

Riscos e Alimentos

Frutos Secos e Secados



A EFSA e a Agenda de Avaliação de Risco da ASAE

A segurança alimentar dos frutos secos e secados colocados no mercado, face aos resultados do PNCA da ASAE

Alergénios dos frutos de casca rija



Utilização de subprodutos da castanha: um desafio para a indústria

Francisca Rodrigues, M. Beatriz P.P. Oliveira

LAQV@REQUIMTE – Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, Rua Jorge Viterbo Ferreira, n.º 280, 4050-313 Porto, Portugal

franciscapintolisboa@gmail.com / beatoliv@ff.up.pt

Abstract

Castanea sativa Mill. is a species of the Fagaceae family, abundant in south Europe and Asia. The fruits (chestnut) are an added value resource in producing countries. Chestnut economic value is increasing not only for nutritional qualities but also for the beneficial health effects related with its consumption. During chestnut processing, a large amount of waste material is generated namely shell (inner and outer), bur and leaves. Studies on chestnut by-products revealed a good profile of bioactive compounds with antioxidant, anticarcinogenic and cardioprotective properties. These agro-industrial wastes, after valorization, can be used by other industries, such as pharmaceutical, food or cosmetics, generating more profits, reducing pollution costs and improving social, economic and environmental sustainability.

The purpose of this review is to provide knowledge about the type of chestnut by-products produced, the studies concerning its chemical composition and biological activity, and also to discuss other possible applications of these materials.

Keywords: chestnut; *Castanea sativa*; by-products; sustainability; composition; review

Introdução

Castanea sativa Mill. é uma espécie da família Fagaceae, maioritariamente presente em países do sul da Europa e da Ásia. Em Portugal a plantação de castanheiros ocupa uma área de cerca de 35 000 hectares, com uma produção anual de cerca 24,7 mil toneladas de castanha [1]. Trás-os-Montes é a principal região produtora, com mais de 75% de toda a quota nacional, sendo uma importante fonte de rendimento para toda a região [1]. A produção de castanha tem como principal destino a exportação, nomeadamente para Espanha, Itália e França, e para o mercado interno [1]. De modo a preservar o património genético e a qualidade da castanha foram criadas quatro regiões com denominação de origem protegida (Terra Fria, Padrela, Soutos da Lapa e Marvão) [1]. A nível internacional, a produção de castanha é significativa, estando distribuída por vários continentes. Na China abunda a *C. mollissima*, enquanto na República da Coreia predomina a *C. crenata*, sendo ambas árvores de porte mais pequeno que a *C. sativa*.

1 - Composição da castanha

O fruto do castanheiro é composto pela semente, casca (interna e externa) e ouriço, (Figura 1).



Figura 1 - Constituição do fruto de *Castanea sativa*.

As sementes (castanha) são muito apreciadas nos países mediterrânicos, em particular no Outono, sendo consumidas ao natural ou assadas/cozidas [2]. Contudo, a preparação culinária altera muitas vezes as propriedades sensoriais e nutricionais das castanhas, melhorando as suas características organolépticas, os nutrientes disponíveis e o tempo de vida útil [2-3]. De acordo com Nazzaro *et al.* a assadura preserva de forma mais eficaz o conteúdo mineral e o teor de polifenóis da castanha [4]. Outros autores concluíram que as castanhas cozidas são uma boa fonte de ácidos orgânicos e compostos fenólicos, com uma quantidade significativa de polifenóis, ácidos gálico e elágico, bem como taninos hi-

drolisáveis e condensados [5-7]. De acordo com o seu perfil nutricional, a castanha é considerada uma importante fonte de energia [3, 8]. Além disso, é constituída por ácidos gordos insaturados, como o ácido oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e α -linolénico (C18:3) associados à prevenção de doenças cardiovasculares. Apresenta ainda na sua constituição vitamina E, cuja principal forma é o α -tocoferol, a qual atua como antioxidante, prevenindo a peroxidação lipídica pelas espécies reativas de oxigénio (ERO) e o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas [8-9]. A vitamina E é um marcador de autenticidade, permitindo a identificação de diferentes variedades de castanha, de acordo com o seu perfil de tocoferóis e tocotrienóis [10].

2 - Sustentabilidade da indústria processadora de *Castanea sativa*

O processamento da castanha envolve várias fases e visa principalmente o fim alimentar, sendo os outros produtos vegetais (folhas, cascas e ouriços) considerados resíduos. O reaproveitamento destes subprodutos representa um novo desafio para a indústria, que deve procurar aplicações inovadoras, contribuindo para o desenvolvimento de produtos com valor acrescentado e respondendo, ao mesmo tempo, às preocupações de sustentabilidade ambiental. A Figura 2 representa os subprodutos em estudo que resultam do processamento da castanha.



Figura 2 - Subprodutos da castanha resultantes do seu processamento.

Com efeito, o conceito de sustentabilidade na indústria produtora de castanha é um tópico de extrema importância. Na realidade, este conceito surgiu na década de 70, mas foi em 1987 que se definiram os seus pilares fundamentais: a economia, a sociedade e o ambiente. Através da reutilização dos subprodutos agroalimentares da indústria da castanha é possível gerar benefícios económicos para a indústria, permitindo a criação de novos postos de trabalho, ao mesmo tempo que se diminui o impacto destes resíduos no meio ambiente. Por norma, estes subprodutos são usados como combustível ou simplesmente considerados lixo, não lhes sendo atribuída qualquer outra aplicação. Os diferentes estudos que têm vindo a ser conduzidos nos subprodutos da castanha, nomeadamente ao nível da folha, casca e ouriço, têm revelado o seu elevado teor em compostos fenólicos, os quais conferem uma significativa atividade biológica, em particular atividade antioxidante [8]. Neste sentido, os extratos dos subprodutos da castanha podem contribuir para a sustentabilidade desta indústria, sendo necessário o desenvolvimento de métodos de baixo custo, capazes de extrair compostos com atividade biológica, passíveis de serem utilizados em diferentes indústrias, diminuindo assim o impacto negativo destes resíduos sobre o meio ambiente.

3- Subprodutos da *Castanea sativa* Mill

3.1 Folhas

A história comprova o longo uso de folhas de *C. sativa* em preparações medicinais. As infusões de folhas de castanheiro foram, durante muitos anos, utilizadas para tratar a tosse, a diarreia e a doença reumática, enquanto a casca da castanha tinha a sua principal aplicação como combustível [11]. As folhas têm assim a sua valorização reforçada devido à presença de compostos bioativos, em particular polifenóis. Estes compostos são os metabolitos secundários mais abundantes nas plantas, intervindo diretamente no stresse oxidativo. O stresse oxidativo ocorre quando o balanço entre a produção e a eliminação de ERO, espécies reativas de azoto (ERA) e espécies reativas de enxofre (ERE) está comprometido, levando ao seu excesso [12]. Os principais alvos de espécies pró-oxidantes são as proteínas, o ácido desoxirribonucleico (ADN) e o ácido ribonucleico (ARN), açúcares e lípidos

[12]. Os polifenóis estão associados a propriedades benéficas para a saúde, atuando como agentes antitumorais, anti-alérgicos, antiagregantes plaquetários, anti-isquêmicos e anti-inflamatórios devido às suas capacidades antioxidantes [13-14]

- Efeito protetor na diabetes

A progressão da diabetes, pode estar relacionada com o excesso da produção de espécies reativas, relacionadas com uma diminuição das concentrações de glutathione na sua forma reduzida (GSH) [15]. Na realidade, o stresse oxidativo desempenha um papel ativo no desenvolvimento da resistência à insulina e tolerância à glucose, conduzindo a uma disfunção das células β do pâncreas e à disfunção mitocondrial [16]. Estas estão envolvidas no desenvolvimento da diabetes e a sua falha pode implicar o agravamento da doença. Lenzen *et al.* verificaram a atividade de agentes antioxidantes no controlo do desenvolvimento da diabetes [17]. O Streptozotocin (STZ) conduz, normalmente, à geração de ERO e de quantidades tóxicas de óxido nítrico, as quais causam danos no ADN e morte de células β do pâncreas [17]. Este fator pode ser o motivo para o aumento da peroxidação lipídica verificada na diabetes, após indução pelo STZ. Com efeito, as propriedades antioxidantes apresentadas pelo extrato de folhas de *C. sativa* tiveram bons resultados na prevenção do stresse oxidativo em células pancreáticas de ratos [18]. Os extratos foram capazes de aumentar a viabilidade celular após o tratamento com STZ, inibindo a peroxidação lipídica [18]. Em células tratadas com STZ, juntamente com os extratos de castanha, verificou-se um aumento nas concentrações de GSH, o que comprova o efeito positivo destes extratos na prevenção da diabetes [18].

- Atividade Antibacteriana e Alelopática

As plantas são produtoras de moléculas bioativas com capacidade de interagir com outros organismos no meio ambiente. Esta interação pode levar à inibição do crescimento de bactérias e fungos, característica da atividade antibacteriana, ou modular o desenvolvimento de outros vegetais, demonstrando uma atividade alelopática [19]. O desenvolvimento de resistência aos agentes antibacterianos existentes e a escassez de bons agentes antifúngicos motiva a pesquisa de novas moléculas com efeitos terapêuticos.

Os compostos fenólicos são sintetizados pelas plantas em resposta a infeções microbianas, podendo atuar como agentes antimicrobianos naturais. A sua forma de ação pode passar pela atuação direta sobre a membrana ou a parede celular dos microrganismos [20]. A eficácia da utilização de compostos fenólicos no crescimento de bactérias (gram positivas e gram negativas) e bolores foi testada em ensaios microbianos. As atividades antibacteriana e alelopática foram avaliadas numa fração solúvel de acetato de etilo do extrato aquoso de folhas de *C. sativa* [21]. Este extrato foi testado contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas demonstrando atividade antibacteriana contra sete estirpes bacterianas: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* e *E. cloacae*. As bactérias *E. aerogenes* e *S. aureus* foram as mais sensíveis [21]. A concentração mais baixa capaz de inibir o crescimento bacteriano foi 62,5 μ g/ml. A quercetina e a rutina foram os flavonoides mais ativos nos ensaios antibacterianos. Deste modo, estes extratos podem vir a ter um enorme potencial para utilização na indústria farmacêutica ou alimentar.

- Aplicação Tópica

A pele é constantemente exposta a diferentes radiações. A radiação ultravioleta (UV) da luz solar pode causar danos a curto e longo prazo. O envelhecimento é um processo natural da pele que está estreitamente relacionado com o stresse oxidativo. Os efeitos a longo prazo passam, essencialmente, pelo fotoenvelhecimento, perda de elasticidade, aparecimento de manchas e, em situação extrema, cancro da pele [22]. As radiações UV provocam danos na pele devido à geração de ERO e ERA, as quais interagem com proteínas, lípidos e ADN, resultando em modificações estruturais e funcionais no tecido cutâneo. Por outro lado, as radiações UV e as ERO estão envolvidas em doenças de pele, como eritema, cancro, psoríase, acne, vasculite cutânea, dermatite de contacto alérgica e fotoenvelhecimento [23].

Um estudo recente avaliou a utilização de extratos etanólicos de *C. sativa* para futuras aplicações tópicos [24]. Foi verificada uma forte absorção a 280 nm, o que faz prever uma possível eficácia deste extrato na prevenção de danos induzidos por radiações UV. O extrato era essencialmente composto por compostos fenólicos (ácidos clorogénico e elágico,

rutina e quercetin). Um ensaio *in vivo* realizado através de um patch teste em 20 voluntários humanos revelou resultados muito promissores [24]. Um outro estudo caracterizou uma formulação tópica contendo um extrato etanólico de folhas de *C. sativa* [25]. A estabilidade física, microbiológica e funcional para 6 meses de armazenamento foi confirmada para valores de temperatura de 20°C e 40°C. O aumento da temperatura para 40°C causou algumas modificações nas propriedades reológicas da formulação e a diminuição da eficácia antioxidante do extrato. Este facto pode estar relacionado com as alterações do teor de rutina, a qual é instável a temperatura mais elevada. Além disso, sendo a rutina o principal composto fenólico do extrato, a diminuição da propriedade antioxidante está relacionada com este aumento de temperatura. A formulação tópica contendo o extrato de folha de *C. sativa* provou ser segura e estável, podendo vir a ser usada na indústria cosmética para a prevenção e tratamento de disfunções mediadas pelo stresse oxidativo e fotoenvelhecimento.

3.2 Cascas

As cascas da castanha, além de poderem ser utilizadas como biocombustível, podem ver o seu potencial de aplicação valorizado devido à presença de compostos fenólicos na sua composição, que conferem características antioxidantes, bem como a potencialidade de outro tipo de aplicações.

- Potencial uso como adsorvente de metais

O uso de subprodutos ou resíduos provenientes de operações industriais e da agricultura como bioadsorventes, para a remoção de metais pesados tóxicos de água, está em fase de estudo [26]. Cobre, chumbo, zinco e cádmio são frequentes em efluentes industriais [27], sendo a sua toxicidade, bioacumulação e persistência na natureza fatores de preocupação. A bioadsorção é vista como uma nova alternativa às tecnologias convencionais de remoção de contaminantes metálicos de efluentes aquosos [28]. Esta tecnologia mostrou grandes vantagens comparativamente com os tratamentos convencionais. A elevada eficiência, o baixo custo, a regeneração de bioadsorventes e a possibilidade de recuperação de metais foram algumas das vantagens demonstradas [28]. A casca da castanha demonstrou ter um elevado potencial para ser usada como adsorvente de metais pesados, sendo uma boa opção para a remoção de iões tóxicos de águas residuais com eficiência similar e menores custos,

comparativamente com outros adsorventes disponíveis no mercado [29]. Vázquez *et al.* utilizaram um pré-tratamento de cascas de castanha com formaldeído e verificaram o seu efeito na concentração inicial do catião, da temperatura e do pH, de modo a otimizar a remoção de iões chumbo, cobre e zinco, a partir de uma solução aquosa [30]. A casca da castanha foi tratada com formaldeído, em meio ácido, para polimerizar e imobilizar os compostos fenólicos solúveis em água [30]. A capacidade máxima da adsorção foi obtida com os iões de chumbo e a ordem de afinidade dos iões para a casca foi: $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+}$. Além disso, verificou-se um aumento da capacidade de adsorção com o aumento da temperatura e do pH [30].

- Potencial uso como substituto do fenol na formulação de colas

A indústria madeireira utiliza colas constituídas por misturas de fenol com formaldeído (PF), ureia com formaldeído (UF) e melamina, ureia e formaldeído (MUF) [31]. O produto agredente PF é o mais utilizado devido à sua elevada resistência à água, tornando-o adequado para aplicações exteriores, proporcionando uma alta resistência à humidade e uma boa estabilidade à temperatura. Os principais problemas no uso deste tipo de produtos (PF) são a composição em materiais não renováveis (combustíveis fósseis) e os custos do fenol [32]. A utilização de produtos naturais, tais como taninos e lignina como substitutos de fenol em formulações, estão a ser estudados, com base na sua similaridade estrutural e elevada reatividade, apresentando benefícios económicos e ambientais [33]. Com efeito, os taninos da casca, sob diferentes condições, podem ser utilizados como potenciais substitutos do fenol.

- Potencial aplicação na indústria do curtimento de peles

O tratamento de águas residuais do curtimento das peles representa um dos maiores problemas na indústria do couro, devido ao difícil controlo da poluição e aos seus custos. Cerca de 90% deste processo recorre a sais de crómio (III), sendo este considerado um resíduo perigoso para o meio ambiente [34]. No processo de curtimento das peles pode evitar-se a sua degradação, estabilizando a estrutura do colagénio [34-35]. Esta estabilização, feita pelo crómio, tem tido alguns avanços na procura de alternativas. Os taninos vegetais são compostos naturais considerados como uma

opção mais vantajosa para o meio ambiente, adequada para substituir os sais de crómio, conferindo ainda diferentes propriedades organolépticas e químicas aos couros [36]. Vázquez *et al.* extraíram os taninos da casca da castanha, utilizando água e diferentes soluções aquosas alcalinas [37]. O rendimento da extração obtido para a casca da castanha atingiu os valores descritos para taninos já comercializados [37].

- Aplicação Tópica

Rodrigues *et al.* avaliaram o potencial antioxidante de extratos hidroalcoólicos de casca de castanha de três regiões distintas de Portugal (Trás-os-Montes, Minho e Beira-Alta) [38]. Os extratos demonstraram um elevado teor antioxidante, em particular os extratos da região de Trás-os-Montes, sugerindo ser um ingrediente ativo promissor com potencial aplicação ao nível da indústria cosmética e de suplementos alimentares. Acresce ainda o facto de estudos recentes efetuados em subprodutos da castanha concluírem que todas as amostras apresentam elevadas quantidades de compostos fenólicos, quando extraídos com água, com teores decrescentes da casca externa, casca interna, folhas e flores [5, 30]. A casca revela-se assim como um subproduto promissor. De entre os diversos compostos fenólicos encontrados na composição dos extratos destacam-se os ácidos fenólicos (elágico e gálico), os flavonoides (rutina, quercetina e apigenina) e os taninos, todos com elevado potencial antioxidante [11, 39].

3.3 Ouriços

Mais recentemente, o foco científico voltou-se para os ouriços da castanha, um resíduo agroindustrial capaz de demonstrar valor comercial. Moure *et al.* analisaram ouriços e verificaram um elevado potencial antioxidante, semelhante ao de antioxidantes sintéticos do mercado. Apresentam-se ainda como uma fonte rica em fibra, com potenciais aplicações na indústria alimentar e no desenvolvimento de nutracêuticos [40].

Conclusão

O presente artigo resume o estado da arte e a perspectiva futura de aplicação dos diferentes subprodutos de *C. sativa*: folhas, cascas e ouriços. A castanha é consumida na Europa,

sendo geradas elevadas quantidades de subprodutos durante o seu processamento. Deste modo, a reutilização sustentável destes resíduos é um desafio para a indústria. A potencial utilização destes subprodutos como substâncias bioativas é provavelmente uma das opções, tendo em conta o seu potencial benéfico em doenças como diabetes, cancro, doenças cardiovasculares ou doenças neurodegenerativas. Outra opção é o uso na indústria de couro e de colas, bem como ao nível da indústria cosmética e de suplementos alimentares.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu fundos da unidade LAQV (UID/QUI/50006/2013-POCI/01/0145/FERDER/007265) através de apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia /MEC cofinanciada pela FEDER, através do programa PT2020.

Referências

- [1] INE, Estatísticas Agrícolas 2012 (2013). I.P. Instituto Nacional de Estatística: Lisbon.
- [2] Cruz, B.R., Abraão, A.S., Lemos, A.M., & Nunes, F.M. (2013). Chemical composition and functional properties of native chestnut starch (*Castanea sativa* Mill). *Carbohydrate Polymers*. 94: 594-602.
- [3] de Vasconcelos, M.C.B.M., Bennett, R.N., Rosa, E.A.S., & Ferreira-Cardoso, J.V. (2010). Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: Fresh and processed products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90: 1578-1589.
- [4] Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., Sada, A., & Orlando, P. (2009). Fermentative ability of alginate-prebiotic encapsulated *Lactobacillus acidophilus* and survival under simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Functional Foods*. 1: 319-323.
- [5] Barreira, J.C.M., Ferreira, I.C.F.R., Oliveira, M.B., & Pereira, J.A. (2008). Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. *Food Chemistry*. 107: 1106-1113.
- [6] Gonçalves, B., Borges, O., Costa, H.S., Bennett, R., Santos, M., and Silva, A.P. (2010). Metabolite composition of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) upon cooking: Proximate analysis, fibre, organic acids and phenolics. *Food Chemistry*. 122: 154-160.
- [7] de Vasconcelos, M.C.B.M., Bennett, R.N., Rosa, E.A.S., & Cardoso, J.V.F. (2007). Primary and secondary metabolite composition of kernels from three cultivars of portuguese chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at different stages of industrial transformation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 3508-3516.

- [8] Barreira, J.C.M., Casal, S., Ferreira, I.C.F.R., Peres, A.M., Pereira, J.A., & Oliveira, M.B. (2012). Chemical characterization of chestnut cultivars from three consecutive years: Chemometrics and contribution for authentication. *Food and Chemical Toxicology*. 50: 2311-2317.
- [9] Mocchegiani, E., Costarelli, L., Giacconi, R., Malavolta, M., Basso, A., Piacenza, F., Ostan, R., Cevenini, E., Gonos, E.S., Franceschi, C., & Monti, D. (2014). Vitamin E-gene interactions in aging and inflammatory age-related diseases: Implications for treatment. A systematic review. *Ageing Research Reviews*. 14: 81-101.
- [10] Barreira, J.C.M., Alves, R.C., Casal, S., Ferreira, I.C.F.R., Oliveira, M.B., & Pereira, J.A. (2009). Vitamin E profile as a reliable authenticity discrimination factor between chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57: 5524-5528.
- [11] Díaz Reinoso, B., Couto, D., Moure, A., Fernandes, E., Domínguez, H., & Parajó, J.C. (2012). Optimization of antioxidants - Extraction from *Castanea sativa* leaves. *Chemical Engineering Journal*. 203: 101-109.
- [12] Craft, B.D., Kerrihard, A.L., Amarowicz, R., & Pegg, R.B. (2012). Phenol-based antioxidants and the *in vitro* methods used for their assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 11: 148-173.
- [13] Dimitrios, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*. 17: 505-512.
- [14] Moure, A., Cruz, J., Franco, D., Domínguez, M., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M., & Parajó, C. (2001). Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*. 72: 145-171.
- [15] de Vasconcelos, M.C.B.M., Bennett, R.N., Quideau, S., Jacquet, R., Rosa, E.A.S., & Ferreira-Cardoso, J.V. (2010). Evaluating the potential of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruit pericarp and integument as a source of tocopherols, pigments and polyphenols. *Industrial Crops and Products*. 31: 301-311.
- [16] Rains, J.L. & Jain, S.K. (2011). Oxidative stress, insulin signaling, and diabetes. *Free Radical Biology and Medicine*. 50: 567-575.
- [17] Opara, E.C. (2004). Role of oxidative stress in the etiology of type 2 diabetes and the effect of antioxidant supplementation on glycemic control. *Journal of Investigative Medicine*. 52: 19-23.
- [18] Lenzen, S. (2008). The mechanisms of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia*. 51: 216-226.
- [19] Mujić, A., Grdović, N., Mujić, I., Mihailović, M., Živković, J., Poznanović, G., & Vidaković, M. (2011). Antioxidative effects of phenolic extracts from chestnut leaves, catkins and spiny burs in streptozotocin-treated rat pancreatic β -cells. *Food Chemistry*. 125: 841-849.
- [20] Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12: 564-582.
- [21] Raccach, M. (1984). The antimicrobial activity of phenolic antioxidants in food: A review. *Journal of Food Safety*. 6: 141-170.
- [22] Choi, H.-k., Kim, D.-h., Kim, J.W., Ngadiran, S., Sarmidi, M.R., & Park, C.S. (2010). *Labisia pumila* extract protects skin cells from photoaging caused by UVB irradiation. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 109: 291-296.
- [23] Okayama, Y. (2005) Oxidative stress in allergic and inflammatory skin diseases. *Current Drug Targets - Inflammation & Allergy*. 4: 517-9.
- [24] Almeida, I.F., Costa, P.C., & Bahia, M.F. (2010). Evaluation of functional stability and batch-to-batch reproducibility of a *Castanea sativa* leaf extract with antioxidant activity. *AAPS PharmSciTech*. 11: 120-125.
- [25] Almeida, I.F., Maleckova, J., Saffi, R., Monteiro, H., Góios, F., Amaral, M.H., Costa, P.C., Garrido, J., Silva, P., Pestana, N., & Bahia, M.F. (2015). Characterization of an antioxidant surfactant-free topical formulation containing *Castanea sativa* leaf extract. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 41: 148-155.
- [26] Bilal, M., Shah, J.A., Ashfaq, T., Gardazi, S.M.H., Tahir, A.A., Pervez, A., Haroon, H., & Mahmood, Q. (2013). Waste biomass adsorbents for copper removal from industrial wastewater - A review. *Journal of Hazardous Materials*. 263, Part 2: 322-333.
- [27] O'Connell, D.W., Birkinshaw, C., & O'Dwyer, T.F. (2008). Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: A review. *Bioresource Technology*. 99: 6709-6724.
- [28] Garg, U.K., Kaur, M.P., Garg, V.K., & Sud, D. (2007). Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agricultural waste biomass. *Journal of Hazardous Materials*. 140: 60-68.
- [29] Barakat, M.A. (2011). New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*. 4: 361-377.
- [30] Vázquez, G., Calvo, M., Sonia Freire, M., González-Alvarez, J., & Antorrena, G. (2009). Chestnut shell as heavy metal adsorbent: Optimization study of lead, copper and zinc cations removal. *Journal of Hazardous Materials*. 172: 1402-1414.
- [31] Vázquez, G., Antorrena, G., González, J., & Doval, M.D. (1994). Adsorption of heavy metal ions by chemically modified *Pinus pinaster* bark. *Bioresource Technology*. 48: 251-255.
- [32] Çetin, N.S. & Özmen, N. (2002). Use of organosolv lignin in phenol-formaldehyde resins for particleboard production: I. Organosolv lignin modified resins. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 22: 477-480.

- [33] Zhang, W., Ma, Y., Xu, Y., Wang, C., & Chu, F. (2013). Lignocel-lulosic ethanol residue-based lignin–phenol–formaldehyde resin adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 40: 11-18.
- [34] Marsal, A., Maldonado, F., Cuadros, S., Elena Bautista, M., & Manich, A.M. (2012). Adsorption isotherm, thermodynamic and kinetics studies of polyphenols onto tannery shavings. *Chemical Engineering Journal*. 183: 21-29.
- [35] Sundar, V.J., Raghava Rao, J., & Muralidharan, C. (2002). Cleaner chrome tanning - emerging options. *Journal of Cleaner Production*. 10: 69-74.
- [36] Falcão, L. & Araújo, M.E.M. (2011). Tannins characterisation in new and historic vegetable tanned leathers fibres by spot tests. *Journal of Cultural Heritage*. 12: 149-156.
- [37] Vázquez, G., González-Alvarez, J., Santos, J., Freire, M.S., & Antorrena, G. (2009). Evaluation of potential applications for chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products*. 29: 364-370.
- [38] Rodrigues, F., Santos, J., Pimentel, F.B., Braga, N., Palmeira-de-Oliveira, A., & Oliveira, M.B. (2015). Promising new applications of *Castanea sativa* shell: nutritional composition, antioxidant activity, amino acids and vitamin E profile. *Food & Function*. 6: 2854-2860.
- [39] Vázquez, G., Fernández-Agulló, A., Gómez-Castro, C., Freire, M.S., Antorrena, G., & González-Álvarez, J. (2012). Response surface optimization of antioxidants extraction from chestnut (*Castanea sativa*) bur. *Industrial Crops and Products*. 35: 126-134.
- [40] Moure, A., Conde, E., Falqué, E., Domínguez, H., & Parajó, J.C. (2014). Production of nutraceuticals from chestnut burs by hydrolytic treatment. *Food Research International*. 65: 359-366.

Ficha Técnica:

**Riscos e Alimentos, nº 11
Junho 2016**

**Propriedade:
Autoridade de Segurança
Alimentar e Económica
(ASAE)**

**Coordenação Editorial, Edição e Revisão:
Departamento de Riscos
Alimentares e Laboratórios
(DRAL) /UNO**

**Distribuição:
DRAL/UNO**

**Periodicidade:
Semestral**

