive characteristics of plants used for therapeutic purposes

Eliana Pereira¹, Amílcar L. António^{1,2}, João C.M. Barreira¹, Lillian Barros¹, Albino Bento¹ e Isabel C.F.R. Ferreira^{1,*}

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO), ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campos de Santa Apolónia, 1172, 5301-855 Bragança, Portugal

²Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares, IST, Universidade de Lisboa, Portugal

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

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16226>

Recebido/received: 2016.12.22

Aceite/accepted: 2017.03.06

RESUMO

As plantas usadas pela indústria requerem tecnologias de conservação e descontaminação eficazes a fim de garantir a sua utilização nas melhores condições. A irradiação é uma tecnologia capaz de descontaminar as plantas, mantendo as propriedades químicas, organolépticas, nutricionais e bioativas. Neste estudo avaliaram-se os efeitos da irradiação gama relativamente nas propriedades químicas, nutricionais e antioxidantes de várias plantas aromáticas e medicinais.

Em geral, uma comparação entre as amostras não-irradiadas (controlo) e irradiadas mostrou que o tratamento por irradiação não causou alterações suficientes para definir um perfil químico específico. Assim, a irradiação gama (até 10 kGy) é uma tecnologia viável para as espécies estudadas.

Palavras-chave: irradiação gama, composição química/nutricional, atividade antioxidante, análise de componentes principais.

ABSTRACT

Plants used by the industry require effective conservation and decontamination technologies in order to ensure their use in the best conditions. Irradiation is a technology for plants decontamination that maintains their chemical, organoleptic, nutritional and bioactive properties. This study evaluated the effects of gamma irradiation on chemical, nutritional and antioxidants properties of several medicinal and aromatic plants. In general, a comparison between non-irradiated (control) and irradiated samples showed that irradiation treatment did not originate a specific chemical profile. Thus, gamma irradiation (up to 10 kGy) is a viable technology for the studied species.

Keywords: gamma irradiation, chemical/nutritional composition; antioxidant activity, principal component analysis.

INTRODUÇÃO

As plantas têm sido utilizadas por todo o mundo não só como alimento, mas também em diversas aplicações terapêuticas (Hayta *et al.*, 2014). A presença de compostos bioativos confere a estas matrizes um grande potencial na prevenção e/ou tratamento de diversas doenças (infecciosas e não infecciosas). Por outro lado, a diversidade de biomoléculas permite

a sua aplicação em diversas áreas, sendo utilizadas não só na indústria alimentar, como também na indústria farmacêutica servindo como ingredientes em formulações de alimentos funcionais e nutracêuticos (Ramarathnam *et al.*, 1995; Small *et al.*, 1996; Škerget *et al.*, 2005).

Aloysia citrodora P., *Melissa officinalis* L., *Melittis melissophyllum* L. e *Mentha piperita* L. são plantas

aromáticas e medicinais amplamente consumidas sob a forma de infusões, sendo também incluídas como ingredientes em outros produtos alimentares (por exemplo, saladas, molhos, marinadas, sorvetes, geleias, queijo, etc.) (Kapp *et al.*, 2013). Além da sua aplicabilidade na indústria alimentar, são também usadas para fins medicinais, uma vez que atuam terapêuticamente em distúrbios do sistema gastrointestinal e nervoso, exibindo propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias (Rosa *et al.*, 1995; Ragone *et al.*, 2007; Skrzypczak-Pietraszeka e Pietraszek, 2012).

Os elevados parâmetros de rigor seguidos pela indústria na aquisição de matérias-primas de boa qualidade obriga a que as plantas passem por processos de descontaminação (Kausar *et al.*, 2013). São várias as técnicas utilizadas para este fim, no entanto são múltiplas as desvantagens de algumas delas, desde a proibição em alguns países (devido a fatores que podem colocar a saúde dos consumidores em risco), à taxa reduzida de sucesso na descontaminação e aos danos causados no meio ambiente (Byun *et al.*, 1999). A irradiação é uma metodologia credenciada para ingredientes secos sendo cada vez mais reconhecida em todo o mundo. Para além de ser eficiente na conservação reduzindo perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento, maturação e senescência), também elimina ou reduz microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer modificação (química ou organoléptica) ao alimento, tornando-o mais seguro para o consumidor (Sadecka, 2007; Nagy *et al.*, 2011). Neste processo os alimentos são expostos a radiação ionizante de alta energia (em dose e tempo controlados) com a finalidade de melhorar a segurança dos alimentos pela inativação de microrganismos patogénicos (Sadecka, 2007). A irradiação gama foi aprovada como um método de controlo microbiano e desinfestação de vários produtos alimentares pela *Food and Drug Administration* (FDA), destacando-se das restantes técnicas por ser um procedimento técnica e economicamente viável, bem como fisicamente seguro, com um potente efeito antimicrobiano (Mizani *et al.*, 2009).

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar os efeitos da radiação gama (doses: 1 e 10 kGy) nas propriedades químicas, nutricionais e antioxidantes das plantas referidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Todas as amostras foram fornecidas pela empresa PRAGMÁTICO AROMA LDA., de Alfândega da Fé, Bragança (Portugal), no seu estado seco, em 2013.

As amostras secas foram reduzidas a pó, divididas em três grupos: controlo (não irradiado, 0 kGy), grupo 1 e grupo 2, em que se aplicou 1 kGy e 10 kGy como doses de radiação, respetivamente.

A irradiação foi realizada seguindo um procedimento previamente descrito pelos autores (Pereira *et al.*, 2014). Após irradiação, as amostras foram submetidas a análises laboratoriais para avaliação do valor nutricional (proteínas, cinzas, gordura e valor energético), composição em moléculas hidrofílicas (açúcares e ácidos orgânicos) e lipofílicas (ácidos gordos e tocoferóis), seguindo metodologias descritas pelos autores (Pereira *et al.*, 2015). A atividade antioxidante de extratos aquosos (preparados por infusão) e metanólicos (preparados por maceração) foi avaliada através de ensaios de atividade captadora de radicais livres, poder redutor e inibição da peroxidação lipídica, previamente descritos por Pereira *et al.* (2015).

Para cada dose de irradiação e espécies de plantas, foram utilizadas três amostras independentes. Os dados foram expressos como média \pm desvio padrão. Todos os testes estatísticos (ANOVA) foram realizados de acordo com o descrito em Pereira *et al.* (2015), a um nível de significância de 5% usando o IBM SPSS Statistics para Windows, versão 22.0. (IBM Corp., EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relativamente ao valor nutricional o efeito da irradiação gama foi significativo em todos os parâmetros ($p < 0,05$), exceto no teor de cinzas de *M. officinalis* (Quadros 1 a 4; informação mais detalhada pode ser consultada numa publicação dos autores (Pereira *et al.*, 2015). Apesar das variações detetadas, não foi possível identificar nenhuma tendência geral, exceto no teor de proteína, que tende a aumentar em amostras irradiadas com 10 kGy em todas as espécies. Este aumento pode estar relacionado com os processos químicos (cisão

Quadro 1 - Composição química, nutricional e atividade antioxidante de *Melissa officinalis* L. submetida a diferentes doses de radiação gama

	0 kGy	1 kGy	10 kGy	
Valor nutricional				
Gordura (g/100 g)	1.2±0.1 ^b	1.9±0.1 ^a	1.8±0.1 ^a	
Proteínas (g/100 g)	2.5±0.3 ^b	7±1 ^a	6±1 ^a	
Cinzas (g/100 g)	8.4±0.4	8.1±0.3	8.4±0.2	
Hidratos de carbono (g/100 g)	88±1 ^a	83±1 ^b	83±1 ^b	
Energia (kcal/100 g)	372±2 ^c	377±1 ^a	376±1 ^b	
Açúcares (g/100 g)				
Frutose	1.2±0.1 ^b	1.4±0.1 ^a	1.3±0.1 ^{ab}	
Glucose	1.0±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	
Sacarose	4.8±0.2 ^c	5.4±0.2 ^b	5.6±0.2 ^a	
Trealose	4.8±0.2 ^c	5.4±0.2 ^b	5.6±0.2 ^a	
Açúcares totais	7.5±0.2 ^c	8.4±0.3 ^b	8.8±0.4 ^a	
Ácidos orgânicos (g/100 g)				
Oxálico	0.5±0.1 ^a	0.5±0.1 ^a	0.5±0.1 ^a	
Quínico	0.26±0.04 ^a	0.23±0.03 ^a	0.24±0.04 ^a	
Málico	0.4±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	
Shikímico	4.1±0.2 ^a	4.1±0.4 ^a	4.1±0.4 ^a	
Ácidos orgânicos totais	5.3±0.3 ^a	5.3±0.4 ^a	5.3±0.4 ^a	
Tocoferóis (mg/100 g)				
α- Tocoferol	29±1 ^b	33±1 ^a	29±1 ^b	
β- Tocoferol	1.3±0.1 ^a	1.1±0.1 ^b	0.9±0.1 ^c	
γ- Tocoferol	1.5±0.1 ^b	1.8±0.1 ^a	1.7±0.1 ^a	
δ- Tocoferol	0.37±0.05 ^b	0.38±0.05 ^b	0.49±0.05 ^a	
Tocoferóis totais	32±1 ^b	37±1 ^a	33±1 ^b	
Ácidos gordos (percentagem relativa)				
SFA	41.2±0.5 ^a	39.7±0.2 ^b	38.7±0.2 ^c	
MUFA	6.2±0.2 ^a	6.0±0.1 ^b	5.6±0.1 ^c	
PUFA	52.6±0.5 ^c	54.3±0.1 ^b	55.7±0.2 ^a	
Atividade antioxidante (µg/mL)				
Atividade captadora de radicais DPPH	Extrato aquoso	101±3 ^b	101±1 ^b	107±2 ^a
	Extrato metanólico	67±1 ^b	73±3 ^a	73±2 ^a
Poder redutor	Extrato aquoso	80±1 ^b	75±1 ^c	103±1 ^a
	Extrato metanólico	44±1 ^c	48±1 ^b	55±1 ^a
Inibição da descoloração do β-caroteno	Extrato aquoso	165±4 ^a	130±5 ^c	135±2 ^b
	Extrato metanólico	125±3 ^a	113±2 ^b	109±2 ^c
Fenóis totais (EAG/g extrato)	Extrato aquoso	100±1 ^c	108±2 ^a	104±2 ^b
	Extrato metanólico	829±6 ^a	786±22 ^b	742±8 ^c
Flavonoides (EC/g extrato)	Extrato aquoso	63±1 ^c	69±1 ^a	65±1 ^b
	Extrato metanólico	448±4 ^b	498±11 ^a	417±4 ^c

Valores expressos em base de massa seca. Em cada linha, os valores com letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas (p < 0,05). SFA- ácidos gordos saturados; MUFA- ácidos gordos monoinsaturados; PUFA- ácidos gordos polinsaturados. DPPH- 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo. EAG- equivalentes de ácido gálico; EC- equivalentes de catequina.

Quadro 2 - Composição química, nutricional e atividade antioxidante de *Aloysia citrodora* P. submetida a diferentes doses de radiação gama

	0 kGy	1 kGy	10 kGy	
Valor nutricional				
Gordura (g/100 g)	1.6±0.1 ^b	2.1±0.1 ^a	1.7±0.1 ^b	
Proteínas (g/100 g)	3.0±0.1 ^a	1.8±0.1 ^b	3.0±0.2 ^a	
Cinzas (g/100 g)	8.2±0.1 ^b	8.5±0.3 ^a	8.6±0.2 ^a	
Hidratos de carbono (g/100 g)	87.1±0.1 ^b	87.6±0.4 ^a	86.7±0.1 ^c	
Energia (kcal/100 g)	375±1 ^b	377±1 ^a	374±1 ^c	
Açúcares (g/100 g)				
Frutose	1.0±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	
Glucose	1.3±0.1 ^a	1.2±0.1 ^a	1.2±0.1 ^a	
Sacarose	7.1±0.3 ^a	6.4±0.3 ^b	6.6±0.3 ^b	
Trealose	1.2±0.1 ^a	1.2±0.1 ^a	1.2±0.1 ^a	
Açúcares totais	10.7±0.4 ^a	9.8±0.4 ^b	10.0±0.5 ^b	
Ácidos orgânicos (g/100 g)				
Oxálico	1.1±0.1 ^a	1.1±0.1 ^a	1.1±0.1 ^a	
Málico	0.14±0.03 ^b	0.17±0.02 ^a	0.13±0.02 ^b	
Shikímico	1.4±0.1 ^c	1.8±0.1 ^a	1.6±0.1 ^b	
Cítrico	1.4±0.1 ^c	2.0±0.2 ^a	1.7±0.1 ^b	
Ácidos orgânicos totais	4.1±0.1 ^c	5.1±0.3 ^a	4.6±0.3 ^b	
Tocoferóis (mg/100 g)				
α- Tocoferol	15.3±0.4 ^b	17.5±0.4 ^a	13.4±0.3 ^c	
β- Tocoferol	0.41±0.04 ^a	0.44±0.05 ^a	0.29±0.04 ^b	
γ- Tocoferol	1.8±0.1 ^{ab}	1.9±0.1 ^a	1.7±0.1 ^b	
Tocoferóis totais	17.5±0.4 ^b	19.8±0.4 ^a	15.4±0.3 ^c	
Ácidos gordos (percentagem relativa)				
SFA	28.6±0.2 ^b	28.1±0.5 ^c	30.3±0.5 ^a	
MUFA	2.07±0.03 ^c	2.42±0.03 ^a	2.27±0.03 ^b	
PUFA	69.3±0.3 ^a	69.5±0.5 ^a	67.4±0.5 ^b	
Atividade antioxidante (µg/mL)				
Atividade captadora de radicais DPPH	Extrato aquoso	232±8 ^a	237±5 ^a	205±16 ^b
	Extrato metanólico	39±4 ^c	90±6 ^b	109±4 ^a
Poder redutor	Extrato aquoso	169±1 ^b	184±2 ^a	170±1 ^b
	Extrato metanólico	22.8±0.3 ^c	49.2±0.4 ^b	62±1 ^a
Inibição da descoloração do β-caroteno	Extrato aquoso	580±31 ^c	1004±23 ^a	829±36 ^b
	Extrato metanólico	208±9 ^b	235±5 ^a	198±6 ^c
Fenóis totais (EAG/g extrato)	Extrato aquoso	134±8 ^c	188±2 ^b	205±3 ^a
	Extrato metanólico	665±13 ^a	531±34 ^b	455±12 ^c
Flavonoides (EC/g extrato)	Extrato aquoso	92±1 ^a	60±2 ^c	76±3 ^b
	Extrato metanólico	369±5 ^a	359±9 ^b	277±2 ^c

Valores expressos em base de massa seca. Em cada linha, os valores com letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). SFA- ácidos gordos saturados; MUFA- ácidos gordos monoinsaturados; PUFA- ácidos gordos polinsaturados. DPPH- 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo. EAG- equivalentes de ácido gálico; EC- equivalentes de catequina.

Quadro 3 - Composição química, nutricional e atividade antioxidante de *Melittis melissophyllum* L. submetida a diferentes doses de radiação gama

	0 kGy	1 kGy	10 kGy	
Valor nutricional				
Gordura (g/100 g)	1.8±0.1 ^a	1.6±0.1 ^b	1.5±0.1 ^b	
Proteínas (g/100 g)	4.6±0.2 ^b	2.6±0.1 ^c	5.6±0.5 ^a	
Cinzas (g/100 g)	7.6±0.1 ^c	8.1±0.1 ^b	8.6±0.2 ^a	
Hidratos de carbono (g/100 g)	86.0±0.4 ^b	87.7±0.2 ^a	84±1 ^c	
Energia (kcal/100 g)	378±1 ^a	376±1 ^b	373±1 ^c	
Açúcares (g/100 g)				
Frutose	1.0±0.1 ^a	0.9±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	
Glucose	0.8±0.1 ^a	0.8±0.1 ^a	0.9±0.1 ^a	
Sacarose	0.9±0.1 ^a	0.9±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	
Trealose	0.28±0.03 ^c	0.53±0.05 ^b	0.63±0.05 ^a	
Desconhecido	2.5±0.1 ^b	2.7±0.1 ^a	2.8±0.1 ^a	
Açúcares totais	5.5±0.3 ^b	5.9±0.4 ^b	6.3±0.3 ^a	
Ácidos orgânicos (g/100 g)				
Oxálico	1.4±0.1 ^a	1.2±0.1 ^b	1.4±0.1 ^a	
Quínico	0.17±0.01 ^{ab}	0.15±0.02 ^b	0.19±0.01 ^a	
Málico	6.0±0.3 ^a	4.5±0.2 ^b	5.9±0.3 ^a	
Shikímico	0.97±0.05 ^a	0.86±0.05 ^b	0.95±0.05 ^a	
Cítrico	0.022±0.001 ^b	0.019±0.001 ^c	0.026±0.002 ^a	
Ácidos orgânicos totais	8.6±0.4 ^a	6.6±0.3 ^b	8.5±0.4 ^a	
Tocoferóis (mg/100 g)				
α- Tocoferol	0.88±0.05 ^a	0.81±0.05 ^b	0.46±0.04 ^c	
β- Tocoferol	13.4±0.3 ^b	13.2±0.2 ^b	28.9±0.3 ^a	
γ- Tocoferol	0.18±0.02 ^a	0.16±0.02 ^a	0.11±0.02 ^b	
δ- Tocoferol	0.14±0.02 ^a	0.14±0.02 ^a	0.08±0.01 ^b	
Tocoferóis totais	14.6±0.4 ^b	14.3±0.2 ^b	29.5±0.2 ^a	
Ácidos gordos (percentagem relativa)				
SFA	30.4±0.2 ^a	30.1±0.4 ^a	30.2±0.3 ^a	
MUFA	13.1±0.2 ^c	14.4±0.3 ^b	16.6±0.5 ^a	
PUFA	56.5±0.2 ^a	55.5±0.5 ^b	53.2±0.5 ^c	
Atividade antioxidante (μg/mL)				
Atividade captadora de radicais DPPH	Extrato aquoso	583±24 ^c	696±92 ^b	843±28 ^a
	Extrato metanólico	354±39 ^a	355±19 ^a	354±23 ^a
Poder redutor	Extrato aquoso	512±16 ^b	605±29 ^a	457±12 ^c
	Extrato metanólico	249±2 ^b	198±3 ^c	290±2 ^a
Inibição da descoloração do β-caroteno	Extrato aquoso	1648±154 ^c	2105±139 ^b	2299±187 ^a
	Extrato metanólico	447±66 ^b	538±61 ^a	595±37 ^a
Fenóis totais (EAG/g extrato)	Extrato aquoso	70±4 ^a	73±5 ^a	70±3 ^a
	Extrato metanólico	160±3 ^a	100±3 ^c	135±2 ^b
Flavonoides (EC/g extrato)	Extrato aquoso	29±2 ^a	16±1 ^b	15±1 ^b
	Extrato metanólico	108±4 ^a	73±1 ^c	83±5 ^b

Valores expressos em base de massa seca. Em cada linha, os valores com letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). SFA- ácidos gordos saturados; MUFA- ácidos gordos monoinsaturados; PUFA- ácidos gordos polinsaturados. DPPH- 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo. EAG- equivalentes de ácido gálico; EC- equivalentes de catequina.

Quadro 4 - Composição química, nutricional e atividade antioxidante de *Mentha piperita* L. submetida a diferentes doses de radiação gama

	0 kGy	1 kGy	10 kGy
Valor nutricional			
Gordura (g/100 g)	2.4±0.1 ^b	2.7±0.2 ^a	2.0±0.2 ^c
Proteínas (g/100 g)	5.1±0.3 ^b	3.1±0.1 ^c	10.5±0.3 ^a
Cinzas (g/100 g)	9.2±0.2 ^a	8.4±0.1 ^c	8.6±0.1 ^b
Hidratos de carbono (g/100 g)	83.3±0.5 ^b	85.8±0.3 ^a	78.9±0.4 ^c
Energia (kcal/100 g)	375±1 ^b	380±1 ^a	375±1 ^b
Açúcares (g/100 g)			
Frutose	0.47±0.05 ^a	0.42±0.03 ^b	0.47±0.04 ^{ab}
Glucose	0.30±0.05 ^a	0.29±0.03 ^a	0.31±0.03 ^a
Sacarose	0.7±0.1 ^a	0.8±0.1 ^a	0.7±0.1 ^a
Trealose	1.0±0.1 ^a	1.0±0.1 ^a	0.8±0.1 ^b
Açúcares totais	2.4±0.2 ^a	2.5±0.2 ^a	2.3±0.2 ^a
Ácidos orgânicos (g/100 g)			
Oxálico	1.1±0.1 ^a	1.2±0.1 ^a	1.0±0.1 ^b
Quínico	0.040±0.003 ^a	0.036±0.004 ^{ab}	0.035±0.003 ^b
Málico	0.9±0.1 ^a	0.9±0.1 ^a	0.7±0.1 ^b
Cítrico	8.5±0.2 ^a	6.5±0.2 ^c	7.7±0.2 ^b
Ácidos orgânicos totais	10.6±0.3 ^a	8.7±0.2 ^c	9.5±0.2 ^b
Tocoferóis (mg/100 g)			
<i>α</i> -Tocoferol	16.5±0.4 ^a	15.7±0.2 ^b	13.2±0.2 ^c
<i>β</i> -Tocoferol	1.1±0.1 ^a	0.8±0.1 ^b	0.9±0.1 ^b
<i>γ</i> -Tocoferol	1.8±0.1 ^a	1.8±0.1 ^a	1.8±0.1 ^a
<i>δ</i> -Tocopherol	0.23±0.03 ^b	0.28±0.04 ^a	0.30±0.03 ^a
Tocoferóis totais	19.7±0.5 ^a	18.6±0.2 ^b	16.2±0.4 ^c
Ácidos gordos (percentagem relativa)			
SFA	38±1 ^c	39±1 ^b	40±1 ^a
MUFA	4.1±0.1 ^c	4.3±0.1 ^b	4.6±0.2 ^a
PUFA	58±1 ^a	57±1 ^b	56±1 ^c
Atividade antioxidante (μg/mL)			
Atividade captadora de radicais DPPH	Extrato aquoso	184±5 ^b	192±6 ^b
	Extrato metanólico	83±7 ^b	98±5 ^a
Poder redutor	Extrato aquoso	119±2 ^c	136±2 ^b
	Extrato metanólico	52±2 ^a	43±1 ^b
Inibição da descoloração do <i>β</i> -caroteno	Extrato aquoso	597±44 ^b	465±5 ^c
	Extrato metanólico	184±5 ^a	137±2 ^b
Fenóis totais (EAG/g extrato)	Extrato aquoso	218±2 ^c	276±4 ^a
	Extrato metanólico	591±19 ^a	572±25 ^a
Flavonoides (EC/g extrato)	Extrato aquoso	117±2 ^a	95±3 ^b
	Extrato metanólico	319±6 ^b	354±3 ^a

Valores expressos em base de massa seca. Em cada linha, os valores com letras diferentes apresentam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). SFA- ácidos gordos saturados; MUFA- ácidos gordos monoinsaturados; PUFA- ácidos gordos polinsaturados. DPPH- 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo. EAG- equivalentes de ácido gálico; EC- equivalentes de catequina.

das ligações carbono-azoto no esqueleto da cadeia de polipeptídica ou das ligações dissulfureto) ou alterações físicas que são geralmente associados ao tratamento por irradiação (Molins, 2001).

No que diz respeito à composição de açúcares livres, foram quantificadas a frutose, a glucose, a sacarose e a trealose em todas as espécies, exceto em *M. melissophyllum* onde foi encontrado um quinto açúcar cuja identidade não foi possível determinar. A dose de 10 kGy evidenciou o aumento do teor de açúcares em *M. officinalis* e *M. melissophyllum*, enquanto *A. citrodora* e *M. piperita* tenderam a apresentar valores mais elevados em amostras não irradiadas.

Nos ácidos orgânicos, não se verificaram diferenças significativas nas amostras de *M. officinalis* mas, tendo em conta as restantes espécies, em geral, as maiores mudanças foram observadas em amostras irradiadas com uma dose de 1 kGy.

O conteúdo em tocoferóis foi significativamente alterado em resposta à aplicação da irradiação (especialmente para a dose de 1 kGy) em todas as amostras testadas, exceto para γ -tocoferol em *M. piperita*.

Relativamente aos ácidos gordos, o seu teor nas amostras controlo comparativamente com as amostras submetidas a irradiação foi significativamente alterado, exceto o C23:0 em *M. officinalis*, o C17:0 e o C24:0 em *M. melissophyllum* e o C15:1 e C16:0 em *M. piperita*. As disparidades verificadas nas amostras irradiadas podem ser devidas a mecanismos de radiólise de lípidos, que envolvem a ionização primária, seguido pela migração da carga positiva, quer em relação ao grupo carbonilo do carboxilo ou às ligações duplas (Molins, 2001).

No que concerne à avaliação do potencial antioxidante, as alterações induzidas por radiação gama foram estatisticamente significativas em quase todos os casos, exceto em *M. melissophyllum* na atividade da captação de radicais livres em

extratos metanólicos e na concentração de fenóis nos extratos aquosos.

Assim, as diferenças resultantes da radiação gama foram comparados considerando o efeito individual dentro de cada espécie. Apesar do elevado número de alterações estatisticamente significativas, não foi possível identificar nenhuma tendência geral que possa caracterizar os efeitos da irradiação gama. Para além disso, pretendeu-se validar esta tecnologia, independentemente das espécies de plantas analisadas e os resultados foram avaliados considerando os dados de todas as espécies e parâmetros, simultaneamente.

CONCLUSÕES

Os efeitos da irradiação gama quando considerados individualmente mostraram uma significância estatística em casos particulares relativamente às propriedades nutricionais e antioxidantes das plantas estudadas. No entanto, quando analisados sob uma abordagem integrada, observou-se que as amostras não irradiadas e irradiadas foram agrupados indiscriminadamente indicando que a aplicação desta técnica de irradiação não provocou alterações suficientes para definir um perfil químico específico. Assim, em geral, pode considerar-se que este tipo de processamento (até 10 kGy) é uma tecnologia viável para as espécies analisadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto PRODER n.º 53514, AROMAP, pelo suporte financeiro do trabalho e da co-autora E. Pereira, e à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) pelo suporte financeiro ao CIMO (projeto estratégico PEst-OE/AGR/UI0690/2014). Agradecem ainda a “MaisErvas – Aromáticas e Medicinais” pelas amostras fornecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Byun, M.-W.; Yooka, H.-S.; Kimb, K.-S. & Chung, C.-K. (1999) – Effects of gamma irradiation on physiological effectiveness of Korean medicinal herbs. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 54, n. 3, p. 291-300. [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X\(98\)00233-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X(98)00233-3)
- Hayta, S.; Polat, R. & Selvi, S. (2014) – Traditional uses of medicinal plants in Elazığ (Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 154, n. 3, p. 613-623. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2014.04.026>
- Kapp, K.; Hakala, E.; Orav, A.; Pohjala, L.; Vuorela, P.; Püssa, T.; Vuorela, H. & Raal, A. (2013) – Commercial peppermint (*Mentha × piperita* L.) teas: antichlamydial effect and polyphenolic composition. *Food Research International*, vol. 53, n. 2, p. 758-766. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.015>
- Kausar, T.; Akram, K. & Kwon, J.-H. (2013) – Comparative effects of irradiation, fumigation, and storage on the free amino acids and sugar contents of green, black and oolong teas. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 86, p. 96-101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2012.12.011>
- Mizani, M.; Sheikh, N.; Ebrahimi, S.N.; Gerami, A. & Tavakoli, F.A. (2009) – Effect of gamma irradiation on physico-mechanical properties of spice packaging films. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 78, n. 9, p. 806-809. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.04.021>
- Molins, R. (2001) – *Food Irradiation. Principles and applications*. John Wiley & Sons, USA.
- Nagy, T.O.; Solar, S.; Sontag, G. & Koenig, J. (2011) – Identification of phenolic components in dried spices and influence of irradiation. *Food Chemistry*, vol. 128, n. 2, p. 530-534. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.037>
- Pereira, E.; Antonio, A.; Barreira, J.C.M.; Barros, L.; Bento, A. & Ferreira, I.C.F.R. (2015) – Gamma irradiation as a practical alternative to preserve the chemical and bioactive wholesomeness of widely used aromatic plants. *Food Research International*, vol. 67, p. 338-348. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.047>
- Pereira, E.; Barros, L.; Antonio, A.; Bento, A. & Ferreira, I.C.F.R. (2014) – Analytical methods applied to assess the effects of gamma irradiation on color, chemical composition and antioxidant activity of *Ginkgo biloba* L. *Industrial Crops and Products*, vol. 74, n. 1, p. 144-149. <http://dx.doi.org/10.1007/s12161-014-9883-x>
- Ragone, M.I.; Sella, M.; Conforti, P.; Volonté, M.G. & Consolini, A.E. (2007) – The spasmolytic effect of *Aloysia citriodora*, Palau (South American cedron) is partially due to its vitexin but not isovitexin on rat duodenum. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 113, n. 2, p. 258-266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2007.06.003>
- Ramarathnam, N.; Osawa, T.; Ochi, H. & Kawakishi, S. (1995) – The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 6, n. 3, p. 75-82. [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88967-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88967-0)
- Rosa, M.C.; Medina, M.R. & Vivar, C. (1995) – Microbiological quality of pharmaceutical raw materials. *Pharmaceutica Acta Helveticae*, vol. 70, n. 3, p. 227-232. [http://dx.doi.org/10.1016/0031-6865\(95\)00022-2](http://dx.doi.org/10.1016/0031-6865(95)00022-2)
- Sadecka J. (2007) – Irradiation of spices – a review. *Czech Journal of Food Science*, vol. 25, n. 5, p. 231-242.
- Škerget, M.; Kotnik, P.; Hadolin, M.; Hraš, A.R.; Simonič, M. & Knez, Ž. (2005) – Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, vol. 89, n. 2, p. 191-198. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>
- Skrzypczak-Pietraszeka, E. & Pietraszek, J. (2012) – Chemical profile and seasonal variation of phenolic acid content in bastard balm (*Melittis melissophyllum* L., Lamiaceae). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 66, p. 154-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2012.03.037>
- Small, E. (1996) – *Culinary herbs* (2nd ed.). National Research Council Canada.