



Aveleira: Estado da Transformação

FRUTOS SECOS: DA PRODUÇÃO À COMERCIALIZAÇÃO



EDITOR CNCFS

Paula M. R. Correia

Coordenador Científico

MANUAL TÉCNICO

AVELEIRA: ESTADO DA TRANSFORMAÇÃO

Maio 2017

EDITOR CNCFS

Projeto “**Portugal Nuts**” Norte-02-0853-FEDER-000004

Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos

FICHA TÉCNICA

Título: Aveleira: Estado da Transformação

Coordenador Científico: Paula M. R. Correia

Capa: CNCFS

Tiragem:

Impressão:

ISBN: 978-989-99857-4-2

AUTORES

Paula M. R. CORREIA

CI&DETS

Departamento de Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária
do Instituto Politécnico de Viseu

Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados
3650-606 Viseu, Portugal

Maria João LIMA

CI&DETS

Departamento de Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária
do Instituto Politécnico de Viseu

Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados
3650-606 Viseu, Portugal

Raquel P. F. GUINÉ

CI&DETS

Departamento de Indústrias Alimentares, Escola Superior Agrária
do Instituto Politécnico de Viseu

Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas, Ranhados
3650-606 Viseu, Portugal

Índice

Índice de Quadros	7
Índice de Figuras	8
1. Transformação da Avelã	1
1.1. Armazenagem e conservação	2
1.1.1. <i>Fatores que afetam a armazenagem</i>	2
1.1.2. <i>Possíveis alterações do fruto durante a armazenagem</i>	4
1.1.3. <i>Condições para uma boa armazenagem</i>	10
1.1.4. <i>Processos de conservação</i>	16
1.2. Composição química: efeitos na saúde	27
1.2.1. <i>Energia</i>	28
1.2.2. <i>Hidratos de Carbono</i>	29
1.2.3. <i>Lípidos</i>	30
1.2.4. <i>Proteínas</i>	31
1.2.5. <i>Atividade antioxidante</i>	32
1.2.6. <i>Atividade antimicrobiana</i>	33
1.2.7. <i>Vitaminas</i>	34
1.2.8. <i>Sais minerais</i>	35
1.2.9. <i>Doenças cardiovasculares e cancro</i>	36
1.3. Consumo: principais utilizações do fruto	37

1.3.1. <i>Em fresco</i>	41
1.3.2. <i>Processado</i>	42
1.3.2.1. <i>Secagem</i>	45
1.3.2.2. <i>Torrefação e desidratação</i>	46
1.3.2.3. <i>Farinhas de avelã</i>	51
1.3.2.4. <i>Outras formas de processamento</i>	53
1.3.3. <i>Outras utilizações</i>	53
1.3.3.1. <i>Bebidas Alcoólicas</i>	53
1.3.3.2. <i>Pastas de avelã</i>	54
1.3.3.3. <i>Avelãs de baixo valor calórico</i>	55
1.3.3.4. <i>Manteiga enriquecida com avelã</i>	56
1.4. Valorização do produto	57
1.4.1. <i>Utilização de componentes do óleo de avelã para aplicações variadas</i>	57
1.4.1.1. <i>Suplementos alimentares e fórmulas farmacêuticas</i>	58
1.4.1.2. <i>Cosmética</i>	59
1.4.2. <i>Culinária e ingredientes alimentares</i>	61
1.4.3. <i>Utilização do óleo de avelã para aplicações em tecnologia alimentar</i>	62
1.4.4. <i>Métodos para extração do óleo de avelã</i>	62
1.4.5. <i>Extração de compostos fenólicos dos frutos e dos subprodutos</i>	67

1.4.5.1. Avelã.....	67
1.4.5.2. Subprodutos.....	68
<i>1.4.6. Valorização de subprodutos de avelã através da extração de aditivos para plásticos.....</i>	<i>70</i>
<i>1.4.7. Valorização de subprodutos de avelã através da extração supercrítica de triglicerídeos.....</i>	<i>71</i>
2. Referências Bibliográficas	74

Índice de Quadros

Quadro 1 - Características Nutricionais da Avelã/100g	29
--	-----------

Índice de Figuras

Figura 1 - Gorgulho-da-avelã: a) Adulto, b) Larva.....	6
Figura 2 - Traça-indiana-da-farinha: a) Adulta, b) larva	7
Figura 3 - Contentores de plástico monobloco ou palotes	13
Figura 4 - Balança para pesagem das avelãs	13
Figura 5 - Limpeza, transporte e calibragem da avelã	14
Figura 6 - Sacos de rafia: (A) Vazios; (B) Com avelãs	14
Figura 7 - Armazenagem de avelãs em câmaras de refrigeração	14
Figura 8 - Miolo de avelã embalado a vácuo em caixa de cartão	15
Figura 9 - Linha de processamento de miolo de avelã: (A) Descascador; (B) Cabine de escolha manual; (C) Tapete transportador; (C) Calibradora de miolo.....	39
Figura 10 - Máquina de embalar miolo de avelã a vácuo.....	39
Figura 11 - Equipamento de torrefação da avelã	40
Figura 12 - Equipamento de trituração e calibragem	40
Figura 13 - Avelã de mesa para consumo <i>in natura</i>	42
Figura 14 - Praliné de avelã, trufas e bombons com recheio de avelã.....	44
Figura 15 - Dacquoise de avelã.....	44
Figura 16 - Baklavas (esquerda) e delícias turcas (direita) de avelã	45
Figura 17 - Aplicações da avelã torrada	47
Figura 18 - Licor Frangelico® de avelã	53
Figura 19 - Cremes de barrar com pasta de avelã.....	54

1. Transformação da Avelã

Com este estudo pretende-se abordar a temática da transformação da avelã, desde a sua armazenagem até ao consumo pelo consumidor final. Após a colheita e secagem destes frutos torna-se necessário a sua armazenagem e conservação de modo a garantir a sua qualidade e integridade, evitando alterações irreversíveis, nomeadamente a perda de valor nutricional e alterações nos seus atributos sensoriais, originando perdas substanciais em termos de rendimento. Devido às suas características química, a avelã apresenta-se como um alimento importante para a saúde e nutrição humana, nomeadamente devido à quantidade e qualidade dos seus lípidos, fibra, vitaminas e elementos minerais. O consumo de avelã está amplamente difundido pelo mundo, sendo consumida em fresco ou processado, contribuindo deste modo para a valorização destes frutos. A apetência para a transformação deve-se essencialmente às suas características organoléticas, levando a que seja uma matéria-prima importante na elaboração de produtos bastante consumidos e apreciados, como é o caso dos cremes de avelã e chocolate para barrar o pão, bem como a sua introdução na manufatura de chocolates com avelãs.

1.1. Armazenagem e conservação

Para obter um produto final de qualidade, neste caso o fruto ou um produto derivado deste, o controlo dos defeitos deve ser feito desde o pomar até à armazenagem, considerando um manuseamento adequado das avelãs após a sua colheita (Fontana *et al.*, 2014).

A avelã é um produto sazonal, daí a importância que as condições de armazenagem são muito importantes para manter a integridade, a qualidade e para prevenir a deterioração das avelãs, podendo os procedimentos menos adequados pós-colheita levar uma degradação do seu valor nutricional e das suas características sensoriais.

O tempo geralmente estimado para a comercialização da avelã ronda um ano, daí que a armazenagem seja uma etapa muito importante. Deste modo, terá de se adotar os melhores procedimentos e ter as melhores condições, bem como a possibilidade de utilizar os processos mais convenientes para preservar os frutos por maior tempo possível.

1.1.1. Fatores que afetam a armazenagem

O manuseamento e a armazenagem podem deteriorar tanto o valor nutritivo como o sabor dos frutos secos, e neste caso também

das avelãs. Existem fatores como a elevada temperatura de secagem ou o armazenamento prolongado com arejamento e/ ou uma temperatura e humidade relativamente elevadas têm efeitos negativos nos atributos da qualidade dos frutos secos (Tsantili *et al.*, 2011).

Existem fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam a vida útil das avelãs. Os fatores intrínsecos estão relacionados com a composição dos frutos, a atividade da água e potencial redox, enquanto os fatores extrínsecos são a colheita e os tratamentos pós-colheita, o processamento, a higiene, os materiais e os métodos de embalagem, a armazenagem, a distribuição e a comercialização. Estes fatores independentes podem interagir, podendo os seus efeitos combinados serem antagónicos ou sinérgicos (Özdemir, 1998). Deste modo, a qualidade final dos frutos secos, incluindo a avelã, é definida por uma série de fatores, como é o caso da oxidação dos lípidos, aparência, textura, flavor, composição química e nutricional, e ainda aspetos relacionados com a segurança alimentar, como é o caso da contaminação dos frutos por fungos patogénicos (Ghirardello *et al.*, 2013). A temperatura, os teores de humidade e oxigénio são considerados por alguns autores como os fatores mais importantes na armazenagem das avelãs (Ghirardello *et al.*, 2016).

O desenvolvimento de fungos, nomeadamente a presença de aflatoxinas, durante a armazenagem é um dos parâmetros da

qualidade e segurança das avelãs. Esta atividade microbiana torna-se significativa na perda da qualidade devido a práticas de colheita e pós-colheita. Os fatores que potenciam o seu desenvolvimento são:

- As avelãs são um bom substrato para o desenvolvimento de fungos saprófitas (Sakai *et al.*, 1984), nomeadamente para o crescimento do *A. flavus* (Fontana *et al.*, 2014).
- A humidade, a atividade da água e a temperatura são os parâmetros que controlam o desenvolvimento dos fungos, influenciando o seu desenvolvimento (Fontana *et al.*, 2014);
- A infestação com insetos, pois os micélios do *A. flavus* pode disseminar-se através destes, influenciando a contaminação das avelãs por aflatoxinas (Fontana *et al.*, 2014);
- O tempo de armazenagem e a presença ou ausência de casca (Schatzki *et al.* 2001; Campbell *et al.*, 2003; Fontana *et al.*, 2014).

1.1.2. Possíveis alterações do fruto durante a armazenagem

A inspeção das avelãs, quando são rececionadas no armazém é muito importante. Estes frutos podem sofrer várias alterações, e algumas simultâneas, que os podem danificar, principalmente a

presença de fungos.

Apesar de o fruto poder apresentar danos no momento da receção estes também podem ocorrer após a sua receção. Assim, torna-se extremamente importante identificar e registar se os danos existiam na altura em que as avelãs deram entrada no armazém ou se foram posteriores. Quando as avelãs chegam ao armazém deve-se observar os seguintes aspetos (Anónimo, 2010):

- Humidade nos sacos;
- Caixas de cartão com vestígios de óleo;
- Evidências de infestação de insetos;
- Sinais de danos provocados por amoníaco (pele do miolo escurecida), devido a danos pelo frio;
- Presença de odores estranhos.

As avelãs têm um invólucro exterior não edível que deve ser removido imediatamente após a colheita para que as avelãs sequem convenientemente e cheguem ao armazém com a humidade desejável. Quanto mais tempo o invólucro fica em contato com a avelã após a colheita, mais o fruto perde qualidade (Perry e Sibbett, 1998).

Alguns frutos chegam aos armazéns picados. A causa desta perda é devido ao gorgulho-das-avelãs, *Balininus nucum* ou *Curculia nucum* (L.) (Figura 1). É um pequeno gorgulho que perfura as

avelãs recém-formadas, com a sua lança pontiaguda, predominando a sua ação na primavera (mês de maio), causando a sua queda prematura. As suas larvas penetram no interior das avelãs, esvaziando o seu conteúdo (Bretauudeau e Fauré, 1990). Este inseto alimenta-se diretamente das avelãs e pode causar danos irreparáveis e também perda da qualidade dos frutos.

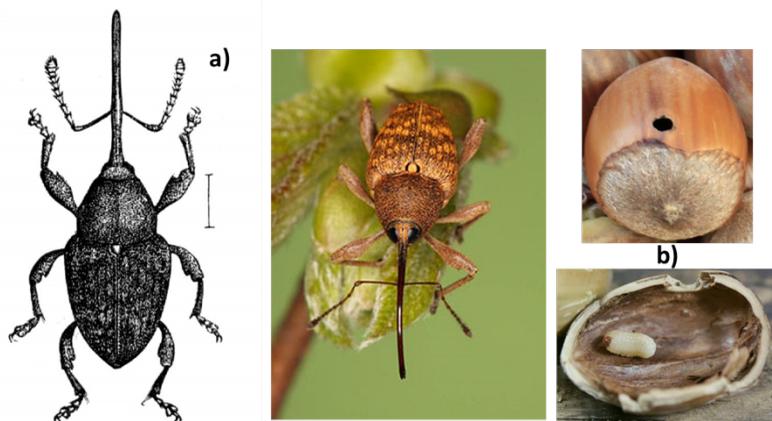


Figura 1 - Gorgulho-da-avelã: a) Adulto, b) Larva

A presença de insetos na altura da colheita pode ser alargada para a fase da armazenagem, continuando o consumo do fruto, apresentando problemas fitossanitários para os processadores, sendo considerados uma peste pós-colheita (Johnson *et al.*, 2009). Os danos provocados por estes insetos devido ao consumo dos frutos podem também provocar o aparecimento de fungos e de aflatoxinas (Campbell *et al.*, 2003).

Os roedores são outros organismos predadores das avelãs,

devendo o local da armazenagem ser bem protegido, sem aberturas diretas para o exterior.

As grandes perdas no armazenamento ocorrem devido à rancificação, aparecimento de bolores e devido à Traça-indiana-da-farinha (*Plodia interpunctella*), também conhecida popularmente como Traça-dos-cereais (Figura 2). De realçar que as avelãs podem ser comidas por esta traça no ano da colheita, evitando-se uma perda completa da colheita armazenando os frutos na casca (Olsen e Raab, 2013).

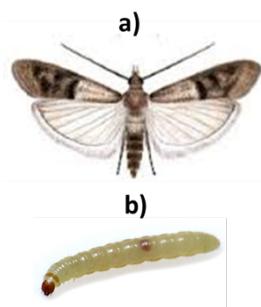


Figura 2 - Traça-indiana-da-farinha: a) Adulta, b) larva

A determinação das causas de perda da qualidade nas avelãs e a adoção de medidas preventivas são extremamente importantes para manter a elevada qualidade dos produtos. As alterações microbiológicas, químicas/ bioquímicas contribuem para a validade dos frutos e dos seus produtos (Özdemir, 1998).

Os fungos têm a sua origem principalmente de fungos oriundos do campo mas podem crescer e desenvolver-se durante os

processos subsequentes (Bakker, 1999). Devido à uma colheita insuficiente/ inadequada, bem como a métodos e condições de secagem e armazenagem mal realizados, o crescimento de fungos pode levar a perdas significativas da qualidade. Basaran *et al.* (2009) referiram a este respeito que a produção de aflatoxinas por fungos é um dos maiores problemas relacionado com a produção, a armazenagem e a comercialização das avelãs. Para além disto, a armazenagem deficiente pode contribuir para a oxidação lipídica e subsequente rancificação, contribuindo para a diminuição da validade das avelãs (Özdemir, 1998).

O crescimento de fungos altera a textura dos produtos devido à sua atividade enzimática nos hidratos de carbono, na gordura, na proteína e noutros componentes estruturais dos frutos. Foram isoladas mais de 100 espécies de fungos em avelãs, como é o caso dos géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Verticillium*, *Alternaria* e *Fusarium* (Eke e Göktan, 1987; Reder, 2014, Kibar e Öztürk, 2009). Uma das consequências do crescimento de fungos é a produção de micotoxinas, sendo estas tóxicas para o consumidor, como é o caso dos *A. flavus*, *A. tamaritii*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *A. wentii* e o *A. paraticus* (Sanchis *et al.*, 1988). A este respeito, Kibar e Öztürk (2009) e Beyhan *et al.* (2011) mencionam que o *Aspergillus flavus* L. e o *Aspergillus parasiticus* S. são os dois que causam maiores problemas e preocupações. Existem valores máximos para o teor de micotoxinas para as

avelãs destinadas ao consumo direto de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ e para os produtos com processamento adicional de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Commission Regulation (EC) N° 1881/ 2006). Mais recentemente a Comissão Europeia, no seu Regulamento n.º 165/ 2010, impôs os limites máximos de 8,0 ppb para a aflatoxina B1 e 15,0 ppb para a soma das B1, B2, G1 E G2. Beyhan *et al.* (2011) referiram a este respeito que as aflatoxinas produzidas pelos fungos *A. flavus* e *A. parasiticus* têm uma toxicidade elevada e apresentam efeitos carcinogénicos, sendo as que apresentam a maior toxicidade as aflatoxinas AFS e a B1 (Beyhan *et al.*, 2011). A prevenção, particularmente por exclusão ou redução dos fungos patogénicos nos frutos e da produção de toxinas, é o modo mais eficaz de restringir a contaminação por aflatoxinas (Magan *et al.*, 2004; Barung *et al.*, 2006).

As avelãs também podem ser contaminadas com bactérias, como é o caso do *S. aureus*, *Salmonella* e *E. coli*, as quais são patogénicas, causando toxi-intoxicações alimentares, aparecendo nas avelãs devido aos manipuladores e ao ambiente que as envolve (Özdemir, 1998).

Vários autores referem que a presença da casca é uma boa barreira contra a contaminação de bactérias e fungos (Bayman *et al.*, 2002; Campbell *et al.*, 2003; Basaran e Akhan, 2010), no entanto, a taxa e o grau de contaminação dependem da temperatura, da humidade, do solo e das condições de

armazenagem (Ozay *et al.*, 2008).

1.1.3. Condições para uma boa armazenagem

Depois das operações de colheita e limpeza, e se o teor de humidade das avelãs for superior a 8-10%, é necessário realizar a sua secagem, o mais rápido possível. Um dos métodos mais usuais consiste em espalhar as avelãs formando uma camada com espessura inferior a 40 cm a uma temperatura entre $35\pm 3^{\circ}\text{C}$. (Silva *et al.*, 2005).

Os frutos armazenam-se com casca e em silos bem ventilados e protegidos de oscilações térmicas significativas (Agustini, 2010).

O conhecimento do tipo de material de construção e as características do produto a armazenar são muito importantes para a conceção das estruturas de armazenagem. As propriedades mecânicas do produto, como por exemplo a fricção, a qual depende da estrutura superficial da semente e da sua disposição, e a deformação (Molenda *et al.*, 2004). A principal característica dos produtos granulosos, como sementes e frutos secos, e que os torna diferentes de materiais minerais, é a forte influência do teor de humidade nos seus comportamentos mecânicos e na sua deformação (Kibar e Öztürk, 2009). Wiacek *et al.* (2011) referem que o aumento do teor de humidade nos grãos armazenados resulta num aumento da pressão sobre as paredes do silo de

armazenagem. No caso de estudos realizados com avelãs verificou-se que o aumento da humidade nos frutos causou um aumento notório na pressão exercida nas paredes do silo, o que leva a um aumento da espessura das paredes do silo, aumentando os custos de construção. O facto de as avelãs estarem mais húmidas também provoca problemas de escoamento, levando a problemas de arqueamento do silo, escoamentos irregulares, causando escoamentos maioritariamente no centro do silo e depósito de frutos por longos períodos nas “zonas mortas” do silo. Nestes casos, o desenvolvimento de aflatoxinas nas avelãs é inevitável provocando falhas na armazenagem (Kibar e Öztürk, 2009).

Teores de humidade iguais ou inferiores a 6-8% ajudam a uma boa conservação dos frutos (Bretaudeau e Fauré, 1990).

As condições para uma boa armazenagem das avelãs são as seguintes (Anónimo, 2010; Beyhan *et al.*, 2011):

- Um local limpo, arejado e seco;
- Humidade relativa baixa e controlada;
- Possibilidade de circulação do ar;
- Evitar o contato com materiais odoríferos;
- Temperaturas baixas, tendo cuidado com os danos provocados pelo amoníaco usado em alguns sistemas

frigoríficos;

- Proteção dos roedores e insetos;
- Eliminação de frutos bolorentos;
- Sem luz direta do sol.

O tempo de duração da armazenagem depende muito da temperatura e da humidade. De um modo geral, o tempo de vida útil da avelã é mais curto para temperaturas ambientes, mas pode aumentar para mais de 1 ano ou 2 se forem submetidas a temperaturas de refrigeração ou congelação (Perry e Sibbett, 1998).

Para existir uma boa armazenagem de avelãs é necessário que a temperatura esteja entre 5-7°C, a humidade relativa inferior ou igual a 65%, e a humidade dos frutos inferior a 5%. Se a humidade relativa for de 78-80% e a temperatura de 20-30°C, é muito provável que se desenvolvam fungos e conseqüentemente o aparecimento de aflatoxinas (Beyhan *et al.*, 2011; Fontana *et al.*, 2014). Estes autores estudaram o efeito das condições de armazenagem com uma temperatura de 10°C e uma humidade relativa de 65%, verificando que as cinco variedades de avelãs estudadas não apresentavam qualquer vestígio de aflatoxinas, mesmo considerando anos de produção diferente (quatro anos consecutivos, 2005-2008). É ainda referido por alguns autores que o controlo da composição da atmosfera, da temperatura e o uso

de embalagem são técnicas importantes para aumentar o tempo de vida útil destes frutos (Lin *et al.*, 2012).

Em Portugal, em unidades de receção e armazenagem, as avelãs são colocadas em contentores de plástico monobloco ou palotes (Figura 3), sendo de seguida pesadas (Figura 4), limpas e calibradas (Figura 5). As avelãs, após calibração são embaladas em sacos de rafia (Figura 6) e de seguida armazenadas numa câmara de refrigeração (Figura 7), para seguirem posteriormente para a comercialização e para processos de transformação.



Figura 3 - Contentores de plástico monobloco ou palotes



Figura 4 - Balança para pesagem das avelãs



Figura 5 - Limpeza, transporte e calibragem da avelã



Figura 6 - Sacos de rafia: (A) Vazios; (B) Com avelãs



Figura 7 - Armazenagem de avelãs em câmaras de refrigeração

As avelãs são muitas vezes descascadas após receção no armazém e antes de proceder à sua armazenagem propriamente

dita, tendo em vista a redução do peso e volume. As avelãs descascadas absorvem humidade e odores muito facilmente, sendo necessário um bom acondicionamento e embalagem, bem como um bom manuseamento para manter a sua qualidade (Perry e Sibbett, 1998). Um dos processos utilizados é a embalagem primária em vácuo, sendo estas posteriormente colocadas numa embalagem secundária de papelão (Figura 8), favorecendo deste modo a manipulação e a comercialização dos miolos de avelã de modo a garantir a sua qualidade e segurança.



Figura 8 - Miolo de avelã embalado a vácuo em caixa de cartão

Gross *et al.* (2016) referem que logo após a colheita, os frutos devem ser secados até níveis de humidade inferiores a 10-12%, apresentado o miolo um teor de humidade de 6 a 7% para evitar o

crescimento de bolores. Quando as avelãs têm casca e sem estarem torradas podem ser armazenadas durante 24 meses, com perdas mínimas da qualidade a temperaturas inferiores a 10°C. A estas temperaturas, e no caso das avelãs torradas, estas só podem ser armazenadas durante 6 meses, antes de ser detetada a rancificação. Outros autores verificaram que a redução da temperatura pode ser mais eficiente na preservação dos frutos quando combinada com outras medidas de proteção, como é o caso da embalagem a vácuo, podendo levar a um aumento do período de armazenagem do miolo das sementes para um ano ou mais (Ebraheim *et al.*, 1994).

1.1.4. Processos de conservação

Após a queda das avelãs das árvores, estas são colhidas e/ou apanhadas, e quando necessário são secadas artificialmente ou ao sol. Quando são colhidas, a seu teor de humidade varia entre 20 e 50% em peso. Com este teor de humidade, os fungos podem crescer na superfície da casca e no miolo dos frutos, pois a casca é porosa. Fazendo circular o ar quente sobre e entre os frutos, ou secando-os ao sol, a humidade é reduzida geralmente para valores inferiores a 10%, impedindo o desenvolvimento dos fungos (Anónimo, 2010).

Quando à avelã chega ao armazém, normalmente avelãs sem

invólucros, mas com a casca, são conservadas em locais apropriados, em camadas, que vão sendo remexidas todos os dias (Breteau e Fauré, 1990). As avelãs devem estar secas aquando da sua armazenagem. Independentemente do processo de secagem, esta operação deve acontecer no máximo no prazo de 24h após a colheita (Olsen e Raab, 2013). Normalmente a secagem faz-se nos frutos com a casca, sendo o processo descrito no ponto 1.3.2.1. deste estudo. De salientar ainda que, as avelãs secas durante a armazenagem apresentam uma taxa respiratória muito baixa, produzindo níveis de etileno também muito baixos (Gross *et al.*, 2016).

Como foi referido no ponto 1.1.2. deste estudo, os insetos são uma preocupação em termos de armazenagem e conservação das avelãs. Apesar da bibliografia internacional fazer referência a vários tipos de tratamento para o controlo de insetos na armazenagem, como é o caso das fumigações com brometo de metilo e fluoridina sulfurilo, no caso do nosso país e de outros, e também devido à pressão de se reduzir ou não utilizar substâncias químicas para a conservação, têm-se adotado outras tecnologias, nomeadamente as altas e baixas temperaturas, irradiação, atmosferas modificadas e atmosferas controladas (Johnson *et al.*, 2009; Al-Bachir, 2004).

O tempo de armazenagem das avelãs à temperatura ambiente é mais reduzido do que às temperaturas de refrigeração ou

congelação. Quando os frutos são armazenados à temperatura ambiente, pode existir o crescimento de insetos, podendo os danos que estes causam levar a um processo de rancificação mais acelerado (Bruhn *et al.*, 2010). As avelãs conseguem manter a sua qualidade a estas temperaturas durante alguns meses, reduzindo esse tempo se estiverem sujeitas a temperaturas mais elevadas. Ghirardello *et al.* (2014) a este respeito indicam como tempo de armazenagem de avelãs 8 meses. O facto de os frutos ficarem rançosos não significa falta de segurança, o que acontece é que estes apresentam um flavor forte que muitas pessoas acham desagradável (Bruhn *et al.*, 2010).

As condições de armazenagem que sejam capazes de retardar a oxidação dos lípidos e a sua hidrólise favorecem a preservação da qualidade. Os melhores processos de conservação da avelã são a refrigeração ou a congelação (Olsen e Raab, 2013). Reduzir a temperatura pode ser um processo eficiente, nomeadamente quando realizada em simultâneo com outros processos como é o caso do embalamento a vácuo (Ebraheim *et al.*, 1994).

Os frutos podem ser refrigerados ou congelados com casca ou só o miolo, sendo acondicionados em sacos de plástico para evitar a absorção de aromas e de humidade (Olsen e Raab, 2013).

A refrigeração preserva a qualidade dos frutos e dos seus produtos devido aos seguintes fatores (Anónimo, 2010):

- Inibição das alterações na cor;
- Retarda as reações de rancificação;
- Atrasa as reações de envelhecimento;
- Previne o crescimento de insetos;
- Previne ou retarda o crescimento da maior parte dos fungos.

As avelãs secas têm um período de vida útil de um ano ou um pouco mais quando são refrigeradas (4°C) (Ghirardello *et al.*, 2014), podendo aumentar para 2 anos ou mais se forem congeladas (-18°C) (Olsen e Raab, 2013; Bruhn *et al.*, 2010).

Guiné *et al.* (2014) e Guiné *et al.* (2015) verificaram que as baixas temperaturas, refrigeração e congelação, provocavam menores alterações nos frutos, sendo os processos de conservação recomendados para manter as suas características. Ghirardello *et al.* (2013) referem que a armazenagem realizada a temperaturas baixas favorece a manutenção da frescura e estabilidade por períodos longos, tendo por base a avaliação de duas características discriminativas, a acidez e o valor dos peróxidos nas avelãs. Estes autores verificaram também que após um ano de armazenagem, a acidez das avelãs à temperatura ambiente era de 0,47% ácido oleico, valor mais elevado do que o valor aceitável como limite após a armazenagem (0,40% ácido oleico). No entanto as avelãs armazenadas a temperaturas de refrigeração mantêm um teor

baixo de acidez (0,13% ácido oleico) e oxidação de lípidos (0,057 O₂ mmolkg⁻¹).

No caso de não se dispor de instalações de frio artificial, a conservação dos frutos deverá ser realizada em locais com temperaturas baixas e secos, tal como foi mencionado anteriormente. Deste modo, quanto mais baixa é a temperatura, maior é o tempo de preservação da qualidade dos frutos. A armazenagem dos frutos congelados aumenta o seu tempo de prateleira, mas eleva os custos de energia associados para a esta redução de temperatura. A congelação de avelãs não é uma prática normal para preservar a sua qualidade, porque as temperaturas de refrigeração são normalmente suficientes para o mercado normal, apesar do processo de congelação não provocar alterações na cor, no flavor, ou na textura dos frutos para o mercado em fresco ou para produtos processados (Anónimo, 2010). A este respeito, Gross *et al.* (2016) referem que as avelãs são frutos que não são sensíveis a temperaturas de congelação e que as avelãs são comumente armazenadas a temperaturas de congelação ou abaixo destas por períodos longos de conservação.

Vários estudos demonstraram que a utilização de temperaturas baixas associadas a atmosferas modificadas são processos comuns de conservação utilizados para o controlo de reações enzimáticas, peroxidações químicas e para a preservação do valor nutritivo dos alimentos.

A atmosfera controlada e a atmosfera modificada são dois processos de conservação que podem ser aplicados para aumentar o tempo de vida útil das avelãs. Ghirardello *et al.* (2014) referem que o período de conservação em atmosfera modificada (1% oxigénio e 99% nitrogénio) permite prolongar a conservação da avelã para mais de um ano sem perder as suas qualidades. Keme *et al.* (1983) verificaram que era possível conservar as variedades de avelãs Piemonteses, Roman e Ákcakoca à temperatura ambiente em nitrogénio por um período de tempo prolongado, com uma perda de qualidade equivalente a baixas temperaturas (3-6°C) e humidade relativa controlada (50-60%). Outros autores também concluíram que as avelãs podem ser armazenadas em atmosferas de nitrogénio à temperatura ambiente, com efeitos nos frutos comparáveis com as condições de armazenagem a 3-6°C e humidade relativa de 50-60% (Johnson *et al.*, 2009). Mencarelli *et al.* (2008) realizaram 3 testes diferentes em avelãs secadas e sem casca para determinarem a melhor temperatura e composição da atmosfera de armazenagem, indicando os resultados que as melhores condições para manter a cor, a firmeza, a acidez e o valor dos peróxidos são temperaturas baixas, 4°C, e elevadas concentrações de nitrogénio, 98-100%. Estes resultados foram corroborados também por Moscetti *et al.* (2012) e Massantini *et al.* (2009) para as avelãs frescas, sem qualquer tipo de processamento, principalmente para períodos de armazenagem superiores a 12 meses.

Ghirrardello *et al.* (2016) realizaram um estudo sobre o efeito das condições na armazenagem nos compostos fenólicos, na capacidade antioxidante e no teor em hexanal (bom indicador da oxidação de lípidos) das avelãs, os quais podem sofrer oxidações durante este processo. As variáveis testadas foram o tempo (0, 4, 8 e 12 meses), a temperatura (ambiente, 5°C e -25°C) e disponibilidade de oxigénio (ar ambiente, vácuo e atmosfera modificada 1% O₂ e 99% N₂). Concluíram que os compostos fenólicos não eram significativamente afetados pelas condições de armazenagem, no entanto as baixas temperaturas e os teores reduzidos de oxigénio reduzem a oxidação dos lípidos, tendo esta última um efeito mais relevante. As amostras embaladas a vácuo, com ou sem nitrogénio, foram as que apresentaram melhores resultados.

San Martin *et al.* (2001) estudaram a conservação da avelã da variedade Negret em atmosferas controladas. As avelãs com casca e sem casca foram armazenadas a diferentes níveis de oxigénio (1, 5, 10 e 20 kPa O₂) a duas temperaturas (7°C e 25°C), sendo a qualidade das avelãs monitorizada através da determinação do teor de peróxido, acidez, percentagem de ácidos gordos insaturados e análise sensorial. Depois de um ano de armazenagem, concluíram que, apesar de nenhuma das condições testadas causar uma rancificação significativa nos frutos, uma atmosfera com um teor de oxigénio inferior a 10 kPa

reduz significativamente a auto-oxidação e que as temperaturas de 7°C atrasam a rancificação dos lípidos. Também Santis *et al.* (2009) verificaram que as avelãs conservadas em vácuo, com ou sem nitrogénio, preservaram a suas qualidades aromáticas e os seus atributos sensoriais, e que a ausência de oxigénio e temperaturas baixas contribuíram positivamente para a sua preservação.

Como referido anteriormente, a contaminação das avelãs, especialmente induzida por fungos, insetos, os seus ovos e larvas, é um problema importante em termos de saúde pública, causando perdas pós-colheita consideráveis na armazenagem e na cadeia de distribuição. A aplicação de irradiação gama é outra tecnológica promissora na conservação pois pode-se atingir determinados objetivos, dependendo da dose de radiação absorvida, como redução de perdas de armazenagem, aumento do período de vida útil e/ ou aumenta a segurança dos alimentos devido à redução da flora microbiana e dos parasitas (Fernandes *et al.* 2011). O Codex Geral de Normalização para a Irradiação de alimentos limita a dose média até 10 kGy (Anónimo, 1999). Na última década, foram realizados alguns estudos relativos à aplicação desta técnica. Dogan *et al.* (2007), Ozyardimci *et al.* (2006) e Mexis e Kontominas (2009) investigaram os efeitos da irradiação gama nos tecidos e ao nível moléculas, nos parâmetros da qualidade e na inibição de algumas espécies que são importantes para o armazenamento

das avelãs. Recentemente, Güler *et al.* (2017) estudaram o efeito desta irradiação nas características químicas e sensoriais das avelãs sem qualquer tratamento, isto é, ao natural ao longo de 18 meses de armazenagem. Estes autores verificaram que as avelãs irradiadas com uma dose de 0,5 kGy apresentavam excelente qualidade tendo como referência os valores encontrados para os ácidos gordos, valor dos peróxidos e o teor de vitamina E, não afetando as suas qualidades sensoriais.

Basaran *et al.* (2010) estudaram o efeito da irradiação com micro-ondas em avelãs no controlo da produção de aflatoxinas produzidas pelo fungo *Aspergillus parasiticus*. Estes autores verificaram que a aplicação de micro-ondas durante 120s reduziu significativamente o n.º de fungos na superfície das avelãs, e como consequência a contaminação dos frutos com micotóxicas também aconteceu.

Concluíram também que as micro-ondas eram eficientes não só como tratamento da superfície da avelã mas também o miolo pode ser aquecido diretamente e rapidamente sem ser removida a casca, levando a um destacamento muito fácil da película que o envolve, o que pode ser vantajoso para alguns processos de transformação descritos mais à frente neste estudo.

Relativamente ao condicionamento, os frutos secos com casca, tal como as avelãs, absorvem facilmente a humidade e odores externos, devendo de ser embaladas em recipientes/ sacos de

plástico limpos, não permeáveis a odores e humidade (Bruhn *et al.*, 2010).

Num estudo realizado por Guiné *et al.* (2015), no qual se utilizaram dois tipos de sacos de polietileno, um de alta densidade e outro de baixa densidade para conservação da avelã, observou-se que os mesmos não tiveram impacto sobre a textura, a cor e a atividade da água dos frutos.

A utilização de sacos Xtend®, com utilização de diferentes tipos de atmosferas modificadas, tem-se tornado cada vez mais popular entre os produtores e industriais, devido à presença a baixas concentrações de oxigénio e, ao mesmo tempo, elevadas concentrações de dióxido de carbono na embalagem, por causa da respiração dos frutos. Simultaneamente existe um aumento da humidade relativa no interior dos sacos, devido à transpiração dos frutos, no entanto, o material dos sacos Xtend® permitem controlar a difusidade permitindo que o excesso de água saia para o exterior, ficando os valores de humidade relativa entre 90-95%, a qual é altamente favorável para a armazenagem e para o prolongamento da vida útil de avelãs frescas (Artes *et al.*, 2000; Aharoni *et al.*, 2008; Markuszewski *et al.*, 2015). O estudo de Markuszewski *et al.* (2015) demonstrou ainda que as avelãs frescas armazenadas em sacos Xtend® e em atmosferas controladas apresentaram pesos mais elevados e teores de humidade mais elevados, quando comparadas com as avelãs

conservadas em atmosfera normal. Verificaram ainda que, algumas variedades de avelãs embaladas nos sacos Xtend® apresentaram um aumento no crescimento de fungos e doenças abióticas, quando comparadas com as atmosferas normais e controladas (0-1°C, humidade 85-95%; 3% O₂: 3% CO₂, humidade 85-95%, respetivamente).

Para além da embalagem, também podem ser aplicados revestimentos comestíveis às avelãs para prolongar a sua validade. Chlebowska-Smigiel *et al.* (2008) estudaram o efeito da aplicação do revestimento edível de pullulana em avelãs e verificaram que exercia um impacto positivo na redução das alterações físico-químicas que ocorrem durante a armazenagem. Observaram que existia uma inibição dos processos de rancificação hidrolítica e oxidativa da gordura das avelãs, bem com uma diminuição da perda de massa (evaporação de água) dos frutos.

No caso do consumidor, quando adquire avelãs, deverá ter cuidado com a sua conservação, pois estes frutos têm uma quantidade razoável de gordura o que leva a que rancifiquem facilmente. Assim, as avelãs devem ser conservadas, bem-acondicionadas num frasco ou numa caixa herméticos, num local seco e arejado, sendo os frutos com casca os que têm maior duração. No caso dos frutos moídos, para além de estarem bem condicionados, estes poderão ser guardados a temperaturas de

refrigeração para aumentar o tempo de conservação.

1.2. Composição química: efeitos na saúde

O interesse pelos alimentos funcionais tem vindo a ser objeto de estudo por parte de investigadores em todo o mundo e a avaliação dos efeitos fisiológicos no ser humano devido à ingestão de fibra, frutos secos, frutos e vegetais encontra-se intimamente associado a benfeitorias significativas na saúde. As avelãs podem, devido às suas características nutricionais e nutracêuticas, constituir um alimento valorizado para a saúde humana, nomeadamente devido à quantidade e qualidade dos seus constituintes. Estudos epidemiológicos e clínicos recentes demonstram que uma alimentação contendo os alimentos adequados previne o aparecimento de muitas doenças crónicas (doenças cardiovasculares, hipertensão, colesterol, osteoporose, diabetes, certos tipos de cancro), de modo que a escolha dos alimentos adequados se torna essencial.

A maioria das espécies possui uma alta percentagem lipídica (cerca de 60%), ricas sobretudo em ácido oleico, proteínas, hidratos de carbono, fibra dietética, vitaminas (nomeadamente vitamina E), minerais, fitoesteróis (β -sitoesterol), esqualeno e antioxidantes fenólicos. (Alasalvar *et al.*, 2006a, 2006b).

No entanto, convém referir que a composição física, química e

nutricional das avelãs depende de múltiplos fatores tais como do cultivar, da ecologia circundante, das aplicações culturais escolhidas (Parcerisa *et al.*, 1995; Koksak *et al.*, 2006 e Ozdemir e Akinci, 2004), da colheita e tipo de armazenamento, entre outros.

1.2.1. Energia

A quantidade de energia que cada alimento fornece é variável com a riqueza e tipo de nutrientes que o compõem, podendo ser avaliada através da determinação do equivalente calórico dos seus elementos nutritivos principais. Para este fim, calcula-se o equivalente energético (kcal/g) por queima de uma amostra de peso conhecido em atmosfera de oxigénio numa bomba calorimétrica e medida a quantidade de calor que se produz.

Para determinar o valor calórico de uma dada dieta é necessário saber, por análise química, a quantidade exata de nutrientes principais, e depois multiplicar o peso de cada componente pelo equivalente calórico correspondente. Fazendo agora uma avaliação da energia contida numa amostra de 100 g de avelã, que é da ordem dos 587 a 628 kcal, podemos concluir que se trata de um fruto muito energético, (Silva, 2003) igualmente designado como tendo elevada densidade calórica.

Em seguida apresenta-se uma tabela que inclui um resumo das principais características nutricionais da avelã (Tabela 1).

Quadro 1 - Características Nutricionais da Avelã/100g

Valor Energético	587-650 kcal
Hidratos de Carbono	2,5-22%
Celulose e pectinas	1-3%
Proteínas	10-24%
Lípidos	50-73%
	8% ácidos gordos saturados
	82% ácidos gordos monoinsaturados
	9% ácidos gordos polinsaturados
	11% ácidos gordos insaturados
Vitaminas	Vitamina B2, B6 e vitamina E

Fonte: Adaptado de Koksal *et al.*, 2006 e Vadivel *et al.*, 2012.

1.2.2. Hidratos de Carbono

A sacarose é o açúcar mais abundante presente nas avelãs, embora a frutose, a glucose, o mio-inositol e a rafinose também possam estar presentes em quantidades residuais. O total de açúcar das avelãs varia entre 2,8 e 5,6%. Ao longo da maturação do fruto, a glucose, a frutose e o sorbitol desaparecem, enquanto que a rafinose só aparece no final do processo de maturação da avelã.

O conteúdo em monossacarídeos (glucose e frutose) das avelãs é inferior a 0,05g/100g e um aumento para valores maiores que 0,1g/100g indica que os frutos são velhos ou foram mal armazenados, por outro lado, valores de sacarose inferiores a 2g/100g indicam que as avelãs estão deterioradas (Silva, 2003).

1.2.3. Lípidos

A avelã constitui uma ótima fonte lipídica. Os ácidos gordos presentes na avelã são essenciais para a manutenção de um cérebro saudável e prevenção da doença de Alzheimer. Por outro lado, uma dieta rica em avelãs melhora a função endotelial prevenindo a oxidação do LDL colesterol, com melhorias nos marcadores anti-inflamatórios. No entanto, estes efeitos benéficos parecem desaparecer cerca de 4 semanas após uma dieta sem a ingestão das mesmas. Recomenda-se assim uma ingestão continuada, sem afetar significativamente o valor calórico ingerido (Orem *et al.*, 2013).

No que diz respeito à sua composição lipídica, a avelã é essencialmente constituída por ácido oleico (80%) - ácido gordo monoinsaturado (MUFA- monounsaturated fatty acids,) cujos efeitos positivos na saúde são bem conhecidos (Gillingham *et al.*, 2011), linoleico (13%) e ácido palmítico (5,4%) (Koksal *et al.*, 2006).

Igualmente o perfil de triacilgliceróis, de tocoferol e tocotrienol estão fundamentalmente presentes nas variedades portuguesas de avelãs. (Amaral *et al.*, 2006a). A maioria das avelãs parece conter alfa, beta e gama tocoferol (Goncuoglu e Gokmen, 2015).

Quanto ao óleo de avelã, possui cerca de 74-83% de triacilgliceróis (Lerma-Garcia, 2011) e a posição dos ácidos gordos na molécula

verifica-se ser fundamental para a ação biológica, contribui para as propriedades físicas do mesmo, bem como para a detecção de possíveis adulterações/fraudes. O rácio de ácidos gordos não saturados/saturados presentes no óleo de avelã é cerca de 11,8, em comparação com os valores 5,7 no óleo de noz e 2,9 no óleo de pistácio (Dubois *et al.*, 20). Possui ainda ácidos gordos polinsaturados, nomeadamente ácido linoleico (6,39 to 16.0%), ácido palmítico (4,59 – 7,08%) e ácido esteárico (2,08 – 4,61%) no qual os ácidos gordos saturados constituem cerca de 8,86% do total dos ácidos gordos (Goncuoglu e Gokmen, 2015).

1.2.4. Proteínas

Cerca de 10 a 20% do peso das avelãs são proteínas (Silva, 2003). As proteínas possuem uma função construtora e reparadora; são essencialmente nutrientes energéticos e plásticos. São indispensáveis para a formação e crescimento de tecidos, contribuem para a formação de enzimas imprescindíveis na digestão dos alimentos e produzem anti-corpos e hormonas que permitem o bom funcionamento do organismo. Foram identificados cerca de 16 aminoácidos nomeadamente alanina, arginina, ácido aspártico, cistina, ácido glutâmico, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, serina, treonina, tirosina e valina na avelã (Xu e Hanna, 2010) em algumas variedades de avelã.

1.2.5. Atividade antioxidante

Os antioxidantes combatem os radicais livres responsáveis pelas doenças degenerativas e pelo envelhecimento; reforçam igualmente o sistema imunitário e promovem a boa saúde, aumentando a vitalidade e a energia física e mental.

Oliveira *et al.* (2008) fizeram um estudo para determinar a atividade antioxidante em diferentes variedades portuguesas de avelãs (Daviana, F. Coutard e M. Bollwiller) usando diferentes metodologias, nomeadamente o poder redutor, a atividade DPPH e a peroxidação lipídica pela inibição do beta-caroteno linoleato.

Os resultados obtidos indicaram que a cultivar Daviana possuía poder redutor superior, seguido das cultivares F. Coutard e M. Bollwiller. Quanto à metodologia do DPPH verificou-se que a atividade era dependente da concentração, nomeadamente para concentrações inferiores a 4 mg/mL. Dadas as propriedades antioxidantes da avelã, muitos investigadores concluem que a sua utilização na dose adequada na alimentação, pode trazer inúmeros benefícios nutricionais.

Um outro estudo realizado por Goncuoglu e Gokmen executado na película castanha da avelã revelou a presença de compostos bioativos, nomeadamente compostos fenólicos, flavonóides e ácidos fenólicos e ainda tocoferóis (alfa-tocoferol). Estes autores referem que a avelã com película apresentou uma capacidade

antioxidante bastante superior àquela que já não a possuía. Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso se formam em condições de *stress* como, infecções, ferimentos, radiações UV, entre outros (Angelo e Neuza, 2007).

1.2.6. Atividade antimicrobiana

Um estudo de Oliveira *et al.* (2008) para determinar a atividade antimicrobiana de 3 variedades de avelã (Daviana, F. Coutard e M. Bollwiller) demonstrou, após a determinação da concentração mínima inibitória em bactérias tais como *B. cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. Pneumoniae* e fungos (*C. albicans* e *C. neoformans*), atividade antimicrobiana para bactérias Gram positivas (*B.cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus*). Logo, a avelã exibe igualmente atividade antimicrobiana para alguns tipos de bactérias.

A avelã constitui assim um produto hortícola com possíveis benefícios para a saúde humana, visto constituir uma excelente fonte de MUFA, podendo prevenir o aparecimento de elevadas doses de colesterol, base da aterosclerose e de acidentes vasculares isquémicos. Para além disso, possui um elevado valor energético e nutricional e disponibiliza compostos bioativos com

ação antimicrobiana e antioxidante com potencial utilização em doenças cujos radicais livres estejam implicados.

1.2.7. Vitaminas

As avelãs, tal como qualquer fruto, são também fontes de vitaminas.

Destaca-se o alto conteúdo em vitamina E, sendo o fruto seco mais rico nesta vitamina.

A ingestão diária de 100g de avelã perfaz completamente as necessidades diárias do organismo em vitamina E bem como simultaneamente cerca de 40% das necessidades diárias em tiamina e 30 a 24% das necessidades de vitamina B6 (Silva, 2007) a qual é necessária para a criação de mielina, a bainha isoladora dos nervos que aumenta a velocidade e eficiência de impulsos elétricos, o que permite ao sistema nervoso funcionar corretamente e ainda auxilia na produção de glóbulos vermelhos. Além do mais, a Vitamina B6 é fundamental para a síntese dos neurotransmissores tais como a serotonina, a melatonina e a adrenalina. A avelã constitui ainda uma fonte de vitamina B2 a qual disponibiliza a energia dos alimentos, o crescimento em crianças e a restauração e manutenção dos tecidos. Estas vitaminas são essenciais na formação do sangue e da saúde mental, especialmente para crianças em idade de desenvolvimento.

Alguns autores referem propriedades benéficas da vitamina E (Oliveira *et al.*, 2008) presente na avelã. Esta vitamina possui um dos grupos antioxidantes mais importantes, desempenhando um papel fundamental na destruição dos radicais livres. É ainda responsável pela regeneração de todos os tecidos do corpo, incluindo sangue, pele, ossos, músculos e nervos.

1.2.8. Sais minerais

Os designados sais minerais são os constituintes que restam como cinzas depois da incineração dos tecidos animais e vegetais. A quantidade de cinzas contidas numa amostra de 100 g de avelã é de cerca de 2 g. A maioria dos minerais são encontrados nas células vivas (porém nem todos são essenciais à vida). Os minerais são classificados como minerais principais (quando são necessários em quantidades superiores a 100 mg/diários- caso do (Ca, P, Cl, Na e Mg) e oligoelementos (quando são necessários em quantidades inferiores a 100 mg/diários tais como Fe, Zn, Cu, Mn, I e Mo); a maioria dos minerais ocorre livremente na natureza, nomeadamente nos rios, lagos, oceanos, e abaixo da superfície terrestre.

Em relação aos minerais maioritários, observam-se valores elevados para o potássio, fósforo, magnésio e cálcio, enquanto que para o sódio os valores encontrados nas avelãs são baixos.

O selênio constitui um multifacetado elemento na medida em que é um elemento químico muito tóxico em grandes quantidades, mas essencial para o corpo em pequenas quantidades, sendo um mineral fortemente associado ao sistema imunológico recentemente denominado de quimiopreventivo (Clark *et al.*, 1996). Torna-se essencial para a saúde a nível celular, atuando como antioxidante e como anticoagulante que varia consideravelmente, de acordo com o cultivar de avelã (Dundar e Altundag, 2004).

1.2.9. Doenças cardiovasculares e cancro

Estudos revelam que os frutos secos, como os amendoins, caju, pistachos, nozes, amêndoas e avelãs podem ajudar a diminuir o risco de doenças cardiovasculares e até o cancro. De facto, esta característica advém da sua riqueza em polifenóis, ácidos gordos monoinsaturados, entre outros que ajudam a reduzir o risco de contrair certas doenças crónicas e cancerígenas.

Um estudo do Imperial College London, mostra que aqueles que consomem, pelo menos, 20g diários de avelãs, nozes, amêndoas, avelãs, amendoins, pistácios e caju, apresentam menores riscos de contrair algumas doenças graves. De acordo com este estudo, comer o equivalente a uma mão cheia desta variedade de frutos por dia reduzirá o risco de doenças cardiovasculares em 30%, o

risco de cancro em 15% e reduzirá ainda as probabilidades de morrer de forma precoce em 22%. Além disso, este hábito alimentar pode ainda diminuir em 40% o risco de diabetes e a morte por doenças respiratórias. Os investigadores consideram que estes benefícios provêm do valor nutricional dos frutos de casca rija. As avelãs, as nozes e os amendoins são ricos em fibras, magnésio e gorduras polinsaturadas. Este tipo de nutrientes é benéfico para reduzir o risco de doenças cardiovasculares e os níveis de colesterol. Algumas variedades de noz, como a noz pecan, são ricas ainda em antioxidantes, capazes de combater sintomas de *stress* e reduzir o risco de cancro.

A presença de ácidos gordos monoinsaturados, promovem um perfil lipídico saudável, permitem a manutenção de normais de pressão arterial e favorecem a modulação da sensibilidade à insulina e controlo da glicémia (Associação Americana de Coração e Nutrição, 2006).

1.3. Consumo: principais utilizações do fruto

Desde o Neolítico que, nas regiões da Europa e Cáucaso, a avelã era utilizada na alimentação Humana. Este fruto é um excelente alimento dada a sua riqueza em lípidos, fibra alimentar, proteínas, sais minerais (em especial cálcio) e vitaminas (em particular vitamina E), com as vantagens de apresentar baixas quantidades

de sódio e açúcares. Para os que seguem um regime alimentar vegetariano, os frutos secos podem fornecer muitos dos nutrientes geralmente obtidos a partir de produtos animais, como a maior parte das vitaminas do complexo B, fósforo, ferro, cobre, potássio e proteínas (Silva, 2003).

A avelã pode ser consumida em *in natura* ou depois de torrada, em variadas aplicações gastronómicas e industriais. De acordo com Sullivan *et al.* (2014) as avelãs são consumidas cruas, torradas e ainda escaldadas. A avelã pode ser utilizada inteira, fragmentada, em pasta ou moída.

A Figura 9 mostra uma unidade de britagem de avelã em Mangualde. Nesta unidade, as avelãs depois de calibrada vão ser descascadas e escolhidas, seguindo-se a calibração dos miolos, os quais vão ser embalados numa máquina de vácuo (Figura 10). Nesta unidade também se faz avelã torrada, utilizando-se para o efeito o equipamento representado na Figura 11. Para além desta transformação a avelã também pode ser triturada e calibrada para posterior comercialização, normalmente estas duas operações são realizadas no mesmo equipamento (Figura 12).



Figura 9 - Linha de processamento de miolo de avelã: (A) Descascador; (B) Cabine de escolha manual; (C) Tapete transportador; (C) Calibradora de miolo



Figura 10 - Máquina de embalar miolo de avelã a vácuo



Figura 11 - Equipamento de torrefação da avelã



Figura 12 - Equipamento de trituração e calibragem

Na Turquia existem 180 empresas de britagem com uma capacidade anual de 1,8 milhões de toneladas (numa base "in-shell"), e 40 unidades de transformação com uma capacidade anual de 350.000 toneladas (numa base de grão). Há cerca de 65% de capacidade não produtiva no setor, e os cinco maiores transformadores representam cerca de 40% da produção. Na sua grande maioria as indústrias não são verticalmente integradas e apenas algumas empresas participam em todas as fases do processamento (Bozoğlu, 2005).

O destino da maior parte da produção mundial de avelã é a indústria, sendo que cerca de 70% se destina à chocolataria e 20% para gelados e pastelaria, restando apenas 10% da produção total que é para o consumo direto, quer em fresco, quer noutras aplicações (Silva, 2003).

1.3.1. Em fresco

São as características da avelã que determinam a sua adaptação ao consumo em fresco (mesa) ou para a utilização na indústria alimentar, principalmente na elaboração de produtos derivados do cacau. Assim, na qualidade da avelã devem considerar-se as características morfológicas e a estabilidade à oxidação lipídica (rancificação). Quanto às características morfológicas e físicas da casca e fruto destacam-se o volume, o peso, o aspeto, a

uniformidade, a fibrosidade e a rugosidade (Silva, 2003).

A avelã de mesa (Figura 13) deve ter o coração de diâmetro maior que 20 mm, a forma não necessariamente arredondada, casca pouco espessa e aspeto atraente (Silva, 2003).



Figura 13 - Avelã de mesa para consumo *in natura*

1.3.2. Processado

As características físicas que definem a aptidão do fruto para a indústria são: o rendimento, o índice de rotundidade, desprendimento do pericarpo, a perda de peso e a fragilidade do coração à torrefação. Estes parâmetros permitem a seleção das variedades para a comercialização e a utilização da avelã inteira, fragmentada, ou em pasta de avelã, em função do produto desejado (Silva, 2003).

As avelãs de forma esférica são utilizadas em produtos que

exigem frutos inteiros, enquanto que as alongadas (com maior tendência à rotura na britagem) têm como principal destino a produção de avelã fragmentada ou pasta de avelã (Silva, 2003).

As variedades mais adequadas à laboração industrial são as de forma esferoidal (Silva, 2003).

Segundo o mesmo autor, a avelã utilizada na indústria da pastelaria deve ter o coração túrgido, pequeno, sub-esférico e uniforme, sabor e aroma excelentes, teor adequado em gordura, o perisperma fino e de fácil remoção e deve ser isenta de fibras a recobrir o tegumento.

As avelãs são usadas em confeitaria para fazer pralinês, em trufas de chocolate ou nos bombons Ferrero Rocher® (Figura 14), para além de vários outros produtos na gama dos chocolates (Sullivan *et al.*, 2014).

É também muito utilizada para a confecção de gelados em todo o mundo. “Gelato di Nocciola” (gelado de avelã) é uma sobremesa clássica italiana, muito popular e que pode ser encontrado em cada gelataria (Sullivan *et al.*, 2014).

A “Dacquoise” é um bolo feito com camadas de merengue de amêndoa e avelã e chantilly ou creme de manteiga (Figura 15). É servido em França, geralmente refrigerado e acompanhado por fruta (Sullivan *et al.*, 2014).



Figura 14 - Praliné de avelã, trufas e bombons com recheio de avelã



Figura 15 - Dacquoise de avelã

Na Turquia as avelãs são utilizadas na produção de baklavas (uma especialidade doce turca) e delícias turcas (Figura 16), para além de biscoitos, pudins, doces, bolos e waffles (Sullivan *et al.*, 2014).



Figura 16 - Baklavas (esquerda) e delícias turcas (direita) de avelã

As avelãs são ainda transformadas em pickles e usadas para fazer um doce na Turquia (Sullivan *et al.*, 2014).

1.3.2.1. Secagem

Na maioria das plantações as avelãs são secadas ao ar livre, já que são poucas as quintas que possuem as suas próprias instalações para secagem. As explorações agrícolas utilizam instalações privadas de secagem ou então cooperativas. Em Itália a colheita é altamente mecanizada com o uso de máquinas de grande capacidade. O produto é secado principalmente por secadores agrícolas ou utilizando os colocados à disposição pelas cooperativas de produtores, mas nas pequenas propriedades a

secagem é feita ao ar livre (Tombesi, 2005).

Kaya *et al.* (2005) estudaram a secagem por métodos artificiais de frutos de avelã em estufa elétrica. Após a colheita, o teor de humidade de avelã era de 25-30%, sendo necessária a sua diminuição para apenas 6% no fruto. A secagem foi feita a 30, 35 e 40 °C e a secagem em condições naturais (ao ar) foi utilizado como o controle. A máquina de secagem foi projetada com um rolo horizontal trabalhando em 60 voltas/hora. Durante o processo de secagem, o teor de humidade bem como o consumo elétrico foram determinados. Uma hora após a remoção a razão de humidade era de 0,26%, 0,35% e 0,30% e o consumo energético de 2,39, 3,33 e 4,02 kW/hora, para as temperaturas de 30, 35 e 40 °C, respetivamente.

1.3.2.2. Torrefação e desidratação

A principal utilização das avelãs é a indústria de confeitaria, com aproximadamente 300.000 t/ano utilizados na produção de chocolate (Sullivan et al 2014). As avelãs são geralmente usadas em *snacks* e confeitos, bolos e gelados depois de serem torradas (Figura 17) (Alasalvar *et al.*, 2010).

Realiza-se o processo de torrefacção nas avelãs para remover as pílulas dos frutos, inativar as enzimas, destruir os microrganismos e reduzir a atividade da água. Além disso, a torrefacção é utilizada

para melhorar a cor, a textura crocante e o sabor do produto (Burdack-Freitag and Schieberle, 2010; Marzocchi *et al.*, 2017).



Figura 17 - Aplicações da avelã torrada

O tratamento térmico aplicado durante os processos de torrefação conduz a alterações físicas como a desidratação, modificações de cor, alterações bioquímicas incluindo modificação da estrutura lipídica e reações de Maillard que dão origem a compostos de pirazinas associados ao desenvolvimento do sabor tostado típico (Marzocchi *et al.*, 2017).

A torra é o passo mais importante do processamento de avelã, e que lhe dá o seu sabor distintivo, cor característica e textura

crocante. Adicionalmente, a torrefacção aumenta a formação de compostos que exercem atividade antioxidante e inativam enzimas e microrganismos indesejáveis. Por outro lado, provoca reações que resultam em perda de valor nutricional ou formação de compostos indesejáveis como 5-hidroxiacetilfurfural (Göncüoğlu Taş e Gökmen, 2017).

A torrefacção industrial é realizada a temperaturas que variam entre 100 °C e 160 °C durante 10-60 minutos com ar seco, dependendo da cor e textura desejadas. No entanto, é geralmente realizada a 145 °C durante 15 min (Amaral et al 2006, Göncüoğlu Taş e Gökmen, 2017).

As reações químicas que são responsáveis pelas mudanças durante a torrefacção são principalmente reações de Maillard e caramelização. A natureza das avelãs e as condições de torrefacção ($T > 100$ °C e $t > 10$ min) são adequadas para o desenrolar destas reações (Kocadağlı *et al.*, 2012). As reações de Maillard acontecem para temperaturas acima dos 70-80 °C e dão-se entre os aminoácidos e os açúcares, enquanto as reações de caramelização se dão a temperaturas mais elevadas (superiores a 100 °C) e envolvem tanto a isomerização de açúcares como reações de degradação (Göncüoğlu Taş e Gökmen, 2017).

Cierniewska-Żytkiewicz *et al.* (2014) evidenciaram uma diminuição do teor de humidade de acordo com as condições de tempo/temperatura da operação de torra e uma mudança de cor

de avelã com uma diminuição dos valores L^* e a^* quando comparados com amostras não torradas, indicando uma tendência para o escurecimento e diminuição da intensidade da coloração avermelhada.

Schmitzer *et al.* (2011) e Pelvan *et al.* (2012) observaram uma perda de teor de compostos fenólicos de cerca de 66% nas avelãs torradas em relação às frescas, devido à remoção da pele que contém a maior parte dos fenóis.

Alguns autores investigaram as consequências da torrefação nos tocoferóis: Schlörmann *et al.* (2015) mostraram uma diminuição de α e β -tocoferóis após o tratamento de torrefação de cerca de 34% e 40%, respectivamente, para temperaturas na gama 139.2 – 180.4 °C e tempos a variar de 15 a 21 min. Amaral *et al.* (2006) encontraram apenas uma redução de 9% do teor de α -tocoferol em condições de torrefação de 185 °C durante 15 min, em comparação com as avelãs *in natura*.

Amaral *et al.* (2006) avaliaram algumas características nutricionais da fração lipídica de avelãs submetidas a diversos tratamentos térmicos, compreendendo diferentes temperaturas (125-200 °C) e tempos de exposição (5, 15 e 30 min). Os resultados que obtiveram mostraram que ocorreram alterações de pouca expressão na composição em ácidos gordos e triacilglicerol. À medida que as temperaturas e períodos de torrefação aumentaram, geralmente, ocorreu um aumento ligeiro do ácido

oleico e dos ácidos gordos saturados e uma diminuição do ácido linoleico. De forma semelhante, foi encontrado nas amostras torradas um aumento de triacilgliceróis contendo unidades de ácido oleico e uma diminuição dos que continham unidades de ácido linoleico. A torrefação causou uma diminuição modesta dos fitoesteróis benéficos (máximo 14,4%) e dos homólogos da vitamina E (máximo 10,0%) e um aumento pouco significativo dos ácidos gordos *trans*. Porém, Schlörmann *et al.* (2015) relataram no seu estudo que a composição em ácidos gordos não foi afetada pela operação de torra. Além do ácido tiobarbitúrico, os produtos de oxidação de lípidos, tais como TBARS (substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico), podem ser formados principalmente a partir de PUFA's (ácidos gordo polinsaturados) durante o processamento térmico e podem diminuir o valor nutricional das avelãs. O MDA (malondialdeído ou propanodial), por exemplo, é um dialdeído de três carbonos produzido a partir da decomposição de hidroperóxidos, que são derivados da oxidação de PUFA's e podem formar adutos com proteínas e ADN. Schlörmann *et al.* (2015) reportaram um aumento no composto MDA para temperaturas de torrefação mais elevadas.

Schlörmann *et al.* (2015) para a torra de avelã com temperaturas e tempos variáveis (139.2–180.4 °C ; 15–21 min) relataram uma diminuição na capacidade antioxidante hidrofílica de 1,4 vezes, em comparação com os frutos não tratados.

Alasalvar *et al.* (2003) compararam as composições voláteis de avelãs *in natura* e torradas (165 °C/25 min) e verificaram que após a torrefação o perfil dos compostos voláteis apresentou-se mais concentrado e rico em novos compostos, não presentes nas amostras iniciais

Em geral, as avelãs torradas a temperaturas baixas ou médias (120-160 °C) apresentaram as melhores propriedades sensoriais. Por conseguinte, a qualidade sensorial desejada juntamente com uma composição nutricional e em compostos bioativos favoráveis pode ser conseguida por torrefação numa gama de temperaturas baixa a média (Schlörmann *et al.*, 2015).

1.3.2.3. Farinhas de avelã

Da moenda fina do grão obtém-se farinha de avelã, que pode ser usada como um substituto da farinha de cereais, como agente ligante ou aromatizante em panificação e pastelaria (Silva, 2003).

A farinha de avelã parcialmente desengordurada pode servir diretamente como ingrediente para processamento de produtos alimentares ou para a obtenção de pasta de avelã com reduzido teor lipídico, permitindo obter produtos finais ricos em fibras, em proteínas e com delicado aroma a avelã muito apreciado nos produtos de padaria, pastelaria e confeitaria (Silva, 2003).

As farinhas parcialmente desengorduradas de avelã são

interessantes, do ponto de vista nutricional e tecnológico, muito embora estes produtos não sejam ainda amplamente comercializados. O prazo de validade das farinhas de avelã está estritamente correlacionado com a acidificação/peroxidação do teor de gordura residual das mesmas. Na verdade, o processo de torrefação influencia fortemente a qualidade e a estabilidade das avelãs (bem como das farinhas após prensagem) durante a sua vida útil, particularmente no que se refere à peroxidação da fração lipídica. Assim, diferentes combinações de tempo-temperatura levam a diferentes impactos nos produtos derivados das avelãs (Cristofori *et al.*, 2009).

Cristofori *et al.* (2009) caracterizaram algumas amostras de farinhas de avelã parcialmente desengorduradas (a partir de avelãs *in natura* e torradas). Estas mostraram possuir propriedades nutricionais interessantes, particularmente no que se refere à composição em aminoácidos ramificados (1,67, 2,45 e 1,31 g/100 g, para valina, leucina e isoleucina, respectivamente) para a farinha com alto grau de torra. O ácido glutâmico foi o principal aminoácido recuperado tanto das farinhas não torradas como torradas. A tendência de acidificação e peroxidação das farinhas durante o período de validade (avaliado até 6 meses) revelou que estes produtos são bastante estáveis se armazenados à temperatura ambiente (25 °C) no escuro. Os autores encorajam o uso dos produtos derivados das avelãs devido às suas

propriedades nutricionais mas alertam para o facto de a torrefação ter um forte impacto na fração vitamínica, com o teor de alfa-tocoferol a apresentar uma diminuição de ~20% após a torrefação.

1.3.2.4. Outras formas de processamento

Nos últimos anos, para além do consumo em fresco, a avelã tem sido processada por diversas técnicas: secagem, esmagamento, moagem ou branqueamento (Ayfer *et al.*, 1997).

1.3.3. Outras utilizações

1.3.3.1. Bebidas Alcoólicas

O licor Frangelico® é um licor de avelã e ervas produzido em Canale na região do Piemonte, no norte da Itália (Figura 18).



Figura 18 - Licor Frangelico® de avelã

Este licor data de há mais de 300 anos e foi criado por monges cristãos que viviam na zona. Atualmente é usado em pelo menos 45 receitas de bebidas mistas (Sullivan *et al.*, 2014).

1.3.3.2. Pastas de avelã

As avelãs podem ser cortadas em pequenos fragmentos (cubos) e em lascas e convertidas em pastas e purés para inclusão noutros produtos. Produtos que incluem pasta de avelã são por exemplo Nutella® ou Tulicreme® (Figura 19) (Sullivan *et al.*, 2014).



Figura 19 - Cremes de barrar com pasta de avelã

A pasta de avelã pode acrescentar corpo, doçura, aroma e humidade a recheios e coberturas utilizadas nos ramos da pastelaria e confeitaria (Silva, 2003).

Na Áustria, e especialmente em Viena, a pasta de avelã é um ingrediente de tortas tais como a torta de avelã vienense (Sullivan *et al.*, 2014).

Uma pasta de avelã e pequenos pedaços são usados para aromatizar iogurtes na Inglaterra (Sullivan *et al.*, 2014).

1.3.3.3. Avelãs de baixo valor calórico

As avelãs são ricas em proteína, hidratos de carbono complexos, fibra dietética, potássio, ferro, cálcio e vitaminas, sendo pobres em sódio e açúcar. Contêm 62% de óleo e não têm colesterol, sendo, no entanto, ricas em ácido oleico (até 82%) do total de gordura. Com estes atributos nutricionais, a avelã assume um papel importante na dieta. Verifica-se, no entanto, que o seu consumo é relativamente baixo (1600g/ano na Suíça, 1500 g/ano na Alemanha, 1400 g/ano na Áustria ou 350 g/ano na Turquia), devido ao desconhecimento do seu valor nutricional. Porém, os países produtores pretendem incentivar o seu consumo e promovê-lo como um snack saudável e nutritivo e como um alimento saudável (Pala and Turk, 1997). Um obstáculo a esta promoção poderá ser o seu elevado conteúdo em gordura, pelo que eliminação de parte dessa gordura para produzir avelãs *light* é uma hipótese.

Pala e Unal (1997) utilizaram a extração supercrítica para produzir avelãs de baixo valor calórico. Verificaram o efeito de diferentes pressões (200 e 280 Bars), temperaturas (40 e 45 °C) e tempos de extração (4, 6 e 12 h) sobre a redução no conteúdo em óleo das avelãs. Os resultados evidenciaram que todos os fracotes

estudados são importantes para influenciar a remoção do óleo.

1.3.3.4. Manteiga enriquecida com avelã

O consumo de manteiga diminuiu nas últimas décadas devido, em parte, às suas limitações físicas e em parte devido às suas fracas propriedades nutricionais. Emami *et al.* (2014) avaliaram o efeito da adição de avelã nas propriedades da manteiga, tendo em conta que a avelã é fonte de ácidos gordos insaturados e composto com atividade antioxidante. Adicionaram avelã em pó à manteiga nas proporções de 10, 20 e 30%, tendo sido mantidas no frigorífico durante 4 semanas. Os resultados que obtiveram revelaram que as amostras de manteiga fortificada com avelã apresentaram maiores valores de acidez versus menor índice de peróxido, bem como valores de estabilidade oxidativa do que as amostras de controlo. Além disso, a concentração de ácidos gordos insaturados, incluindo ácidos gordos essenciais, foi significativamente maior nas amostras de manteiga fortificada. Os teores de tocoferóis também foram maiores para as amostras fortificadas. A avaliação sensorial não mostrou diferença significativa entre as amostras fortificadas versus a amostra de controlo em termos de aceitação geral ou quaisquer características de sabor indesejáveis. Este estudo introduz um novo produto lácteo funcional que pode ser um passo em frente

para a modificação da manteiga tornando-a com características nutricionais mais apelativas.

1.4. Valorização do produto

1.4.1. Utilização de componentes do óleo de avelã para aplicações variadas

A avelã contém moléculas que são potentes antioxidantes, tais como a vitamina E, que pode representar uma medida preventiva contra doenças crónicas, incluindo patologias cardiovasculares e demências (Alzheimer), e ainda aliviar os sintomas do envelhecimento. O componente bioativo com maior potencial antioxidante é o α -tocoferol (uma das formas da vitamina E, e a mais ativa), e tem inclusive sido investigado pela atividade antioxidante e pela sua associação benéfica na prevenção do cancro e da arteriosclerose (Bacchetta *et al.*, 2009).

O óleo de avelã é bastante rico em componentes de interesse para aplicação na indústria farmacêutica e cosmética. Medel *et al.* (2009) avaliaram óleo de avelã de vários génotipos no que respeita a Vitamina E (tocoferóis e tocotrienóis), ácidos gordos monoinsaturados (*cis*) e fitoesteróis. Conseguiram quantificar teores médios de tocoferóis totais (1,42 $\mu\text{g/g}$), de α -tocotrienol (63,41 a 163,74 $\mu\text{g/g}$), correspondendo a um conteúdo elevado neste fitoquímico. Outras fracções foram os tocotrienóis β , γ e δ

com 1,08, 9,47 e 0,12 µg/g, respetivamente.

Nas aplicações da indústria farmacêutica e também em cosmética, estes componentes assumem papéis fundamentais no combate aos radicais livres, através de um efeito antioxidante, contribuindo para minimizar os efeitos do envelhecimento celular. Os radicais livres derivados de oxigénio são responsáveis por danos relacionados com a idade ao nível das células e dos tecidos. Numa situação normal, existe um balanço equilibrado entre oxidantes, antioxidantes e biomoléculas. Porém, um excesso na geração de radicais livres pode sobrecarregar as defesas antioxidantes naturais levando à oxidação e contribuindo para comprometer o funcionamento celular (Fusco *et al.*, 2007).

Foram desenvolvidos genótipos de avelã com aplicabilidade interessante no campo da fitoterapia e cosmética. As características físicas e químicas do óleo de avelã tem potenciais aplicações nos cuidados de pele, para tratamentos de restauração (turgor, elasticidade, cura) e como filtro de radiação UV (Medel *et al.*, 2009).

1.4.1.1. Suplementos alimentares e fórmulas farmacêuticas

A indústria farmacêutica e dos suplementos alimentares, em resposta a esta necessidade, preocupa-se em encontrar fórmulas/suplementos ricos em antioxidantes para combater o

envelhecimento celular e promover o bem-estar geral do corpo humano. Alguns suplementos alimentares à base de plantas adquiridos em farmácias contêm materiais vegetais, como extrato de chá verde, extrato de Ginkgo Biloba, extrato de soja, extrato de trevo vermelho, extrato de salsa, extrato de feijão-verde, extrato de bétula, ou ainda própolis ou mel. Os suplementos contêm também, em quantidades e combinações diferentes, vitaminas (B6, C, D3 e E), lactobacilos, óleo de peixe, glucosamina ou sulfato de condroitina (Magiera *et al.*, 2015, Pereira *et al.*, 2013).

1.4.1.2. *Cosmética*

O óleo de avelã, para além de ser comestível, é muito utilizado na cosmética, na preparação de cremes, com especial destaque para os produtos destinados a peles secas, devido às suas propriedades emulsionantes. Este óleo é adstringente e fecha os poros da pele, sendo recomendado para as peles gordurosas e nos casos de acne (Silva, 2003).

Também ao nível das formulações no campo da cosmética a utilização de agentes antioxidantes e anti-envelhecimento (anti-colagenase e anti-elastase) é muito comum, para promover uma pele saudável e rejuvenescida (Bourgeois *et al.*, 2016). Muitos cosméticos que são comercializados hoje em dia contêm frequentemente antioxidantes como ingredientes ativos

fundamentais. Sabe-se que as reações de oxidação podem produzir radicais livres, os quais podem funcionar como iniciadores de reações em cadeia que irão danificar as células da pele. Assim, um aumento na quantidade de radicais livres pode levar a vários efeitos nefastos na pele, nomeadamente enrugamento, fotoenvelhecimento, elastose, secagem e pigmentação da pele. Os antioxidantes de aplicação tópica podem terminar as reações em cadeia removendo os intermediários de radicais livres e inibindo outras reações de oxidação, já que são eles próprios oxidados. Atuando desta forma, têm uma ação de defesa da pele contra o *stress* causado pelos radicais livres (Kusumawati e Indrayanto, 2013).

Vitaminas que são frequentemente incluídas em formulações usadas na indústria dos cosméticos são as vitaminas A, C e E, e que são utilizadas para cremes anti-envelhecimento para a pele e protetores solares, já que a radiação solar é um indutor de stresse e potencial gerador de radicais livres.

A escolha dos extratos ou compostos vegetais ativos certos, a confirmação da sua atividade e a sua estabilidade e efeitos sinérgicos nos produtos cosméticos são fatores importantes para a formulação de um produto eficaz (Mercurio *et al.*, 2015).

Medel *et al.* (2009) estudaram a composição em ácidos gordos monoinsaturados *cis* (*cis*-MUFAs) e a qualidade de filtro UV do óleo de avelã. Os resultados permitiram detetar 12 *cis*-MUFAs,

sendo que quatro deles apenas estavam presentes em quantidades vestigiais. O óleo de avelã é composto por uma considerável quantidade de cis-MUFAs incomuns tendo entre 14 a 24 carbonos, com quatro grupos diferentes (C16, C18, C20 e C22).

O efeito da dupla ligação posicional na cadeia acil (Δ/ω), o seu peso molecular e o número de átomos de carbono juntamente com a natureza da pele, podem explicar o comportamento excepcional de filtro UV do óleo de avelã, quando comparado com óleos de outros frutos secos.

1.4.2. Culinária e ingredientes alimentares

Dado o alto teor em lípidos da avelã, ela pode ser utilizada na produção de um óleo de qualidade, mediante uma tecnologia que permita a preservação natural da composição química da matéria-prima (Silva, 2003). O óleo pode ser utilizado na alimentação Humana como condimento e para fritura, com múltiplos usos em culinária servindo também como ingrediente na produção de alimentos (Sullivan *et al.*, 2014).

O óleo de avelã pode ainda ser submetido ao processo de endurecimento para obtenção de margarina. Esta margarina pode substituir a gordura animal ou adicionar aroma, riqueza nutricional e proteínas a alimentos de panificação e confeitaria, como por

exemplo bombons, rebuçados caramelos, molhos e recheios (Silva, 2003).

A utilização da avelã como ingrediente alimentar permite obter texturas diversas e proporcionar aromas bem definidos e muito agradáveis, para além de melhorar o aspeto nutritivo do produto. Os atributos nutritivos da avelã foram aproveitados para melhorar uma série de produtos alimentares, como sejam produtos de pastelaria, produtos lácteos, cereais de pequeno-almoço, chocolataria e aperitivos (Silva, 2003).

1.4.3. Utilização do óleo de avelã para aplicações em tecnologia alimentar

Além da sua contribuição para a saúde humana, o óleo de avelã tem potenciais utilizações na conceção de novas formulações de margarina e manteiga para melhorar as propriedades físicas do produto (por exemplo, a capacidade de espalhar) devido às suas viscosidades mais baixas em comparação com as gorduras saturadas (Özkal *et al.*, 2005).

1.4.4. Métodos para extração do óleo de avelã

A avelã é uma boa fonte de lípidos, os quais constituem cerca de 60% dos frutos. O óleo de avelã é composto principalmente por ácidos gordos insaturados, e representam 93% do total do óleo.

Os principais componentes são os ácidos oleico e palmitoleico, que representam 70% da fração dos ácidos gordos (Taş e Gökmen, 2015; Uquiche *et al.*, 2008).

A extração convencional de óleo vegetal é realizada por prensagem ou extração com solvente, sobre os frutos triturados, sendo este último o método mais eficiente. No entanto, a sua aplicação ao nível industrial apresenta algumas desvantagens, tais como problemas de segurança das instalações, emissões de compostos orgânicos voláteis para a atmosfera, custos de operação elevados, geração de efluentes e produtos de má qualidade devido á utilização de altas temperaturas de processamento (Uquiche *et al.*, 2008). Um dos solventes que podem ser utilizados para a extração do óleo é o hexano, e a extração com solvente a 55 °C pode durar várias horas (10 h) (Taş e Gökmen, 2015).

A extração mecânica do óleo por compressão é tecnicamente menos extensiva e menos trabalhosa do que o método de extração com solvente (Oyinlola *et al.*, 2004; Uquiche *et al.*, 2008). A segurança e simplicidade de todo o processo apresentam vantagens quando comparadas com o equipamento de extração com solvente, mesmo o mais eficiente. Além disso, a utilização da pressão mecânica origina geralmente produtos com melhor preservação das suas propriedades nativas e livres de produtos químicos (como solventes orgânicos nocivos), para além de ser

um processo mais seguro. No entanto, a extração realizada apenas aplicando pressão sobre as sementes é relativamente pouco eficiente, sendo por isso aconselhável recorrer a novas metodologias, nomeadamente ao nível de pré-tratamentos dos substratos que permitam uma melhor retenção e disponibilidade dos metabolitos desejáveis das plantas. Nestes pré-tratamentos incluem-se o descasque ou remoção de películas, corte e redução de tamanho ou moagem, tratamento térmico (cozimento ou radiação micro-ondas) e ainda hidrólise enzimática (Singh e Bargale, 2000; Uquiche *et al.*, 2008).

Uquiche *et al.* (2008) investigaram o impacto do pré-tratamento com micro-ondas antes da extração do óleo por prensagem na microestrutura, rendimento de recuperação e qualidade do óleo de avelã. Os investigadores concluíram que um pré-tratamento por micro-ondas a 400 W durante 240 s permitiu extrair até 45,3% do óleo inicialmente presente no fruto. A aplicação de micro-ondas pode auxiliar modificando a microestrutura dos tecidos do substrato e aumentando a transferência de massa de óleos e outros lipídeos menores, como é demonstrado no aumento da matéria insaponificável no óleo extraído, melhorando o rendimento do óleo de extração. Observações com microscopia de luz podem confirmar o impacto das micro-ondas na microestrutura do substrato, tornando as paredes celulares mais permeáveis e permitindo dessa forma que o óleo se mova com mais facilidade

através das paredes celulares permeáveis. Ademais, verificaram ainda os investigadores que a aplicação de micro-ondas tem um efeito positivo na qualidade do óleo, apresentando consideravelmente maior estabilidade à deterioração oxidativa quando comparadas com avelãs não submetidas ao pré-tratamento por micro-ondas, possivelmente devido à inativação da enzima oxidativa e ao maior teor de ácidos gordos insaturados nas amostras de óleo não tratadas em comparação com as avelãs que foram submetidas ao pré-tratamento por micro-ondas.

A extração com dióxido de carbono supercrítico (CO₂-SC) oferece as vantagens de utilizar solventes não tóxicos, não explosivos e rentáveis. Permite a extração a baixas temperaturas e a remoção fácil e completa do solvente do produto final. O CO₂-SC tem sido aplicado para a extração de óleo de vários frutos secos (amêndoa, avelã, amendoim, noz-pecã e pistácio) (Li *et al.*, 1999, Özkal *et al.*, 2005, Santerre *et al.*, 1994).

A extração de óleo de avelã com um sistema de extração em batelada requer um tempo de extração bastante longo (24 h), a deve se realizada em gamas de pressão e temperatura apertadas, 20-28 MPa e 40-45 °C, respectivamente (Özkal *et al.*, 2005).

Conduzir um processo com fluido supercrítico bem-sucedido requer conhecimento da solubilidade do soluto. Esta informação é essencial antes de otimizar o rendimento de extração ajustando a pressão, a temperatura, velocidade de fluxo de solvente e tempo

de extração. Além da solubilidade, é também necessário conhecer a transferência de massa para projetar ou escalar estes processos, muito embora sejam escassos os modelos que descrevem a solubilidade e extração de óleos de frutos secos (Marrone *et al.*, 1998).

Özkal *et al.* (2005) estudaram a solubilidade do óleo de avelã em CO₂-SC para gamas relativamente amplas de pressão e temperatura: 15-60 MPa e 40-60 °C, respetivamente, com um caudal de CO₂-SC de 2 mL/min.

A extração ocorreu em duas fases, uma primeira (período de extração rápida) em que o óleo livre na superfície das partículas foi extraído, correspondendo a uma recuperação de 39% do óleo inicial; e uma segunda (período de extração lenta) em que se faz a extração do óleo não livre que estava no interior das células intactas. Verificou-se que a duração do período de extração rápida diminuiu com o aumento da pressão e da temperatura e a recuperação máxima de óleo obtida no global foi de 59% a 60 MPa e 60 °C, durante 180 min de extração.

Os investigadores concluíram ainda que os coeficientes de transferência de massa da fase fluida e da fase sólida aumentaram com o aumento da pressão e da temperatura.

1.4.5. Extração de compostos fenólicos dos frutos e dos subprodutos

Os compostos fenólicos são uma ampla classe de metabolitos das plantas, que compreendem mais de 10 mil compostos, com considerável importância na fisiologia e morfologia das plantas. Estes compostos assumem um papel essencial no crescimento e reprodução, sendo também responsáveis por mecanismos de defesa das plantas contra fatores de *stress*. Para além disso, contribuem para a pigmentação e características sensoriais de frutas e vegetais (Angelo e Jorge, 2007; del Baño *et al.*, 2003; García-Guzmán *et al.*, 2015; Gonzales *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2015; Peleg *et al.*, 1998).

Os compostos fenólicos podem ser divididos entre flavonoides ou não flavonoides (Jimenez-Garcia *et al.*, 2013; King e Young, 1999). O grupo dos flavonoides compreende os flavanois, flavonois, isoflavonas, flavonas, flavanas, flavanonas, proantocianidinas e antocianinas (Belitz *et al.*, 2009; Jimenez-Garcia *et al.*, 2013; Howell *et al.*, 2001). Os não flavonoides incluem os tocoferois, ácidos fenólicos, taninos hidrolisáveis, estilbenos, cumarinas e lignanas (Belitz *et al.*, 2009; King e Young, 1999).

1.4.5.1. Avelã

Prosperini *et al.* (2009) investigaram os constituintes fenólicos em

extratos de avelã, obtidos a partir de amostras desengorduradas e utilizando diferentes misturas de solventes sob condições de refluxo a diferentes temperaturas. Depois, foi feita a extração e hidrólise dos ácidos fenólicos. Utilizando análise por HPLC, os investigadores identificaram a presença de doze ácidos fenólicos, sendo os principais o ácido gálico, o ácido cafeico, o ácido p-cumárico, o ácido ferúlico e o sinápico. Em todos os extratos, o ácido gálico foi o mais abundante, tanto na forma livre como esterificada.

A solução aquosa de etanol a (80%) a 80 °C mostrou-se mais eficaz para a extração quantitativa de derivados do ácido benzóico, mas, em contrapartida, o extrato obtido com solução aquosa de acetona (80%) a 50 °C permitiu identificar o maior número de ácidos fenólicos. Os autores sugerem, no entanto, ser importante fazer estudos que permitam conhecer o efeito do armazenamento e processamento nestes compostos.

1.4.5.2. Subprodutos

Os frutos de avelã têm uma casca dura e lisa, e a semente é coberta por um pericarpo castanho-escuro (pele), que é normalmente removido antes do consumo, após a torrefacção do grão. Está amplamente documentado que os subprodutos extraídos tanto da película bem como da casca dura da avelã, podem ser considerados uma fonte importante de novos

antioxidantes naturais e eficientes, como derivados dos fenólicos (Locatelli *et al.*, 2010; Shahidi *et al.*, 2007).

Contini *et al.* (2009) avaliaram o efeito antioxidante potencial de um extrato fenólico bruto obtido com etanol a 80% a partir de subprodutos da pele de avelã por meio de um processo melhorado de extração. O extrato foi analisado quanto aos efeitos anti-radicalares, redutores e quelantes *in vitro*, e além disso, foi realizado um teste *in vivo* em ratos. Foi ainda estudada a estabilidade do extrato dissolvido em etanol durante a armazenagem por seis meses, à temperatura ambiente e sob condições de refrigeração. Os resultados mostraram que a pele de avelã desengordurada é uma excelente fonte de antioxidantes fenólicos naturais muito eficientes. A pele desengordurada proporcionou um rendimento

Elevado no extrato bruto (mais de 30%). Os resultados obtidos com a caracterização do extrato foram muito relevantes, pois este apresenta uma concentração fenólica elevada (743,5 mg EAG/g m.s.), alta eficiência anti-radicalar (superior a antioxidantes sintéticos como BHA (Hidroxianisole butilado), BHT (Hidroxitolueno butilado), Trolox e α -Tocoferol puros, tendo ainda demonstrado atividade de redução de Fe(III) e quelante do Fe(II). O estudo *in vivo* mostrou uma atividade biológica evidente do extrato, que foi capaz de melhorar o potencial antioxidante do plasma em ratos. Os resultados dos testes de armazenagem demonstraram

que o extracto de pele de avelã pode ser armazenado à temperatura ambiente durante vários meses, mantendo a sua capacidade antioxidante. Devido às suas potenciais propriedades antioxidantes e nutraceuticas, os extractos derivados da pele de avelã poderão satisfazer a procura de novos produtos inovadores na preparação de alimentos e bebidas inovadoras com valor dietético/funcional.

1.4.6. Valorização de subprodutos de avelã através da extração de aditivos para plásticos

Em virtude do elevado consumo de avelãs, o processamento agrícola e industrial gera uma elevada quantidade de subprodutos ricos em substâncias de elevado valor, tais como lipídios, fosfolípidos, proteínas, ácidos nucleicos e componentes fibrosos (celulose, hemicelulose, lenhina, etc.), os quais podem ser extraídos e utilizados como aditivos ou agentes de enchimento para matrizes poliméricas (Battezzore *et al.*, 2014; Parcerisa *et al.*, 1998).

A plastificação de poli-(ácido láctico) (PLA), bem como a melhoria da foto-estabilidade de poli-(propileno) (PP) e as suas propriedades mecânicas têm sido amplamente investigados (Battezzore *et al.*, 2014; Bocchini *et al.*, 2011; Piorkowska *et al.*, 2006). Battezzore *et al.* (2014) estudaram um processo de

extração de múltiplas etapas para separar três frações de avelã, consistindo em plastificantes para PLA, antioxidantes para melhoramento da foto-estabilização do PP e enchimento de reforço para ambos os polímeros. Estas frações foram posteriormente caracterizadas do ponto de vista químico e térmico (por espectroscopia de infravermelhos, calorimetria de varrimento diferencial e termogravimetria), e depois misturados em fusão com PLA ou PP. Assim, a primeira fração foi utilizada como plastificante em PLA, a segunda para proteção UV de PP e a última para reforçar ambas as matrizes. Os resultados que os investigadores obtiveram mostraram que a primeira fração parcialmente plastificou o PLA. A segunda fração revelou ser constituída por absorvedores de UV bem como estabilizadores térmicos que aumentaram o tempo de indução da oxidação do PP em 30% no caso da pele de avelã. A última fração foi capaz de aumentar o módulo de armazenamento de PLA e PP até 30% e 20% (com 30% em peso de conteúdo de carga), respetivamente.

1.4.7. Valorização de subprodutos de avelã através da extração supercrítica de triglicerídeos

A indústria alimentar é caracterizada por uma produção considerável de resíduos e subprodutos. A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) estima que, globalmente, cerca de um terço dos alimentos produzidos

para a alimentação humana se perde ou é desperdiçado. Neste contexto, a transformação de resíduos alimentares em combustíveis ou a extração de produtos altamente valiosos geram um crescente interesses em oposição ao processamento convencional dos resíduos alimentares por incineração ou compostagem (Baiano, 2014; Manna *et al.*, 2015).

Num estudo realizado por Manna *et al.* (2015) os triglicerídeos foram extraídos de resíduos de avelã por extração com CO₂ supercrítico (avelãs danificados por insetos, podres ou danificadas pela torrefação), com o objetivo de valorização destes resíduos alimentares através de uma técnica limpa e preservadora dos extratos. Os resultados mostraram que, em comparação com as extrações de soxhlet, obtiveram rendimentos satisfatórios (55-100%), sendo que os resíduos de avelã forneceram elevadas quantidades de triglicerídeos (0,3-0,4 g óleo/g resíduo) (Manna *et al.*, 2015).

O óleo extraído dos resíduos de avelã contém grandes quantidades de triglicerídeos que podem ser utilizados como fonte renovável de biodiesel de alta qualidade (Demirbas, 2008). Além disso, esses extratos podem ter outras propriedades que contribuem para a sua valorização. O óleo contido nas avelãs consiste principalmente em ácidos gordos insaturados, especialmente ácidos oleico e linoleico. Foi relatado que níveis elevados de ácidos gordos mono- e poli-insaturados bem como de

esterol e tocoferol desempenham um papel preventivo em muitas doenças, especialmente cardiovasculares, porque contribuem para diminuir o colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) (Manna *et al.*, 2015, Sovilj, 2010).

2. Referências Bibliográficas

Agustini, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid, Ediciones Multi-Prensa.

Aharoni, N.; Rodov, V.; Fallik, E.; Porat, R.; Pesis, E. e Lurie, S. (2008). Controlling humidity improves efficacy of modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae*, 804, 121-128.

Alasalvar, C.; Amaral, J.S. e Shahidi, F. (2006a). Functional lipid characteristics of Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54, 10177–10183.

Alasalvar, C.; Karamac, M.; Amarowicz, R. e Shahidi, F. (2006b). Antioxidant and antiradical activities in extracts of hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut green leafy cover. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54, 4826–4832.

Alasalvar, C.; Pelvan, E. e Amarowicz, R. (2010). Effects of roasting on taste-active compounds of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 8674–8679.

Alasalvar, C.; Shahidi, F. e Cadwallader, K. R. (2003). Comparison of natural and roasted Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) volatiles and flavor by DHA/GC/MS and descriptive sensory analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5067–5072.

Al-Bachir, M. (2004). Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensorial characteristics of walnuts (*Juglans regia* L.). *Stored Process Research*, 40, 355-362.

Amaral, J. S.; Cunha, S.; Santos, A.; Alves, R.; Seabra, R. e Oliveira, B. (2006). Influence of cultivar and environmental conditions on the triacylglycerol profile of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54, 449–456.

Amaral, J. S.; Casal, S.; Seabra, R. M. e Oliveira, B. P. P. (2006).

Effects of roasting on hazelnut lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1315–1321.

American Heart Association Nutrition Committee (2006). Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation* 114, 1, 82–96.

Angelo, P. M. e Jorge, N. (2007). Phenolic compounds in foods - a brief review. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 66, 1–9.

Anónimo (2010). *Nuts and Nutsmeats*. In: Commodity storage manual. World Food Logistics Organization. Pp 375-381. Disponível em: <http://www.kailashagro.in/wp-content/uploads/2016/08/Commodity-Storage-Manual.pdf> (acedido a 16/12/2016).

Anónimo (1999). *Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy*. FAO/IAEA/WHO Study Group, Geneva, Suíça. Disponível em: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42203/1/WHO_TRS_890_\(part1\).pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42203/1/WHO_TRS_890_(part1).pdf) (acedido a 20/12/2016).

Artes, F.; Villaescusa, R. e Tudela, J. A. (2000). Modified atmosphere packaging of pomegranates. *Journal of Food Science*, 65, 1112-1116.

Ayfer, M.; Turk, S. K. e Eris, A. (1997). Chemical composition of 'Degirmendere' hazelnut and its importance in human nutrition. *Acta Horticulturae*, 445, 51–53.

Bacchetta, L.; Aramini, M.; Bernardini, C. e Sivakumar, H. (2009). High-Tech production of bioactive α -Tocopherol from *Corylus avellana* adventitious roots by bioreactor culture. *Acta Horticulturae*, 845, 713–716.

Baiano, A. (2014). Recovery of biomolecules from food wastes - a review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 19, 14821–14842.

Bakker-Arkema, F. W. (1999). *Grains and grain quality*. In: Bakker-Arkema, F. W. (Ed.). *Agro-processing engineering*. Vol. IV. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, USA. Disponível em: <http://www.cigr.org/documents/CIGRHandbookVol4.pdf> (acedido a 16/01/2017).

del Baño, M. J.; Lorente, J.; Castillo, J.; Benavente-García, O.; del Río, J. A.; Ortuño, A.; Quirin, K.-W. e Gerard, D. (2003). Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis* antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4247–4253.

Barung, D.; Bhatnagar, D.; van Egmond H. P.; van der Kamp J. W.; van Osenburggen, W. A. e Visconti, A. (2006). *The mycotoxin fact book: Food and feed chain*. Wageningen, Wageningen Academic Publisher.

Basaran, P. e Akhan, Ü. (2010). Microwave irradiation of hazelnuts for the control of aflatoxin producing *Aspergillus parasiticus*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 113-117.

Basaran, P. e Ozcan, M. (2009). Occurrence of aflatoxins in various nuts commercialized in Turkey. *Journal of Food Safety*, 29, 95-105.

Battegazzore, D.; Alongi, J. e Frache, A. (2014). Poly(lactic acid)-based composites containing natural fillers: thermal, mechanical and barrier properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 22, 88–98.

Battegazzore, D.; Bocchini, S.; Alongi, J. e Frache, A. (2014). Plasticizers, antioxidants and reinforcement fillers from hazelnut skin and cocoa by-products: Extraction and use in PLA and PP. *Polymer Degradation and Stability*, 108, 297–306.

Bayman, P.; Baker, J. L. e Mahoney, N. E. (2002). *Aspergillus* on

tree nuts: Incidence and associations. *Mycopathology*, 155, 161-169.

Belitz, H.-D.; Grosch, W. e Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*. New York, Springer Science & Business Media.

Beyhan, Ö.; Yilmaz, N; Bulut, S.; Aktas, M. e Özsoy, E. (2011). Influence of storage on the aflatoxin and fatty acid composition in Turkish hazelnut (*Coryluus avellana*) varieties. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13, 741-745.

Bocchini, S.; Di Blasio, A. e Frache, A. (2011). Influence of MWNT on polypropylene and polyethylene photooxidation. *Macromolecular Symposia*, 301, 16–22.

Bourgeois, C.; Leclerc, É. A.; Corbin, C.; Doussot, J.; Serrano, V.; Vanier, J.-R.; Seigneuret, J.-M.; Auguin, D.; Pichon, C.; Lainé, É. e Hano, C. (2016). Nettle (*Urtica dioica* L.) as a source of antioxidant and anti-aging phytochemicals for cosmetic applications. *Comptes Rendus Chimie*, 19, 1090–1100.

Bozoğlu, M. (2005). The situation of the hazelnut sector in Turkey. *Acta Horticulturae*, 686, 641–648.

Bretauudeau, J. e Fauré, Y. (1990). *Atlas d'arboriculture fruitière*. Volume IV. Paris, Technique et Documentation- Lavoisier.

Bruhn, C.; Harris, L. J.; Giovanni, M. e Metz, D. (2010). *Nuts: safe methods for consumers to handle, store, and enjoy: almonds, chestnuts, pecans, pistachios, and walnuts*. ANR Publication 8406. Agricultural and Natural Resources. University of California. Pp. 1-11. Disponível em: <http://ucfoodsafety.ucdavis.edu/files/44384.pdf> (acedido a 16/12/2016).

Burdack-Freitag, A. e Schieberle, P. (2010). Changes in the key odorants of Italian hazelnuts (*Coryllus avellana* L. Var. Tonda Romana) induced by roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6351–6359.

Campbell, B. C.; Molyneux, R. J. e Schatzki, T. F. (2003). Current

research on reducing pre- and post-harvest aflatoxin contamination of US almond, pistachio, and walnut. *Journal of Toxicology Toxin Reviews*, 22, 225-266.

Cantwell, M. (2014). *Estimates of shelf-life of raw nuts held at diferente temperatures. Summary*. Davis, University of California. Disponível em: <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2753.pdf> <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2753.pdf> (acedido em 16/12/2016).

Castro, I. A.; Barros, S. B. M.; Marquez, M. L.; Motizuki, M. e Sawada, T. C. H. (2005). Optimization of the antioxidant capacity of a mixture of carotenoids and μ -tocopherol in the development of a nutritional supplement. *Food Research International*, 38, 861-866.

Ciemniewska-Żytkiewicz, H.; Bryś, J.; Bryś, A.; Sujka, K. e Koczoń, P. (2014). Effect of roasting process on moisture content and colour of Polish in shell hazelnuts. *Akademic Gida*, 12, 6–10.

Chlebowska-Smigiel, A.; Gniewosz, M. e Gaszewska, M. (2008). Na attempt to apply a pullulan coating to reduce oxidative changes and mass loss in nuts during storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 58, 79-84.

Clark, L. C.; Combs, G. F. Jr.; Turnbull, B. W.; Slate, E. H.; Chalker, D. K.; Chow, J. e Taylor, J. R. (1996). Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: A randomized controlled trial. *JAMA, the Journal of the American Medical Association*, 276, 1957–1963.

Commission of the European Communities (2006) Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union L364*, pp 5–24.

Contini, M.; Baccelloni, S.; Massantini, R.; Anelli, G.; Manzi, L. e Merendino, N. (2009). In vitro and in vivo antioxidant potential of phenolic extracts obtained from hazelnut skin by-products. *Acta*

Horticulturae, 845, 717–722.

Cristofori, V.; Ferramondo, S.; Bertazza, G. e Bignami, H. (2009). Nut quality and sensory evaluation of hazelnut cultivars. *Acta Horticulturae*, 845, 657–664.

Demirbas, A. (2008). Oils from hazelnut shell and hazelnut kernel husk for biodiesel production. *Energy sources. Part A. Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 30, 1870–1875.

Dogan, A.; Siyakus, G. e Severcan, F. (2007). FTIR spectroscopy characterization of irradiate hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Food Chemistry*, 100, 1106-1114.

Dundar, M. S. e Altundag, H. (2004). Selenium content of Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 707–712.

Dubois, V.; Breton, S.; Linder, M.; Fanni, J. e Parmentier, M. (2007). Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to the nutritional potential. *European Journal Lipid Science Technology*, 109, 710-732.

Ebraheim, K.; Richarson, D. G.; Stone, J. e Tetley, R. (1997). Hazelnut mold identification and timing of infestation. *Acta Horticulturae*, 445, 483-484.

Ebraheim, K. S.; Richardson, D. G. e Tetley, K. M. (1994). Effects of storage temperature, kerne intact and roasting temperature on vitamin E, fatty acids and peroxide value of hazalnuts. *Acta Horticulturae*, 351, 677-684.

Eke, D. e Göktan, D. (1987). Kabuklu findiklarda *Aspergillus flavus* gelismesi ve aflaoksinolusumu. *GIDA Sanayi*, 4, 36-43 (Citado por Özdemir, M. (1998). Factors influencing shelf life of hazelnut. Bassimi-Published in Gıda Teknolojisi, 3, 66-71.)

Emami, S.; Azadmard-Damirchi, S.; Hesari, J.; Peighambaroust, S. H.; Ramezani, Y.; Nemati, M.; Esmaili, M. e Rafat, S. A. (2014). Production of butter incorporated with hazelnut

powder. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16, 1623–1632.

Fernandes, A.; Barreira, C. J. M.; António, A. L.; Bento, A.; Botelho, M. L. e 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 Chemistry and Toxicology*, 49, 2429-2432.

Fontana, M.; Somenzi, M. e Tesio, A. (2014). Cultivation, harvest and postharvest aspects that influence quality and organoleptic properties of hazelnut production and related final products. *Acta Horticulturae*, 1052, 311-314.

Fusco, D.; Colloca, G.; Monaco, M. R. L. e Cesari, M. (2007). Effects of antioxidant supplementation on the aging process. *Clinical Interventions in Aging*, 2, 377–387.

García-Guzmán, J. J.; Hernández-Artiga, M. P.; Palacios-Ponce, de León L. e Bellido-Milla, D. (2015). Selective methods for polyphenols and sulphur dioxide determination in wines. *Food Chemistry*, 182, 47–54.

Ghirardello, D.; Bertolino, M.; Belviso, S.; Bello, B. D.; Giordano, M.; Rolle, L.; Gerbi, V.; Antonucci, M.; Spigolon, N. e Zeppa, G. (2016). Phenolic composition, antioxidant capacity and hexanal content of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) as affected by different storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 95-104.

Ghirardello, D.; Contessa, C.; Valentini, N.; Zeppa, G.; Rolle, L.; Gerbi, V. e Botta, R. (2013). Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 81, 37-43.

Ghirardello, D.; Zeppa, G.; Rolle, L.; Gerbi, V.; Contessa, C. e Botta, R. (2014). Effect of different storage conditions on hazelnut quality. *Acta Horticulturae*, 1052, 315-318.

Gillingham, L. G.; Janz, S. H. e Jones, P. J. H. (2011). Dietary

monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. *Lipids*, 46, 209–228.

Gonzales, G. B.; Raes, K.; Vanhoutte, H.; Coelus, S.; Smagghe, G. e Van Camp, J. (2015), Liquid chromatography–mass spectrometry coupled with multivariate analysis for the characterization and discrimination of extractable and nonextractable polyphenols and glucosinolates from red cabbage and Brussels sprout waste streams. *Journal of Chromatography, A* 1402, 60–70.

Göncüoğlu Taş e N. Gökmen, V. (2015). Bioactive compounds in different hazelnut varieties and their skins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 203–208.

Göncüoğlu Taş e N. Gökmen, V. (2017). Maillard reaction and caramelization during hazelnut roasting: A multiresponse kinetic study. *Food Chemistry*, 221, 1911–1922.

Gross, K. C.; Wang, C. Y. e Saltveit, M. (2016). *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. Agriculture Handbook Number 66. Beltsville, MD, USA, Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.

Guiné, R. P. F.; Almeida, C. F. F. e Correia, P. M. R. (2014). *Evaluation of preservation conditions on nuts properties*. Proceedings of FoodBalt 2014. P. 271- 275.

Guiné, R. P. F.; Almeida, C. F. F.; Correia, P. M. R. e Mendes, M. (2015). Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazelnuts and walnuts using artificial neural networks. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1113-1125.

Güler, S. K.; Bostan, S. Z. e Çon, A. H. (2017). Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biology and Technology*, 123, 12-21.

Haris, L. (2013). *Improving the safety and quality of nuts*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Number 250. Oxford, USA, Woodhead Publishing Limited.

Howell, A.; Kalt, W.; Duy, J. C.; Forney, C. F. e McDonald, J. E. (2001). Horticultural factors affecting antioxidant capacity of blueberries and other small fruit. *HortTechnology*, 11, 523–528.

Janick, J. (2002). *Fruits and nut crops*. In: Tropical Horticulture. Reading 34. Purdue University. Lafayette, IN, USA. P. 1-31. Disponível em: https://hort.purdue.edu/newcrop/hort_403/readings/Reading_34.pdf (acedido a 20/12/2016).

Jimenez-Garcia, S. N.; Guevara-Gonzalez, R. G.; Miranda-Lopez, R.; Feregrino-Perez, A. A.; Torres-Pacheco, I. e Vazquez-Cruz, M. A. (2013). Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: Biochemistry, biotechnology, and genomics. *Food Research International*, 54, 1195–1207.

Johnson, J. A.; Yahia, E. M. e Brandl, D. G. (2009). *Dried fruits and tree nuts*. In: Yahia, E. M. (Ed.). Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities. Boca Raton. New York, USA, CRCPress/ Taylor & Francis. P. 507-526.

Kaya, H.; Özenç, N. e Şirin, H. (2005). Effects on quality and shelf life of drying hazelnuts in an electrical coffer system. *Acta Horticulturae*, 686, 491–498.

Keme, T.; Messerli, M.; Shejbal, J. e Vital, F. (1983). The storage of hazelnut at room temperatures under nitrogen (II). *Reviews in chocolate, Confectionery and Bakery*, 8, 15-20.

Kibar, H. e Öztürk, T. (2009). The effect of moisture content on the physico-mechanical properties of some hazelnut varieties. *Journal of Storage Products Research*, 45, 14-18.

King, A. e Young, G. (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99, 213–218.

Kocadağlı, T.; Göncüoğlu, N.; Hamzalıoğlu, A. e Gökmen, V. (2012). In depth study of acrylamide formation in coffee during roasting: role of sucrose decomposition and lipid oxidation. *Food & Function*, 3, 970–975.

Koksal, A. I.; Nevzat, A.; Atilla S. e Nurdan, G. (2005). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99, 509-515.

Kusumawati, I. e Indrayanto, G. (2013). *Chapter 15 - Natural Antioxidants in Cosmetics*. In: Atta-ur-Rahman (ed) *Studies in Natural Products Chemistry*. Elsevier, 485–505. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444596031000151> (acedido a 28/12/16).

Lerma-Garcia, M. J.; Lusardi, R.; Chiavaro, E.; Cerretani, L.; Bendini, A.; Ramis-Ramos, G. e Simo-Alfonso, E. F. (2011). Use of triacylglycerol profiles established by high performance liquid chromatography with ultraviolet-visible detection to predict the botanical origin of vegetable oils. *Journal Chromatography A*, 1218, 7521–7527.

Li, M.; Bellmer, D. D. e Brusewitz, G. H. (1999). Pecan kernel breakage and oil extracted by supercritical CO₂ as affected by moisture content. *Journal of Food Science*, 64, 1084–1088.

Lin, X.; Wu, J.; Chen, P.; Huang, G.; Li, Y.; Ye, N.; Huang, B.; Lai, Y.; Zhang, H.; Lin, W.; Lin, J.; Wang, Z.; Zhang, H. e Ruan, R. (2012). California almond shelf life: lipid deterioration during storage. *Journal of Food Science*, 77, C583-C593.

Liu, Y.; Wang, P.; Chen, F.; Yuan, Y.; Zhu, Y.; Yan, H. e Hu, X. (2015). Role of plant polyphenols in acrylamide formation and elimination. *Food Chemistry*, 186, 46–53.

Locatelli, M.; Travaglia, F.; Coisson, J. D.; Martelli, A.; Stévigny,

C. e Arlorio, M, (2010), Total antioxidant activity of hazelnut skin (Nocciola Piemonte PGI): Impact of different roasting conditions. *Food Chemistry*, 119, 1647–1655.

Magan, N.; Olsen, M. (2004). *Mycotoxins in food: Detection and contro*. Abington, Grã-Bretanha, Woodhead Publishing.

Magiera, S.; Baranowska, I. e Lautenszleger, A. (2015). UHPLC–UV method for the determination of flavonoids in dietary supplements and for evaluation of their antioxidant activities. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 102, 468–475.

Manna, L.; Bugnone, C. A. e Banchemo, M. (2015). Valorization of hazelnut, coffee and grape wastes through supercritical fluid extraction of triglycerides and polyphenols. *The Journal of Supercritical Fluids*, 104, 204–211.

Markuszcwski, B. e Kopytowski, J. (2015). Effects of storage conditions on the quality of unripe hazelnuts in the husk. *Journal of horticultural Research*, 23, 59-67.

Marrone, C.; Poletto, M.; Reverchon, E. e Stassi, A. (1998). Almond oil extraction by supercritical CO₂: experiments and modelling. *Chemical Engineering Science*, 53, 3711–3718.

Marzocchi, S.; Pasini, F.; Verardo, V.; Ciemniowska-Żytkiewicz, H.; Caboni, M. F. e Romani, S. (2017). Effects of different roasting conditions on physical-chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Kataloński). *LWT - Food Science and Technology*, 77, 440–448.

Massantini, R. e Contini, M. (2009). The consumption of fresh hazelnuts: quality and storage. *Acta Horticulturae*, 845, 635-640.

Medel, F.; Medel, G.; Jil, P.; Palma, H. e Mansilla, R. (2009). Monounsaturated fatty acid isomers of *Gevuina avellana* Mol. Nut oil and its UV radiation filter behaviour. *Acta Horticulturae*, 845, 619–626.

Medel, F.; Núñez, R.; Mede, L. G.; Palma, H.; Manquian, N. e

Fuentes, R. (2009). Fractions of vitamin E (tocotrienols and tocopherols) in nut oil of *Gevuina avellana* Mol. *Acta Horticulturae*, 845, 687–691.

Mencarelli, F.; Forniti, R.; DeSantis, D. e Bellincontro, A. (2008). Effects of inert atmosphere and temperature for dried hazelnuts storage. *Ingredienti Alimentari*, 39, 16-21.

Mercurio, D. G.; Wagemaker, T. A. L.; Alves, V. M.; Benevenuto, C. G.; Gaspar, L. R. e Maia Campos, P. M. B. G. (2015). In vivo photoprotective effects of cosmetic formulations containing UV filters, vitamins, *Ginkgo biloba* and red algae extracts. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 153, 121–126.

Mexis, S. F. e Kontominas, M. G. (2009). Effect of γ irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 78, 407-413.

Moscetti, R.; Frangipane, M. T.; Monarca, D.; Cecchini, M. e Massantini, R. (2012). Maintaining the quality of unripe, fresh hazelnuts through storage under modified atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 65, 33-38.

Oliveira, I.; Sousa, A.; Morais, J. S.; Ferreira, I. C. F. R; Bento, A.; Estevinho, L. e Pereira, J. A. (2008). Chemical composition, and antioxidant and antimicrobial activities of three hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 1801–1807.

Olsen, J. e Raab, C. (2013). *Harvesting, handling, and storing nuts from the home orchard: hazelnuts, walnuts, and chestnuts*. Oregon, USA, FS 146. Extension Service, Oregon State University. Disponível em:
http://extension.oregonstate.edu/fch/sites/default/files/documents/fs_146_

harvestinghandlingstoringnuts.pdf (acedido a 16/12/2016).

Orem, A.; Yucesan, F. B.; Orem, C.; Akcan, B.; Kural, B.V.; Alasalvar, C. e Shahidi, F. (2013). Hazelnut-enriched diet improves

cardiovascular risk biomarkers beyond a lipid-lowering effect in hypercholesterolemic subjects. *Journal of Clinical Lipidology*, 7, 123–131.

Oyinlola, A.; Ojo, A. e Adekoya, L. O. (2004). Development of a laboratory model screw press for peanut oil expression. *Journal of Food Engineering*, 64, 221–227.

Ozay, G.; Seyhan, F.; Pembeci, C.; Saklar, S. e Yilmaz, A. (2008). Factors influencing fungal and aflatoxin levels in Turkish hazelnuts (*Corylus avellana* L.) during growth, harvest, drying and storage: a 3-year study. *Food Additives and Contaminants*, 25, 209-218.

Özdemir, F. e Akinci I. (2004). Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering*, 63, 341–347.

Özdemir, K. S.; Yılmaz, C.; Durmaz, G. e Gökmena, V. (2014). Hazelnut skin powder: A new brown colored functional ingredient. *Food Research International*, 65, 291–297.

Özdemir, M. (1998). Factors influencing shelf life of hazelnut. Bassimi-Published in *Gıda Teknolojisi*, 3, 66-71.

Özkal, S. G.; Salgın, U. e Yener, M. E. (2005). Supercritical carbon dioxide extraction of hazelnut oil. *Journal of Food Engineering*, 69, 217–223.

Ozyardimci, B.; Cetinkaya, N.; Denli, E.; Ic, E. e Alabay, M. (2006). Inhibition of egg and larval development of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) and almond moth *Ephestia cautela* (Walker) by gamma radiation in decorticated hazelnuts. *Journal of Storage Products Research*, 42, 183-196.

Pala, M. e Turk, M. (1997). Application of supercritical extraction to production of low-calorie hazelnut. *Acta Horticulturae*, 445, 311–317.

Parcerisa, J.; Rafecas, M.; Castellote, A.; Codony, R.; Farran, A.;

Garcia, J.; Gonzalez, C.; Lopez, A.; Romero, A. e Boatella, J. (1995). Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnut (*Corylus avellana* L.) from Spain: (III) oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu). *Food Chemistry*, 53, 71–74.

Parcerisa, J.; Richardson, D. G.; Rafecas, M.; Codony, R. e Boatella, J. (1998). Fatty acid, tocopherol and sterol content of some hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) harvested in Oregon (USA). *Journal of Chromatography*, A 805, 259–268.

Peleg, H.; Bodine, K. K. e Noble, A. C. (1998). The influence of acid on astringency of alum and phenolic compounds. *Chemical Senses*, 23, 371–378.

Pelvan, E.; Alasalvar, C. e Uzman, S. (2012). Effects of roasting on the antioxidant status and phenolic profiles of commercial Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 1218–1223.

Pereira, E.; Barros, L. e Ferreira, I. C. F. R. (2013). Chemical characterization of *Ginkgo biloba* L. and antioxidant properties of its extracts and dietary supplements. *Industrial Crops and Products*, 51, 244–248.

Perry, E. e Sibbett, G. S. (1998). *Harvesting and storing your home orchard's nut crop: almonds, walnuts, pecans, pistachios, and chestnuts*. Publication 8005. Oakland, USA, Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. P. 1-9. Disponível em: <http://ucfoodsafety.ucdavis.edu/files/26424.pdf> (acedido em 20/12/2016).

Piorkowska, E., Kulinski, Z., Galeski, A. e Masirek, R. (2006). Plasticization of semicrystalline poly(l-lactide) with poly(propylene glycol). *Polymer*, 47, 7178–7188.

Prosperini, S.; Ghirardello, D.; Scursatone, B.; Gerbi, V. e Zeppa, N. (2009). Identification of soluble phenolic acids in hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernel. *Acta Horticulturae*, 845, 677–680.

Reder, M.; Ciemniowska-Zytkiewicz, H.; Sujka, K.; Koczon, P.; Matlingiewicz, A. e Lipinska, E. (2014). Use of FT-IR spectroscopy combined with discriminant analysis for identification of hazelnuts infested by *Aspergillus flavus*. *Akademijska Gida/ Academic Food Journal*, 12, 11-18.

Rodet, J.-C. (2012). *Guia dos Alimentos Vegetais*. Gradiva. Lisboa, Portugal.

Sakai, T.; Sugihara K. e Kozuka, H. (1984). Growth and aflatoxin production of *Aspergillus parasiticus* in plant materials. *Journal of Hygienic Chemistry*, 30, 62-68.

Sanchis, V.; Quilez, M. L.; Viladrich, R.; Vinas, I. e Canela, R. (1988). Hazelnuts as possible substrate for aflatoxin production. *Journal of Food Protection*, 51, 289-292.

San Martin, M. B.; Fernández-García, T.; Romero, A. e López, A. (2001). Effect of modified atmosphere storage on hazelnut quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 25, 309-321.

Santerre, C. R.; Goodrum, J. W. e Kee, J. M. (1994). Roasted peanuts and peanut butter quality are affected by supercritical fluid extraction. *Journal of Food Science*, 59, 382-386.

Santis, D. D.; Fardelli, A. e Mencarelli, F. (2009). Storage hazelnuts: effect on aromatic profile and sensory attributes. *Acta Horticulturae*, 845, 693-700.

Schatzki, T. F. e Pan, J. (1997). Distribution of aflatoxin in pistachios. 4. Distribution in small pistachios. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45, 205-207.

Schlörmann, W.; Birringer, M.; Böhm, V.; Löber, K.; Jahreis, G.; Lorkowski, S.; Müller, A. K.; Schöne, F. e Glei, M. (2015). Influence of roasting conditions on health-related compounds in different nuts. *Food Chemistry*, 180, 77-85.

Schmitzer, V.; Slatnar, A.; Veberic, R.; Stampar, F. e Solar, A. (2011). Roasting affects phenolic composition and antioxidative

activity of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Journal of Food Science*, 76, S14–S19.

Shahidi, F.; Alasalvar, C. e Liyana-Pathirana, C. M. (2007). Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1212–1220.

Silva, A. P.; Santos, F. A.; Santos, A. S.; Sousa, V. S.; Lopes, A. D.; Assunção, A. V.; Leme, P.; Carvalho, J.; Borges, O.; Ribeiro, R.; Fernandes, T.; Dias, R. e Aguiar, F. B. (2005). A aveleira. Viseu, Projecto AGRO 162, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Tipografia Guerra, 178 pp.

Silva, A. P.; Santos, F. A.; Santos, A. S.; Sousa, V. S.; Lopes, A. D.; Assunção, A. V.; Mota, B.; Carvalho, J.; Borges, O.; Ribeiro, R. e Fernandes, T. (2003). A avelã. Mirandela, João Azevedo Editor, 184 pp.

Singh, J. e Bargale, P. C. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of Food Engineering*, 43, 75–82.

Sovilj, M. N. (2010). Critical review of supercritical carbon dioxide extraction of selected oil seeds. *Acta Periodica Technologica*, 41, 105–120.

Sullivan, G. T.; Ozman-Sulli, S. K.; Akbasli, O. e Sahin, G. (2014). A tribute to the hazelnut plant (*Corylus* spp.) – the multiple uses of nature’s magnificent gifts. *Acta Horticulturae*, 1052, 371-376.

Taş, N. G. e Gökmen, V. (2015). Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 115–121.

Tombesi, A. (2005). World hazelnut situation and perspectives: Italy. *Acta Horticulturae*, 686, 649–658.

Tsantili, E; Konstatantinidis, K; Christipoulos MV e Roussos PA (2011). Total phenolics and flavonoids and total antioxidante

capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. *Scientia Horticulture*, vol. 129, 694-701.

Uquiche, E.; Jeréz, M. e Ortíz, J. (2008). Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9, 495–500.

Vadivel, V.; Kunyanga, C. N. e Biesalski, H. K. (2012). Health benefits of nut consumption with special reference to body weight control. *Nutrition*, 28, 1089–1097.

Vinceti, M.; Dennert, G.; Crespi, C. M.; Zwahlen, M.; Brinkman, M.; Zeegers, M. P. A. e Del Giovane, C. (2014). Selenium for preventing cancer. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, 1-195.

Xu, Y. X. e Hanna, M. A. (2010). Evaluation of Nebraska hybrid hazelnuts: Nut/kernel characteristics, kernel proximate composition, and oil and protein properties. *Industrial Crops and Products*, 31, 84–91.

Wiacek, J. e Molenda, M. (2011). Moisture-dependent physical properties of rapeseed – experimental and DEM modeling. *International Agrophysics*, 25, 59-65.



Centro Nacional de Competências
dos Frutos Secos

A Associação CNCFS é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos. Tem como objeto promover o desenvolvimento do setor dos frutos secos em Portugal, nomeadamente: a castanha, a amêndoa, a noz, a avelã, a alfarroba e o pistácio, pela via do reforço da investigação, da promoção da inovação e da transferência e divulgação do conhecimento.