

forum
CIMO

ciência e
desenvolvimento
2012

Livro de atas

..... novembro 2012

Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012
Centro de Investigação de Montanha

Titulo: Livro de Atas do Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012

Editores: Centro de Investigação de Montanha

Editor: Instituto Politécnico de Bragança

Apartado 1038, 5301-854 Bragança

<http://www.ipb.pt/>

ISBN: 978-972-745-146-3

Design: Atilano Suarez, Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012

Centro de Investigação de Montanha

Livro de atas

Auditório Dionísio Gonçalves
Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança
20 e 21 de novembro de 2012
Bragança

Índice	Página
Prefácio	
Gestão de ecossistemas e qualidade ambiental	
Projecto BIOURB - Análise do clima urbano e o seu contributo para o planeamento urbano sustentável - estudo da cidade de Bragança <i>Manuel Feliciano, Artur Gonçalves, Filipe Maia, Alfredo Rocha & António Castro Ribeiro</i>	1
Degradação física do solo em áreas queimadas de matos no nordeste transmontano <i>Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca & Anabela Queirós</i>	8
O uso dos herbívoros na prevenção dos incêndios: uma nova oportunidade para a sustentabilidade da floresta <i>Marina Castro & Esther Fernández-Núñez</i>	16
Estimação da concentração e do transporte de sedimentos em suspensão em cursos de água de montanha: um estudo preliminar na Ilha da Madeira <i>Luiz Guerreiro Lopes & Raquel Ladeira Lobo</i>	24
Sustentabilidade de sistemas florestais e agroflorestais	
Fatores moleculares da doença da “tinta” do castanheiro <i>Altino Choupina</i>	33
Crescimento e sobrevivência de espécies florestais instaladas na região Mediterrânica: efeito da intensidade de preparação do terreno <i>Felícia Fonseca, Tomás de Figueiredo & Afonso Martins</i>	40
Idosos agricultores em Trás-os-Montes: análise da resposta à florestação das terras agrícolas no Planalto Mirandês e na Terra Fria <i>Sílvia Nobre</i>	49
Tecnologia e qualidade dos produtos de montanha	
Irradiação gama e feixe de eletrões: uma alternativa viável no tratamento pós-colheita promotora da qualidade da castanha <i>Amílcar L. Antonio, João C.M. Barreira, Márcio Carochó, Albino Bento, Isabel C.F.R. Ferreira</i>	57
Cogumelos silvestres portugueses: valorização como alimentos funcionais e fonte de nutracêuticos <i>Isabel C.F.R. Ferreira, Josiana A. Vaz, Lillian Barros, Gabriela M. Almeida, Anabela Martins & M. Helena Vasconcelos FIGURA</i>	64
Valorização dos sistemas agro-pecuários de montanha - pastagens e produção animal	
Produção e valor nutritivo de pastagens de montanha <i>Jaime M. Pires, Esther Fernández Nuñez, Adelaide Fernandes, João Pires, Adelino Bernardo, Carlos F. Aguiar, Lurdes Galvão & Nuno Moreira</i>	70
Fertilização de pastagens de sequeiro em modo de produção biológico <i>Esther Fernández Nuñez, Manuel A. Rodrigues, Margarida Arrobas, Carlos F. Aguiar, R. Cuiña-Cotarelo, M. Rosa Mosquera-Losada, A. Rigueiro-Rodríguez, Nuno Moreira & Jaime M. Pires</i>	79
Melhoria da eficiência reprodutiva de ovinos das raças Churra Galega Bragançana e Churra da Terra Quente e de caprinos da Raça Serrana e de caprinos da raça Serrana <i>Teresa M. Correia & Ramiro Valentim</i>	87

Conservação e monitorização da biodiversidade

CONBI: Biodiversidade e Conservação de Bivalves – Informação Ecogeográfica, Genética e Fisiológica <i>Amílcar Teixeira, Simone Varandas, Ronaldo Sousa, Elsa Froufe, Manuel Lopes-Lima</i>	92
Monitorização das comunidades zooplanctónicas de albufeiras: aplicações e perspectivas <i>Ana Maria Geraldés & Pedro Silva-Santos</i>	100
Política de recursos naturais e finanças locais <i>Nina Aguiar</i>	107

Valorização dos sistemas agro-pecuários de montanha: outros sistemas

Análise de Insolvência das cooperativas de crédito agrícola em Portugal <i>Paula Cabo & João Rebelo</i>	114
Compostagem de espécies invasoras <i>Luis Miguel Brito</i>	123
Fertilizantes “especiais” na agricultura transmontana <i>Manuel Ângelo Rodrigues, Isabel Q. Ferreira & Margarida Arrobas</i>	132

Irradiação gama e feixe de electrões: uma alternativa viável no tratamento pós-colheita e promotora da qualidade da castanha

Amilcar L. Antonio, João C.M. Barreira, Márcio Carochó, Albino Bento,
Isabel C.F.R. Ferreira

Centro de Investigação de Montanha / Escola Superior Agrária
Instituto Politécnico de Bragança, 5301-855 Bragança
bento@ipb.pt

Resumo – Desde tempos imemoriais que em Trás-os-Montes se consomem castanhas, nomeadamente como substituto da batata. Sendo esta região produtora de cerca de 75% das castanhas nacionais, é necessário encontrar uma alternativa ao tratamento pós-colheita de desinfestação por fumigação com brometo de metilo, banido em 2010 na União Europeia, por ser tóxico para os manipuladores e poluente para o ambiente. Desde então outras técnicas têm sido testadas, designadamente a imersão em água quente. Este tratamento apresenta algumas desvantagens, em particular as associadas ao contacto do fruto com a água. Assim, a irradiação de castanhas poderá ser uma tecnologia promissora, já regulamentada e utilizada em todo o mundo em diversos produtos alimentares. O nosso grupo de investigação já efectuou estudos de qualidade alimentar em castanhas irradiadas. Numa primeira fase foi utilizada radiação gama com doses baixas de 0,25 e 0,50 kGy e, numa segunda fase, com doses superiores, 1 e 3 kGy. As castanhas após serem irradiadas foram armazenadas durante 0, 30 e 60 dias a 4 °C e posteriormente analisadas. Os resultados foram satisfatórios, tendo sido preservados vários parâmetros nutricionais e moléculas individuais como açúcares, ácidos gordos e tocoferóis. Em 2012, o nosso grupo testou ainda a irradiação com feixe de electrões, nas mesmas doses e tempos de armazenamento. Os resultados foram bastante semelhantes à radiação gama no que concerne à preservação dos parâmetros acima descritos. Globalmente, o tempo de armazenamento parece influenciar mais a qualidade nutricional do que qualquer uma das radiações e doses utilizadas, pois verificaram-se alterações significativas após 30 e 60 dias de armazenamento, provando que a radiação pode ser bastante eficaz no tratamento pós-colheita da castanha e não alterando significativamente os parâmetros nutricionais.

Palavras-chave: castanhas, irradiação gama, feixe de electrões, qualidade nutricional

1 Introdução

A produção mundial de castanha está estimada em 1,9 milhões de toneladas, distribuídas por uma superfície de aproximadamente 500 000 ha. A Europa é responsável por cerca de 12% dessa produção, com relevância para Itália e Portugal, com uma contribuição de 4 e 3%, respectivamente [1]. A castanha da região Norte ocupa 88% da área nacional de produção, correspondendo a 14 554 ton (81% da produção nacional), consumida em fresco ou processada, destinada ao mercado nacional (15%) e internacional (85%), sendo o fruto com maior significado na balança de importações/exportações frutícolas nacionais com valores de exportação de cerca de 6 vezes superiores à importação [2]. Devido ao seu elevado potencial comercial, o governo Português tem incentivado a produção de castanha, sendo considerada uma fileira estratégica pelo Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas.

Após colheita e armazenamento deste fruto podem surgir problemas, tais como a presença de pragas e o desenvolvimento de microrganismos, nomeadamente fungos de apodrecimento e produtores de micotoxinas. Estes factos conduzem a uma diminuição da qualidade e segurança do produto, resultando num decréscimo do rendimento ao longo da fileira de produção. A fumigação química com brometo de metilo (MeBr) foi, até muito recentemente, uma das técnicas mais usadas no tratamento pós-colheita deste fruto para desinfestação. No entanto, tratando-se de um produto tóxico para a saúde humana e para o ambiente, foi recentemente proibida a sua utilização pela legislação Europeia (em Março de 2010), em cumprimento do Protocolo de Montreal. Como tal, tornou-se imprescindível encontrar uma solução viável para tratamento pós-colheita da castanha, que cumpra as normas de segurança alimentar, mantenha a qualidade do produto e que permita o seu armazenamento e comercialização durante períodos mais longos. Nessa conformidade, pretendeu-se testar a técnica de irradiação, já utilizada industrialmente em vários países em diversos produtos alimentares, como

uma solução promissora e mais amiga do ambiente. Outros tipos de tratamento, como a utilização de água quente, são pouco eficazes e apresentam alguns problemas tecnológicos, designadamente o contacto do fruto com a água, favorecendo o aparecimento de fungos. Assim, a proibição da utilização do MeBr sem alternativas tecnológicas viáveis, é de momento uma preocupação dos industriais do sector, por trazer a perda de mercados importantes para a exportação deste fruto.

Até agora, pouco trabalho foi feito em irradiação de castanha europeia e, em particular, nas variedades portuguesas não existe nenhum estudo científico que permita validar a utilização desta técnica de conservação. Desta forma, o presente estudo pretendeu encontrar soluções para os problemas enumerados, analisando-se a viabilidade da utilização da irradiação como técnica de substituição da fumigação. Para tal, numa primeira fase foi avaliado o efeito nas características nutricionais do fruto, de forma a precaver uma possível perda de qualidade e conseqüente rejeição por parte do consumidor, o que se traduziria numa diminuição significativa dos lucros dos transformadores deste fruto.

1.1 A irradiação como técnica de conservação e desinfestação

A utilização da irradiação em alimentos, como técnica de conservação e desinfestação, tem sido testada com sucesso em diversos produtos alimentares e está regulamentada pela Directiva Europeia 1999/2/EC [3]. Esta é já uma prática industrial corrente em alguns países da União Europeia (UE), com a existência de unidades industriais licenciadas para o tratamento de diversos produtos alimentares [4].

Os principais estudos sobre irradiação em castanha foram executados em variedades asiáticas. Até agora, pouco trabalho foi feito em irradiação de castanha europeia e, em particular nas variedades portuguesas, não existe qualquer estudo científico que permita validar a utilização desta técnica na sua conservação [5].

A dose de radiação é medida em kilogray (kilojoule por kilograma), e é aplicada introduzindo as amostras numa câmara contendo uma ou mais fontes de Cobalto-60, no caso da irradiação gama, durante o tempo necessário para atingir a dose pretendida. A irradiação também pode ser aplicada utilizando feixes de electrões. Neste caso, o produto passa num tapete rolante debaixo de um feixe de electrões com energia considerável (habitualmente 10 MeV, megaelectrão-volt), em que a velocidade no tapete e a quantidade de produto é ajustada à energia do feixe e à dose pretendida.

A irradiação é utilizada para diversos fins industriais (esterilização de material médico, tratamento de águas residuais por eliminação da carga microbiana, etc.). Nos alimentos, esta tecnologia é usada para inibir a germinação (doses inferiores a 1 kGy), atrasar a maturação dos frutos ou eliminar insectos (1 a 5 kGy) e eliminar ou diminuir a presença de fungos (doses até 10 kGy) [6]. São ainda utilizadas doses superiores para tratamento de alimentos destinados a pessoas com um sistema imunitário deficitário (imunodeprimidos) ou nos alimentos destinados a astronautas.

Esta tecnologia é já utilizada em diversos países de todos os continentes, carecendo contudo a sua utilização de um processo de licenciamento. Em Março de 2011, na União Europeia existiam instalações autorizadas em 13 países, tais como Espanha, França, Reino Unido, Hungria, e Polónia, para alimentos tais como: cebolas, alhos, cogumelos, especiarias secas, cogumelos secos, produtos hortícolas secos, cereais, ervas aromáticas, entre outros. A lista mais recente das instalações aprovadas para o tratamento de alimentos e ingredientes alimentares por radiação ionizante nos Estados-Membros encontra-se publicada no Jornal Oficial da UE de 25 de Janeiro de 2012 [4].

O facto desta tecnologia ser uma técnica comercial e aplicada a diversos produtos alimentares com êxito acaba por ser um bom indicador da comprovação dos seus efeitos, muito embora no caso da castanha esta se encontre ainda numa fase inicial (actualmente em fase de testes), mas com potencial para ser lançada comercialmente. Este potencial emana dos resultados obtidos em ambiente laboratorial em castanhas de variedades europeias, de origem Portuguesa e Turca, devendo os ensaios progredir para as centrais de processamento de castanha. As empresas do sector têm-se mostrado receptivas à ideia. Além disso, a viabilidade da tecnologia, utilizada em outros países para outros produtos alimentares, poderá levar à criação de uma unidade industrial que permita processar não só a castanha como outros produtos agro-alimentares.

Actualmente, na desinfestação da castanha exportada é utilizado o tratamento com águas quentes, que tem algumas limitações tecnológicas, pelo contacto do alimento com a água, a qual poderá favorecer o desenvolvimento de fungos. Para além disso há custos energéticos consideráveis inerentes ao aquecimento da água e ao conseqüente processo de secagem. Para resolver esta necessidade tecnológica das indústrias associadas à comercialização da castanha, é imperativo estudar a viabilidade tecnológica de um processo alternativo, versátil, podendo ser aplicado à castanha, se viável, e a outros produtos alimentares da região, cuja autorização de uso já existe para outros países na União Europeia.

Um relatório conjunto do Fundo das Nações Unidas para a Agricultura (FAO), da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Agência Internacional da Energia Atómica (AIEA), de 1981, revendo várias centenas de estudos científicos ao longo de 20 anos, considerou que os alimentos irradiados até à dose de 10 kGy não ofereciam qualquer perigo para o consumidor o que levou à incorporação destas recomendações numa norma do *Codex Alimentarius*, entretanto actualizada para considerar valores superiores a 10 kGy, por esta limitação estar obsoleta do ponto de vista científico [7]. Apesar disso, o debate na opinião pública tem-se mantido activo, fruto talvez da pouca informação disponibilizada pelas autoridades a quem caberia essa tarefa e do escasso envolvimento da comunidade científica.

A renitência de alguns consumidores em adquirir produtos processados por irradiação está associada ao facto de considerarem que esta pode induzir radioactividade no alimento ou que a radiação (“luz”) de algum modo fica dentro, aprisionada no alimento.

Se o segundo argumento é obviamente absurdo, relativamente ao primeiro deve ser esclarecido que as energias utilizadas no processamento, cerca de 1 MeV na radiação gama, e até 10 MeV no feixe de electrões, não é suficiente para induzir radioactividade no alimento. Para tal acontecer, a energia utilizada deveria ser suficiente para perturbar o núcleo dos átomos, o que não é o caso. Esta tem energia suficiente apenas para interferir com as ligações químicas ou ionizar os átomos e moléculas.

A União Europeia ainda mantém na legislação a obrigatoriedade dos alimentos processados por esta tecnologia ter uma etiqueta própria, no entanto há outros países que estão a alterar este paradigma, considerando que qualquer que seja o processamento do alimento este deve ser seguro para o consumidor, não exigindo um rótulo com indicação específica do tipo de tratamento efectuado.

1.2 Aplicação ao caso particular da castanha

Sendo Portugal um importante exportador deste fruto (em 2011, foram exportadas cerca de 7 000 ton, o que resultou em cerca de 16 milhões de Euros) [2], a inexistência de uma técnica adequada de conservação, pode inviabilizar a exportação para mercados com importância económica, resultado da perda de qualidade do fruto e/ou da proibição de entrada no país importador devido à presença de pragas. A curto-prazo dever-se-á:

- otimizar o processo de irradiação de forma a preservar as características da castanha para consumo em fresco ou transformadas;
- garantir a segurança alimentar do produto;
- estabelecer um processo que permita aumentar os ganhos de todos os agentes económicos envolvidos na comercialização deste tipo de produto;
- minimizar o impacto ambiental resultante da utilização de uma técnica que não deixa vestígios tóxicos. O MeBr tem um ODP (*ozone depleting potential*) estimado em 0,40. A tecnologia proposta neste projecto é amiga do ambiente, não tendo estes efeitos colaterais.

2 Resultados

Os efeitos da irradiação na composição dos alimentos podem manifestar-se por uma acção directa nos glúcidos, proteínas, lípidos e outros compostos, ou por uma acção indirecta mediada por intermediários reactivos formados na radiólise da água. Numa matriz multi-complexa como os alimentos, os componentes constituintes exercem um certo grau de protecção mútua e assim, a extensão das alterações em cada componente individual é reduzida. É também de realçar que as alterações radiolíticas que ocorrem nos alimentos não são mais significativas que as alterações produzidas por outras tecnologias de processamento alimentar [8].

2.1 Composição química

De forma a obter informação sobre o potencial efectivo da irradiação como técnica de conservação da castanha, o efeito da aplicação de diferentes doses, quer de irradiação gama, quer de feixe de electrões, tem sido avaliado considerando a sua interacção com o tempo de armazenamento.

Num primeiro estudo de avaliação do efeito ao longo do tempo (0, 30 e 60 dias) de baixas doses (0; 0,27 e 0,54 kGy) de irradiação gama sobre os teores das principais moléculas [9], foi evidente a maior influência do tempo de armazenamento (Fig. 1), quando comparada com as alterações induzidas pela dose de irradiação. Verificou-se ainda que a irradiação aplicada não afectou de forma significativa os perfis de açúcares e ácidos gordos, causando alterações relevantes apenas nos tocoferóis (Fig. 2), que apresentaram valores superiores nas amostras submetidas a irradiação, provavelmente devido a alguma degradação desta vitamina causada pela presença de maior quantidade de oxigénio molecular nas amostras não irradiadas.

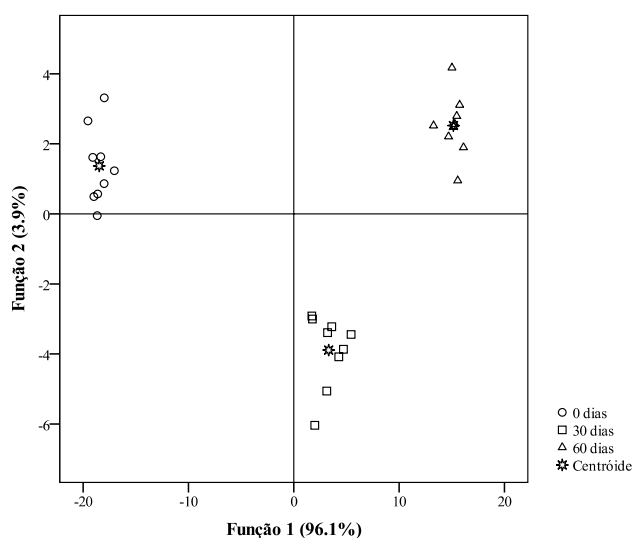


Figura 1. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base no perfil de ácidos gordos para o efeito do tempo de armazenamento.

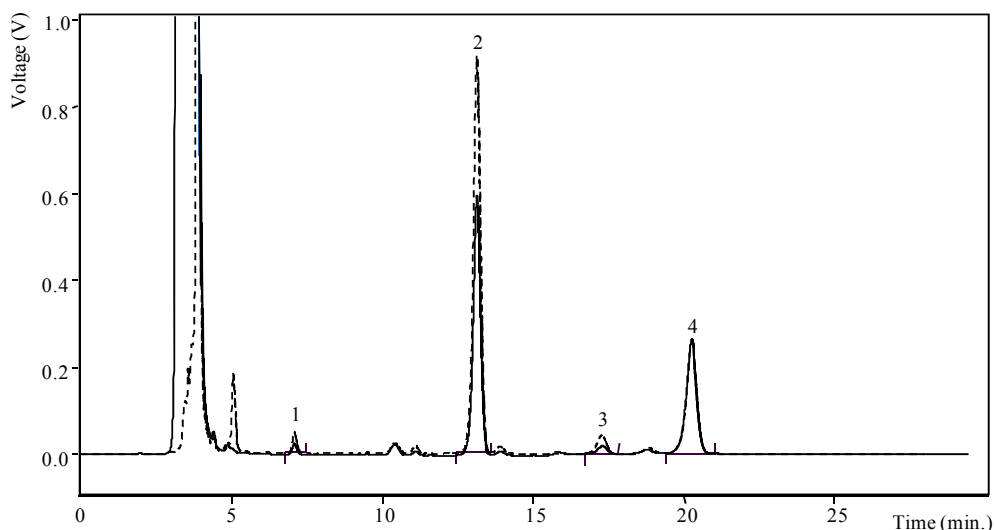


Figure 2. Perfil de tocoferóis para uma amostra não irradiadas (—) e uma amostra irradiada com 0,54 kGy (- - -) após 60 dias de armazenamento. 1- α -Tocoferol; 2- γ -tocoferol; 3- δ -tocoferol e 4- tocol (padrão interno).

Num outro estudo [10], foi avaliado o efeito da aplicação de diferentes doses de irradiação gama (0; 0,25; 0,50; 1,00 e 3,00 kGy) sobre a qualidade nutricional (humidade, gordura, proteínas, cinzas, hidratos de carbono e valor energético) e alguns dos principais compostos (sacarose, ácido palmítico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico e gama-tocoferol). Os resultados obtidos indicaram que a irradiação não afectou de forma significativa os parâmetros químicos e nutricionais avaliados. Na verdade, o efeito induzido pelo tempo de armazenamento causou alterações bastante mais apreciáveis nos mesmos parâmetros. Como pode aliás ser verificado pelos resultados da análise discriminante linear (Fig. 3 A, B), as alterações induzidas pelo tempo levaram a uma separação mais definida dos resultados correspondentes a cada uma das condições ensaiadas.

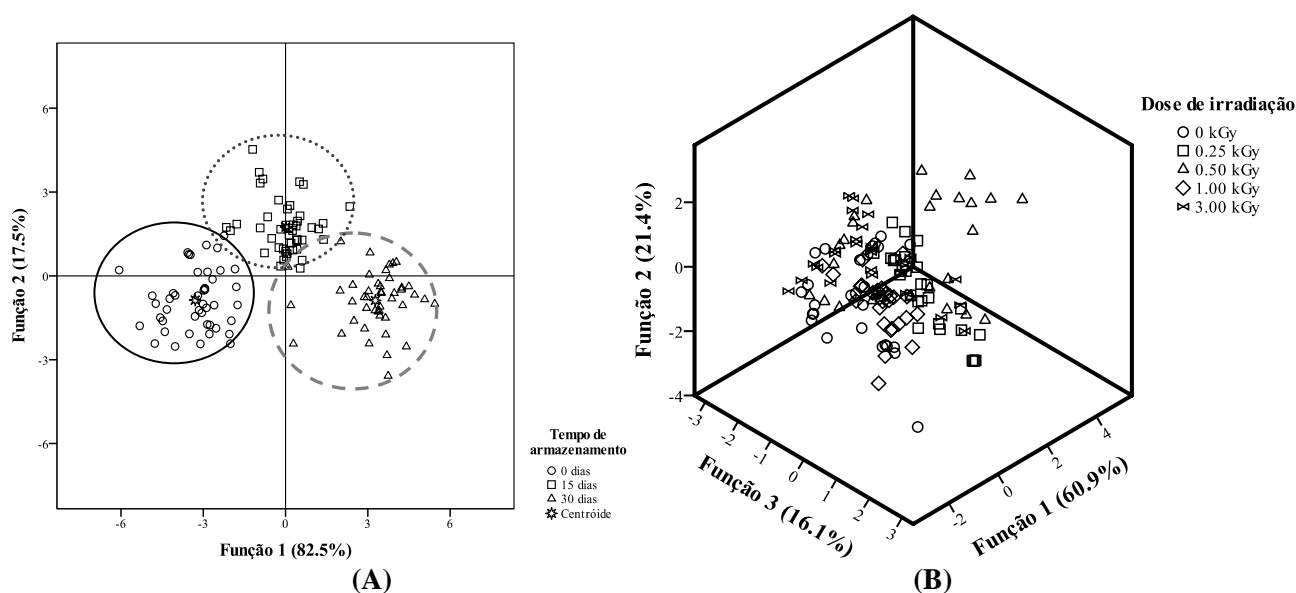


Figura 3. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base nos parâmetros nutricionais e compostos individuais maioritários para o efeito do tempo de armazenamento (A) e dose de irradiação (B).

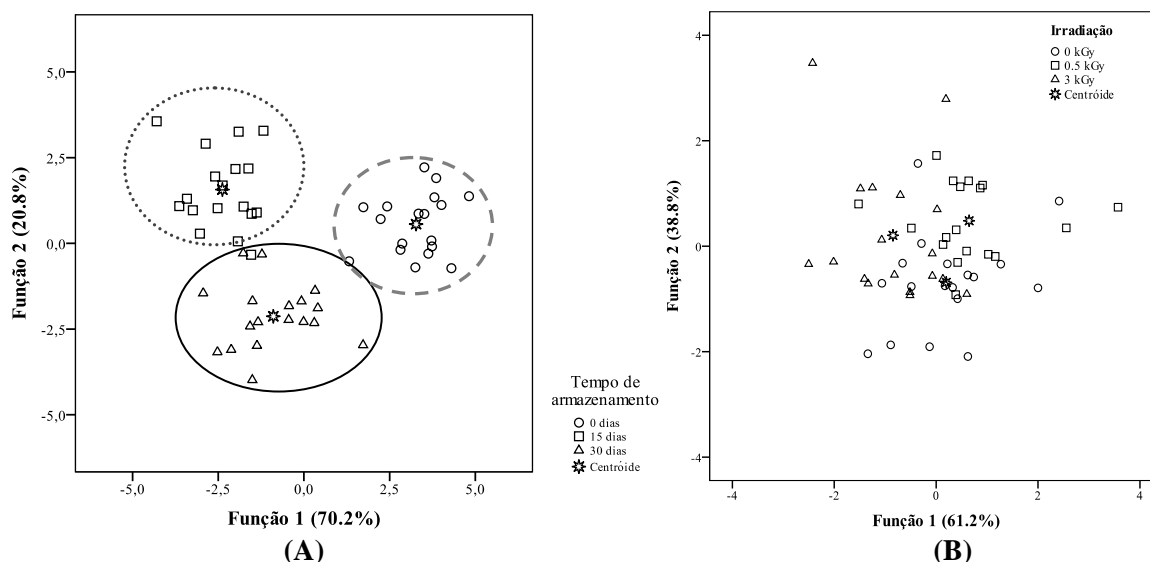


Figura 4. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base no perfil em ácidos gordos para o efeito do tempo de armazenamento (A) e dose de irradiação (B) em cultivares de castanha com origem na Turquia.

Num estudo similar [11], em que os efeitos de diferentes (0; 0,5 e 3,0 kGy) doses de irradiação gama e diferentes tempos de armazenamento (0, 15 e 30 dias) foram avaliados utilizando cultivares de castanha com

origem na Turquia, os resultados obtidos foram coerentes com os anteriores. De facto, o tempo de armazenamento causou alterações mais significativas nos perfis nutricionais, açúcares, ácidos gordos (Fig. 4A, B) e tocoferóis.

Também a análise do efeito por irradiação com feixes de electrões [12] produziu resultados semelhantes. Considerando o efeito do tempo de armazenamento e da dose de irradiação sobre os níveis de ácidos gordos, tocoferóis, açúcares e parâmetros nutricionais, as alterações verificadas são ainda menos evidentes do que as resultantes da aplicação da irradiação gama. O efeito induzido pelo tempo de armazenamento foi novamente superior ao verificado para a irradiação, tal como pode ser verificado na Tabela 1 pelos valores de prova ($p < 0,05$) mais significativos no caso do tempo de armazenamento.

Tabela 1. Parâmetros nutricionais da castanha armazenada por diferentes períodos (T) e submetida a diferentes doses de irradiação (D) por feixe de electrões.

	Matéria seca (g/100 g fw)	Gordura (g/100 g dw)	Proteína (g/100 g dw)	Cinzas (g/100 g dw)	Hidratos de carbono (mg/100 g dw)	Valor energético (kcal/100 g dw)	
T	0 dias	58±3	3±1 a	6±2	1,8±0,4	89±2	409±4 a
	30 dias	56±5	3±1 a	6±2	2±3	89±3	408±12 ab
	60 dias	71±5	2±1 b	5±2	2,0±0,3	91±2	404±4 b
	<i>p</i> (n=45)	<0,001	<0,001	0,050	0,949	0,003	0,012
D	0,0 kGy	63±7	2,7±0,5 b	5±2	1,8±0,5	90±2	407±4
	0,5 kGy	62±9	2,8±0,4 b	5±2	1,7±0,5	90±2	407±6
	1,0 kGy	63±6	3,0±0,5 ab	5±2	1,9±0,3	90±2	408±4
	3,0 kGy	60±7	3,4±0,5 a	5±2	3±4	89±4	406±15
	6,0 kGy	60±10	2,8±0,5 b	5±2	1,6±0,3	90±2	408±5
	<i>p</i> (n=27)	0,144	0,011	0,973	0,351	0,391	0,983
T×D	<i>p</i> (n=135)	0,021	0,060	0,023	0,385	0,033	0,478

2.2 Actividade antioxidante

Tal como nos resultados correspondentes à composição química, o tempo de armazenamento (Fig. 5) está associado a maiores alterações na actividade antioxidante quando comparado com a dose de irradiação [13]. A aplicação de irradiação gama demonstrou ser vantajosa para os métodos de actividade antioxidante testados, provavelmente pelo aumento na disponibilidade de antioxidantes tais como os compostos fenólicos, que antes da irradiação se encontravam ligados à parede celular.

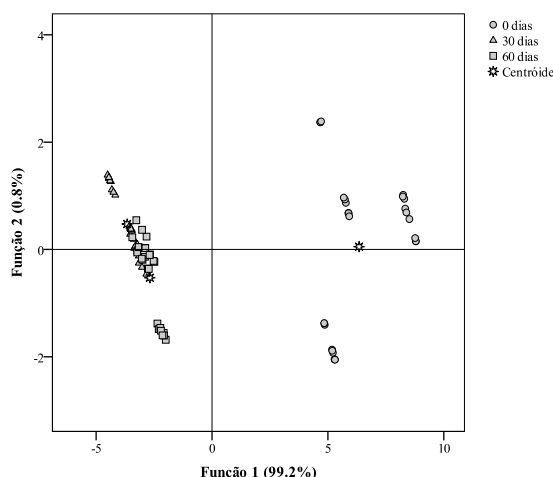


Figura 5. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base nos resultados de actividade antioxidante para o efeito do tempo de armazenamento.

3 Conclusões gerais

As doses e tipos de irradiação testados, radiação gama e feixe de electrões, parecem constituir uma alternativa de tratamento promissora, sem afectar o perfil composicional dos principais nutrientes nem o seu potencial antioxidante.

Além das características inovadoras referidas anteriormente, há outras mais-valias não quantificáveis inerentes à tecnologia proposta: aceitação por parte do consumidor pela melhoria da qualidade do produto oferecido; redução de custos de produção; possível aplicação a outros produtos alimentares com grande impacto no nosso país, em particular na região norte, tais como cogumelos, amêndoa e plantas aromáticas.

Agradecimentos

O presente estudo teve por base um projecto nacional com o apoio de fundos do QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional (Projecto QREN 13198/2010, ON.2, UE) e está ainda inserido na rede de I&DT europeia EUREKA (CHESTNUTSRAD Projecto nº 7596), contando com a participação da Polónia, onde foram realizadas as irradiações com feixe de electrões, numa unidade industrial certificada e com longa experiência em irradiação de alimentos para o mercado local. Os membros da equipa de investigação agradecem às entidades referidas o apoio financeiro prestado.

Referências

- [1] FAOSTAT, 2010. <http://faostat.fao.org> (acedido em Outubro de 2012).
- [2] Instituto Nacional de Estatística, 2012. *Estatísticas Agrícolas 2011*, ISBN 978-989-25-0155-0.
- [3] Directiva 1999/2/EC. Relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes aos alimentos e ingredientes alimentares tratados por radiação ionizante. *Jornal Oficial da União Europeia L 66*, 13.3.1999, p. 16.
- [4] UE, 2012. Lista das instalações aprovadas para o tratamento de alimentos e ingredientes alimentares por radiação ionizante nos Estados-Membros. *Jornal Oficial da União Europeia C 20*, 25 de Janeiro, p. 6-9.
- [5] Antonio, A.L., Caroch, M., Bento, A., Quintana, B., Botelho, M.L., Ferreira, I.C.F.R. (2012). "Effects of gamma radiation on chestnuts biological, physico-chemical, nutritional and antioxidant parameters- A Review". *Food and Chemical Toxicology* 50 (9): 3234-3242.
- [6] AIEA, 2002. Dosimetry for Food Irradiation. *Technical report series, 409*. Viena, Áustria: Agência Internacional da Energia Atómica. ISBN 92-0-115502-6, 168 pp.
- [7] OMS, 1999. Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. *WHO technical report series: 890*. Geneva, Switzerland. ISBN 92 4 120890 2, 204 pp.
- [8] Nazzaro, M. Barbarisi, C., La Cara, F., Volpe, M.G., 2011. Chemical and biochemical characterisation of an IGP ecotype chestnut subjected to different treatments. *Food Chemistry* 128: 930-936
- [9] Fernandes, A., Antonio, A.L., Barros, L., Barreira, J.C.M., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2011. Low Dose γ -Irradiation As a Suitable Solution for Chestnut (*Castanea sativa* Miller) Conservation: Effects on Sugars, Fatty Acids, and Tocopherols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 10028-10033.
- [10] Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2011. Assessing the effects of gamma irradiation and storage time in energetic value and in major individual nutrients of chestnuts. *Food and Chemical Toxicology* 49: 2429-2432.
- [11] Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Günaydi, T., Alkan, H., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2012. *Radiation Physics and Chemistry* 81: 1520-1524.
- [12] Caroch, M., Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Bento, A., Kaluska, I., & Ferreira, I.C.F.R. 2012. Effects of Electron-Beam Radiation on Nutritional Parameters of Portuguese Chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 7754-7760.
- [13] Antonio, A.L., Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2011. Influence of gamma irradiation in the antioxidant potential of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) fruits and skins. *Food and Chemical Toxicology* 49:1918-1923.

