

# 9. Farinha de Castanha: caracterização e utilização

Paula M. R. Correia, Ana Cristina Ferrão, Ana Jaquelina Silva, Raquel P. F. Guiné

Instituto Politécnico de Viseu, CERNAS-IPV

## 9.1. Introdução

Em Portugal, nos últimos anos, o setor da castanha tem apresentado uma dinâmica de crescimento, sendo Portugal um dos maiores produtores mundiais deste fruto (Cabo *et al.*, 2019; Henriques *et al.*, 2017). Devido às suas características organoléticas e nutricionais, o consumo de castanha é muito apreciado, estando associado a uma dieta saudável. Atendendo às suas características nutricionais, a castanha pode, inclusivamente, ser utilizada como um substituto da batata, arroz ou trigo (Ribeiro *et al.*, 2019). De acordo com Laranjo (2013), a “Castanha Portuguesa” é conhecida internacionalmente pela sua qualidade organolética, assim como pela sua capacidade tecnológica para o processo de transformação.

A castanha é um fruto que tradicionalmente é consumido tanto em fresco como processado nos países da Europa mediterrânica, nomeadamente em Portugal. Para prolongar o seu consumo, são utilizadas várias técnicas eficientes de preservação, como é o caso da secagem. Os produtos de castanha moída produzidos a partir do fruto seco têm várias aplicações na produção de alimentos. De facto, existe uma grande cultivar de produtos produzidos a partir da farinha de castanha em diferentes regiões de Portugal e da Europa, que dependem da funcionalidade deste produto, e que iremos abordar neste capítulo.

Para além do referido anteriormente, o facto de as castanhas secas serem ricas em nutrientes, e também isentas de glúten cria uma oportunidade significativa para a utilização da farinha de castanha em diferentes sistemas alimentares. Apesar do impacto da utilização da farinha de castanha nas propriedades funcionais, na qualidade sensorial e na aceitabilidade do consumidor, a informação disponível sobre as propriedades da farinha de castanha é limitada. Deste modo, durante a execução do projeto ValorCast, foram estudadas algumas propriedades das farinhas de castanha de cultivares nacionais, bem como a utilização da farinha de castanha no desenvolvimento de produtos alimentares.

## 9.2. Farinha de castanha

### 9.2.1. Produção

A transformação torna possível a utilização da castanha por um período de tempo mais longo, podendo alcançar um número maior de consumidores, uma vez que aumenta a sua durabilidade, podendo obter-se uma grande diversidade de produtos e acrescentando valor económico a este fruto. Deste modo, contrariando a sazonalidade do consumo em fresco, a transformação da castanha permite a sua disponibilidade em qualquer lugar e durante todo o ano, possibilitando múltiplas soluções para a sua utilização e aplicação.

A farinha de castanha é utilizada há muito tempo pelas populações rurais de Portugal, Espanha, França e Itália, principalmente em papas, crepes ou pão, e foi considerada um alimento das famílias mais pobres no início do século XX (Cauvain *et al.*, 2006).

Um dos processos utilizados para a conservação da castanha é a secagem. Usualmente a castanha de menor calibre, com mais do que um miolo, as partidas ou quando existe sobreprodução em alguns anos, são aquelas que usualmente vão para o processo de secagem. As castanhas são secadas e posteriormente são descascadas, sendo-lhes retirados o pericarpo e o endocarpo. A Figura 1 mostra um exemplo de uma unidade de secagem de castanha localizada em Carrazedo de Montenegro, na Agromontenegro Lda., um dos parceiros do projeto ValorCast.



Figura 1 - Unidade de secagem de castanha (empresa Agromontenegro Lda.)

Quanto ao processo de transformação da castanha secada em farinha, este é muito simples. As castanhas secadas, com um teor de humidade aproximado de 10% (para garantir a sua conservação), são submetidas ao processo de moagem (Souza *et al.*, 2014).

Os moinhos utilizados nesta operação têm de ser apropriados, resistentes e robustos, pois a castanha depois de seca fica bastante dura podendo provocar algum desgaste no equipamento. A Figura 2 mostra um tipo de moinho utilizado na moagem da castanha na empresa Secas e Boas, localizada em Celorico da Beira.



**Figura 2 - Moinho de mó de pedra de granito utilizado para a moagem de castanha secada (empresa Secas e Boas, Celorico da Beira).**

A farinha produzida é embalada, podendo ser de vários tipos dependendo do produtor. Este produto apresenta uma granulometria geralmente fina, dependendo do tipo de moinho que é utilizado e do grau de moenda, tem uma cor clara, podendo apresentar alguns pontos mais escuros devido a alguma película que possa estar agarrada à castanha secada, a qual também é moída com a castanha.

Num mercado cada vez mais exigente, a procura por novos produtos que conciliem a qualidade organolética à saúde, tem aumentando (Fontinha *et al.*, 2016).

Para além disto, sendo a farinha de castanha um alimento isento de glúten, esta farinha torna-se um alimento adequado para o consumo pela população celíaca (Zhu, 2017). De realçar ainda que, devido às suas propriedades físicas e químicas, a incorporação de farinha de castanha em produtos de confeitaria tem despertado o interesse da indústria, mostrando ter efeitos positivos na formulação destes produtos (Littardi *et al.*, 2020). Aliás, a procura de farinha de castanha por parte da indústria de

panificação e pastelaria tem vindo a aumentar, estando numa fase de expansão (Henriques, 2017), tendo esta farinha o potencial promissor para a produção de produtos alimentares de elevada qualidade (Morrone *et al.*, 2015).

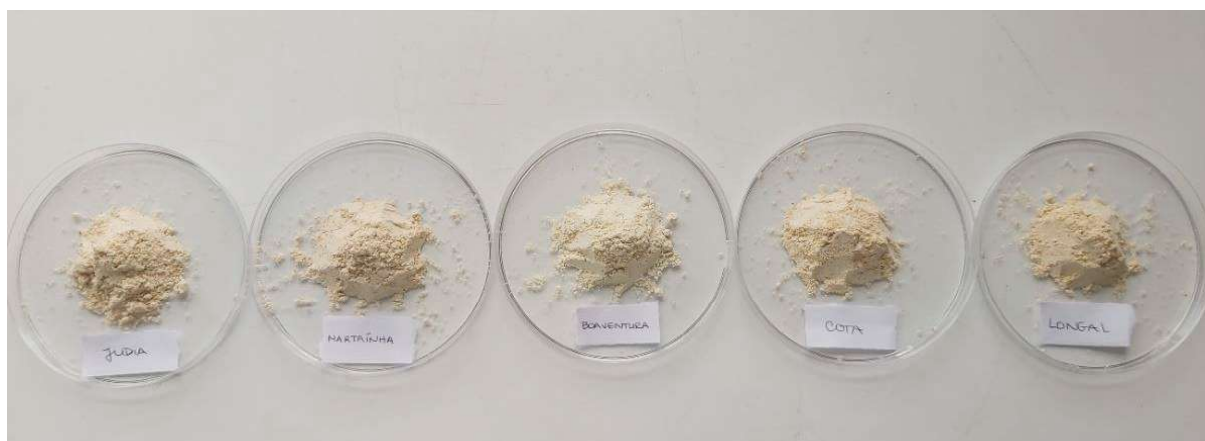
Deste modo, serão abordadas de seguida algumas das características de farinhas feitas de diferentes cultivares de castanha portuguesa, não só em termos físico, como químicos, e por fim algumas propriedades relacionadas com a sua funcionalidade, refletindo-se tudo isto no seu potencial tecnológico para a produção de variadíssimos produtos alimentares.

## **9.2.2. Características da farinha de castanha**

### **9.2.2.1 Características físico-químicas**

Existem diversas cultivares ou cultivares de castanhas, diferindo entre si não só nas características morfológicas, como também em termos de características físico-químicas (Henriques *et al.*, 2017). As principais cultivares de castanha portuguesa são, por ordem do seu estado de maturação: Amarela, Bária, Martaínha, Boaventura, Judia e Longal (Laranjo, 2015), tendo-se verificado nos últimos anos um aumento da Cotação das cultivares Martaínha, Judia e Longal (Henriques, 2015, 2017). Em termos nutricionais, a castanha é uma excelente fonte de hidratos de carbono complexos (com destaque para a quantidade de amido presente na sua composição), ácidos gordos essenciais, fibra, proteínas e água (Borges *et al.*, 2008). Para além disso, apresenta um baixo teor de gordura (cerca de 3%), sendo uma boa fonte de vitaminas (nomeadamente vitaminas C, E, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina e folatos) e minerais (essencialmente potássio, fósforo e magnésio). Adicionalmente, apresenta também um elevado teor de compostos antioxidantes, quando comparada com outros frutos secos (Carneiro-Carvalho *et al.*, 2019; Corregidor *et al.*, 2020; Delgado *et al.*, 2016; Piccolo *et al.*, 2020). Deste modo, o consumo de castanhas tem sido associado a inúmeros benefícios para a saúde, tais como, efeitos antitumorais, antimicrobianos, antioxidantes e anti-malarial (De Vasconcelos *et al.*, 2010; Zhu, 2017), mostrando ainda efeitos benéficos na atrofia dos músculos do esqueleto após um ensaio realizado *in vitro* (Fрати *et al.*, 2014).

Neste projeto foram avaliadas as características da farinha de castanha de 5 cultivares: Boaventura, Cota, Judia, Longal e Martaínha. As castanhas foram secadas numa estufa de secagem ventilada, a uma temperatura de 50°C, durante 3 dias. Posteriormente foram partidas em pedaços pequenos, os quais foram moídos num moinho de martelos (RETSCH typ. WRB 80 c/2 O 88), com um crivo de 1 mm, obtendo-se as farinhas das várias cultivares (Figura 3).



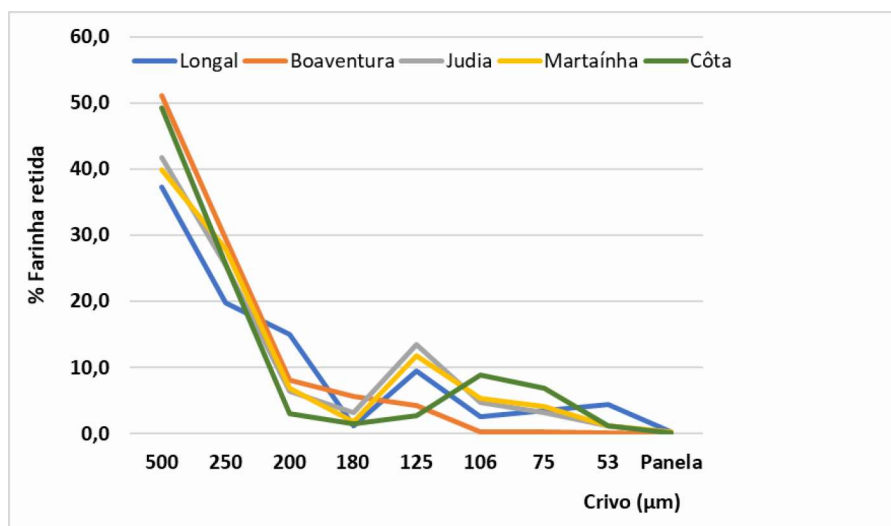
**Figura 3 - Farinhas produzidas das cultivares de castanha Boaventura, Côtã, Judia, Longal e Martaínha**

A análise do tamanho das partículas das diferentes farinhas de castanha foi efetuada por crivagem sucessiva, com recurso a um equipamento vibrador de peneiros, tal como descrito por Mir *et al.* (2015). Foram utilizados diferentes peneiros com as seguintes aberturas de malhas: 53, 75, 106, 125, 180, 200, 250 e 500  $\mu\text{m}$ . Os peneiros foram empilhados no equipamento, sobrepondo-os por ordem crescente de abertura de malha. No topo do conjunto foram colocados 100 g de amostra de farinha de castanha, agitando-se os crivos durante 10 minutos. As partículas da farinha remanescente em cada um dos crivos, assim como a do recipiente colocado na base, foram pesadas e a percentagem de farinha retida foi calculada de acordo com a equação seguinte:

$$\% \text{ retenção} = \frac{\text{Peso da farinha retida no peneiro}}{\text{Peso da amostra}} \times 100$$

A percentagem de farinha retida em cada crivo está apresentada na Figura 4. Verifica-se que o perfil de variação é semelhante nas cultivares Judia e Martaínha, mas muito diferente para as cultivares Côtã, Boaventura e Longal. A quase totalidade das partículas de farinha, independentemente da cultivar, são maiores que 53  $\mu\text{m}$ , uma vez que o recipiente da base do agitador dos peneiros não recolheu nenhuma farinha ou recolheu quantidades vestigiais. Como foi referido anteriormente, a farinha foi produzida num moinho com um crivo de 1 mm, o que pode justificar a maior percentagem de retenção de partículas das farinhas das várias cultivares no 1º crivo, de 500  $\mu\text{m}$ , baixando depois abruptamente. Observa-se ainda que a cultivar Boaventura apresenta partículas maiores que as outras cultivares, pois a farinha ficou toda retida no crivo de 106  $\mu\text{m}$ . Por outro lado, a cultivar Longal apresenta ainda 4,4% de farinha retida no crivo 53  $\mu\text{m}$ , significando que tem uma percentagem maior de partículas

pequenas. A distribuição do tamanho das partículas tem um papel importante do ponto de vista industrial, pois desempenha um papel significativo na funcionalidade do produto final desejado (Almeida-Dominguez *et al.* 1998). Também Bressani *et al.* (2001) relataram que o tamanho das partículas não só desempenha um papel importante no trabalho da farinha, como também desempenha um papel importante na sua funcionalidade.



**Figura 4 - Percentagem de farinha retida nos crivos de 500, 250, 200, 180, 125, 106, 75 e 53 µm das cultivares de castanha Longal, Boaventura, Judia, Martainha e Cota.**

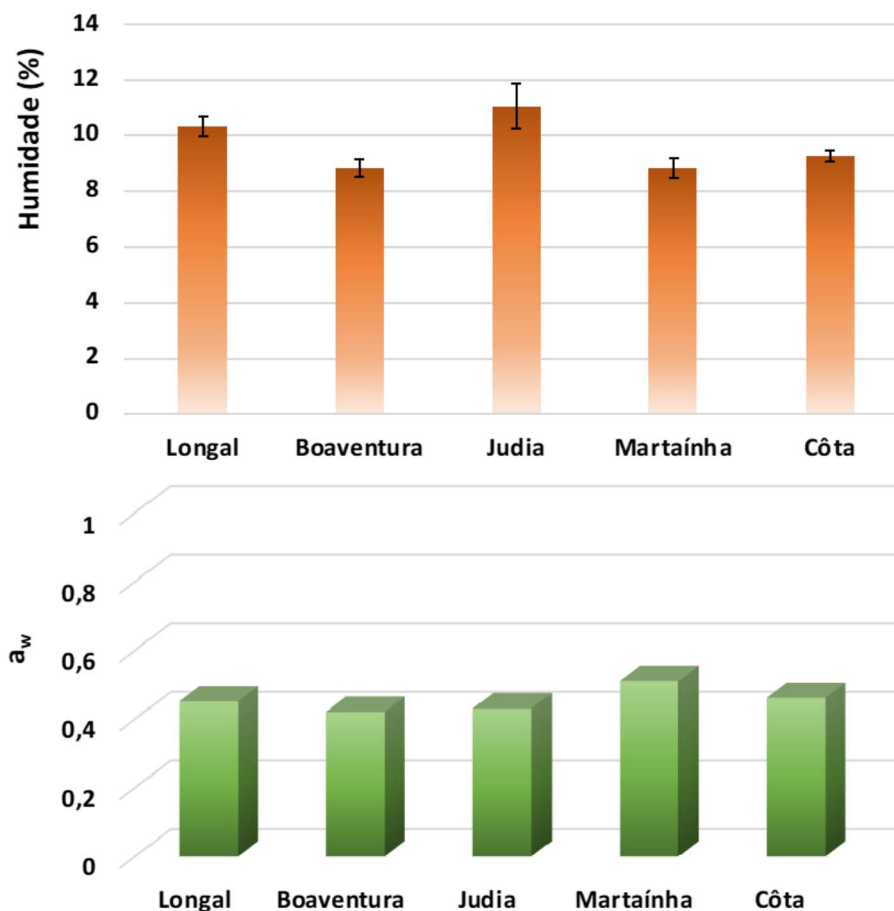
Na Tabela 1 encontram-se os resultados obtidos para as diferentes coordenadas de cor das amostras em estudo. A cor foi avaliada por meio de um colorímetro Konica Minolta CR-400 que avalia as coordenadas cartesianas CIE L\*, a\* e b\*.

**Tabela 1 - Cor das farinhas das várias cultivares de castanha**

Cultivares	Coordenadas		
	L*	a*	b*
Longal	81,74 ± 0,98	2,25 ± 0,22	17,80 ± 0,75
Boaventura	86,18 ± 0,53	1,33 ± 0,12	14,97 ± 0,63
Judia	83,29 ± 1,13	2,53 ± 0,42	19,90 ± 1,04
Martainha	82,47 ± 1,27	1,93 ± 0,34	17,64 ± 0,96
Côta	85,30 ± 0,73	1,46 ± 0,22	16,40 ± 0,61

As farinhas apresentam um valor de  $L^*$  elevado, significando que a farinha é bastante clara, pois quanto mais elevado é o valor de  $L^*$  mais branca é a farinha. O valor da coordenada  $L^*$  variou entre  $81,74 \pm 0,98$  para a farinha da cultivar Longal e  $86,18 \pm 0,53$  para a Boaventura, o que significa que a cultivar Boaventura apresentava uma farinha mais clara, ou seja, mais branca, do que as restantes cultivares. No caso da coordenada  $a^*$ , a farinha que apresentou o valor mais baixo foi a Boaventura ( $1,33 \pm 0,12$ ) e aquela que obteve o valor mais elevado foi a da cultivar Judia ( $2,53 \pm 0,42$ ), significando que esta última farinha apresenta um tom vermelho mais intenso. Quanto à coordenada  $b^*$ , os valores variaram entre  $14,97 \pm 0,63$  para a farinha da Boaventura e  $19,90 \pm 1,04$  para a amostra Judia, o que significa que esta última apresentava uma maior tonalidade amarela. Num estudo realizado por Correia *et al.* (2009), verificou-se que a cor das farinhas de castanha das cultivares Longal e Martaínha variam com a temperatura de secagem e com a cultivar, podendo as reações de acastanhamento enzimático, a caramelização dos açúcares e as reações de Maillard serem responsáveis pelas diferenças encontradas.

Foram ainda determinados os teores de humidade e a atividade da água das diferentes farinhas. A humidade foi determinada por gravimetria, a  $103^\circ\text{C}$ , até se atingir o peso constante. A atividade da água ( $a_w$ ) foi determinada a temperatura constante ( $25^\circ\text{C}$ ) usando um higroscópio Rotronic. A Figura 5 mostra os resultados obtidos para as farinhas das diferentes cultivares, evidenciando o facto de a humidade ser inferior a 12% e a atividade da água ser inferior a 0,6, valores que garantem uma boa conservação das farinhas e até a sua segurança. De acordo com Guiné (2013), considera-se que o limite de atividade fúngica corresponde a um valor de atividade de água ( $a_w$ ) igual a 0,62. Os resultados obtidos são similares aos encontrados por outros autores para farinhas de castanha, nomeadamente para estas cultivares (Borges *et al.*, 2008; Correia *et al.*, 2009; Wani, 2017).



**Figura 5 - Humidade e atividade da água ( $a_w$ ) das farinhas de castanha das cultivares Longal, Boaventura, Judia, Martainha e Cota.**

Para a realização das análises químicas relativas aos macronutrientes das diferentes farinhas de castanha foram seguidos os métodos padrão da AOAC (2019). Os resultados destas determinações estão apresentados na Tabela 2. De um modo geral, os resultados mostram que é no teor de gordura e de proteína que os valores são mais distintos. As diferenças encontradas podem ser justificadas pelo facto de as propriedades físico-químicas da castanha serem afetadas, entre outros fatores, pela cultivar em causa, assim como pelo ano de colheita e local de produção (Ferreira-Cardoso *et al.*, 2005). Borges *et al.* (2008), Correia *et al.* (2009), Míguez *et al.* (2004) e Pereira-Lorenzo *et al.* (2006) obtiveram resultados semelhantes para diferentes cultivares, incluindo as cultivares Boaventura, Cota, Judia, Longal e Martainha. De salientar ainda que estas características são pouco afetadas pelas temperaturas de secagem das castanhas (Correia *et al.*, 2009).

**Tabela 2 - Composição químicas elementar das farinhas de castanha em base seca<sup>1</sup>**

Cultivares	Cinza	Gordura	Fibra	Proteína	E.N.A. <sup>2</sup>
Longal	3,18 ± 0,09	2,45 ± 0,23	2,36 ± 0,12	5,05 ± 0,19	79,85 ± 0,37
Boaventura	2,13 ± 0,08	3,79 ± 0,16	2,56 ± 0,18	5,40 ± 0,12	79,43 ± 0,56
Judia	2,70 ± 0,04	3,17 ± 0,06	2,59 ± 0,06	10,01 ± 0,33	73,17 ± 1,12
Martaíinha	2,58 ± 0,01	3,82 ± 0,12	2,25 ± 0,14	5,34 ± 0,26	79,75 ± 0,70
Côta	2,85 ± 0,03	2,24 ± 0,17	2,04 ± 0,15	6,02 ± 0,12	80,43 ± 0,40

<sup>1</sup>Os valores são expressos em g/100g

<sup>2</sup>Extrativos não azotados

O amido é o principal componente da farinha de castanha, seguido dos açúcares e das proteínas (Correia et al., 2012). O amido é formado por duas moléculas: a amilose e a amilopectina. O conteúdo em amido presente nos alimentos, assim como a proporção de amilose/ amilopectina, é de grande importância nos processos tecnológicos, influenciando o resultado do produto final (Wang et al., 2021).

Na Figura 6 encontram-se os resultados obtidos para o teor de amido e amilose nas farinhas de castanha estudadas. O conteúdo em amido e amilose não é muito diferente entre as várias cultivares, variando entre 41,9–44,1 g/100g e 24,8–27,0 g/100g respetivamente. Estes valores são corroborados também por vários autores (Borges et al., 2008; Correia et al., 2009; Littardi et al., 2020).

Para além destas características relacionadas com a composição físico-química das farinhas de castanha, importa referir que este alimento contém outros componentes importantes, nomeadamente polifenóis, vitaminas, fibras dietéticas, minerais, e ácidos gordos insaturados (Borges et al., 2007; Borges et al., 2008; De Vasconcelos et al. 2010; Korel et al., 2009). Deste modo, o consumo da castanha e dos seus produtos tem sido associado a benefícios para a saúde, como foi já referido no ponto 1.2.1. deste capítulo.

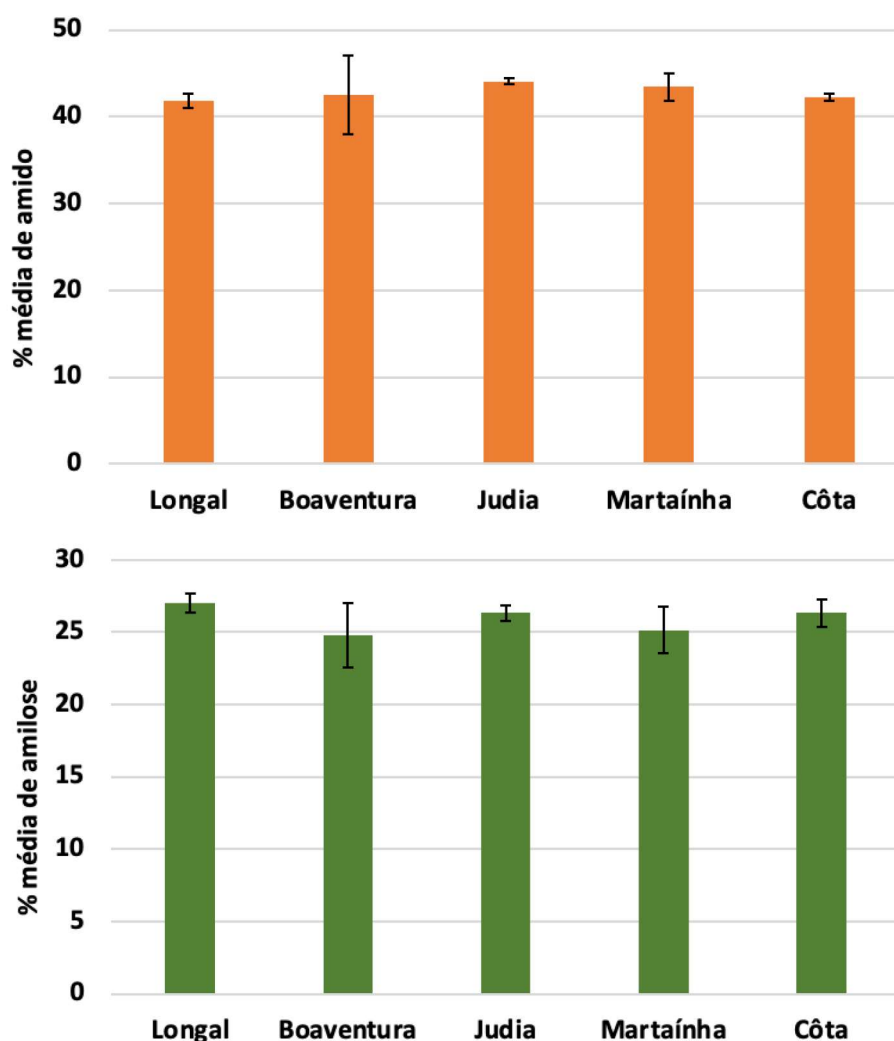


Figura 6 - Teores de amido e amilose nas farinhas de castanha das cultivares Longal, Boaventura, Judia, Martáinha e Côta.

### 9.2.2.2 Características funcionais

As propriedades funcionais desempenham um papel importante no comportamento dos alimentos ou dos seus ingredientes durante a sua preparação, processamento e armazenamento, afetando as características sensoriais desses alimentos. Kaur *et al.* (2007) definiram funcionalidade como qualquer propriedade de um ingrediente alimentar, exceto o seu valor nutricional, que tenha grande impacto na sua utilização. As propriedades funcionais ou tecnológicas de um alimento estão associadas a qualquer componente que afete o comportamento do alimento, estando intimamente relacionadas com as suas características físico-químicas. Assim, as propriedades

funcionais, refletem o comportamento de um alimento aquando da sua preparação e confeção, afetando o produto final (Raguzzoni, 2015). Propriedades como a solubilidade, viscosidade, a capacidade de ligação à água, emulsificação, formação de espuma e capacidade de gelificação são de interesse geral (Hermansson, 1979). As propriedades funcionais, como a emulsificação, solubilidade do nitrogénio, absorção de óleo e água estão intimamente relacionadas com a proteína (Kinsella, 1979), enquanto as características de viscosidade e intumescimento estão relacionadas com o amido (Bressani, 1985). No entanto, Prinyawiwatkul *et al.* (1997) referiram que as propriedades de gelatinização de sistemas heterogéneos, como a farinha, são controladas tanto pelas características físico-químicas das proteínas como pelos componentes do amido.

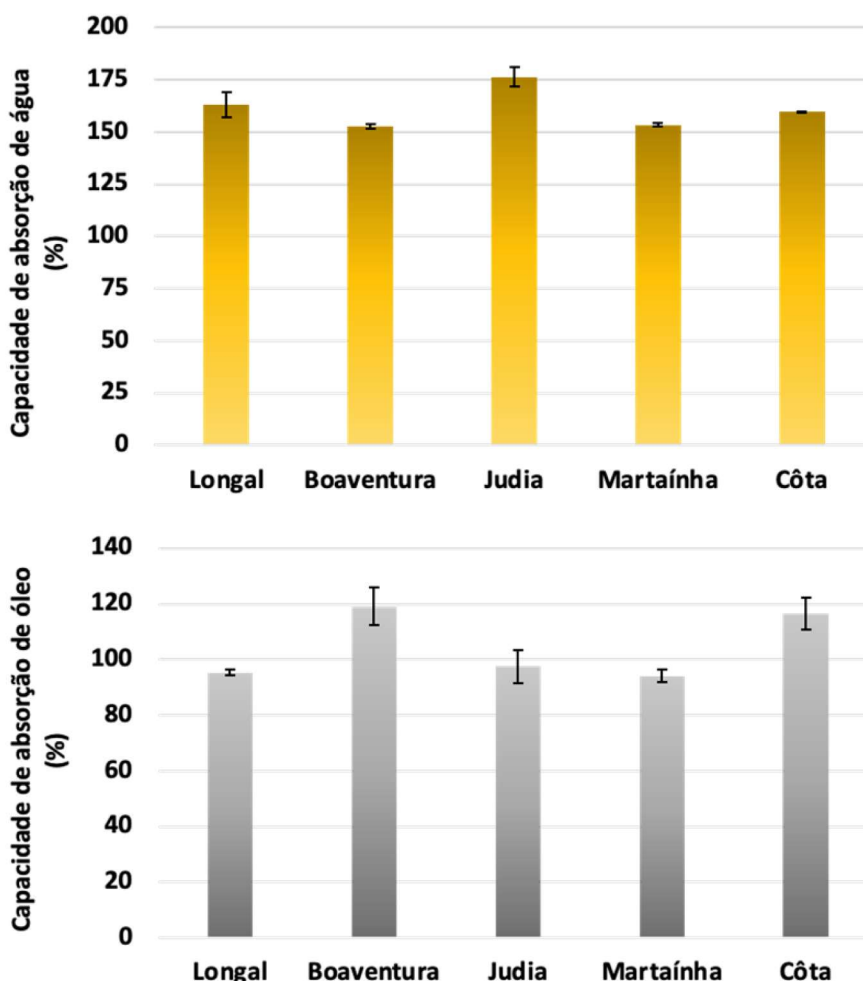
Para a caracterização funcional das farinhas das cultivares Boaventura, Côta, Judia, Longal e Martaínha, foram realizadas as seguintes determinações: capacidade de absorção de água e óleo, capacidade de formação de gel e determinação das características de viscosidade.

A capacidade de absorção de água, também chamada de absorção de água, é a quantidade de água absorvida pelos alimentos (farinha) para atingir a consistência desejada e criar um produto alimentar de qualidade. É a quantidade ideal de água necessária para ser adicionada a uma massa antes que ela se torne excessivamente pegajosa para processar. De realçar que uma absorção de água muito baixa ou excessiva pode afetar negativamente a qualidade dos produtos alimentícios (Awuchi *et al.*, 2019). Deste modo, a capacidade de absorção de água é uma característica crucial na elaboração de diversos produtos alimentares, tais como, molhos, massas e produtos de panificação, uma vez que esta propriedade está relacionada com a consistência do produto final (Chandra *et al.*, 2015; Awuchi *et al.*, 2019).

A capacidade de absorção de óleo, também chamada de absorção de óleo, é a ligação da gordura pela cadeia não polar das proteínas, sendo a taxa de absorção de óleo elevada em alimentos com alto teor de proteína (Awuchi *et al.*, 2019). A capacidade de absorção de óleo é uma propriedade funcional essencial que contribui para melhorar a sensação na boca, mantendo o *flavour* dos produtos alimentícios (Iwe *et al.*, 2016). A capacidade de ligação de óleo e água à proteína nos alimentos depende de fatores intrínsecos, como conformação da proteína, composição de aminoácidos e polaridade da superfície ou hidrofobicidade (Suresh *et al.*, 2013). Uma maior capacidade de absorção de óleo torna a farinha mais adequada para a preparação de produtos emulsionados, tais como, como massas de bolos, maionese ou molhos para saladas, sopas e queijos (Santana *et al.*, 2017).

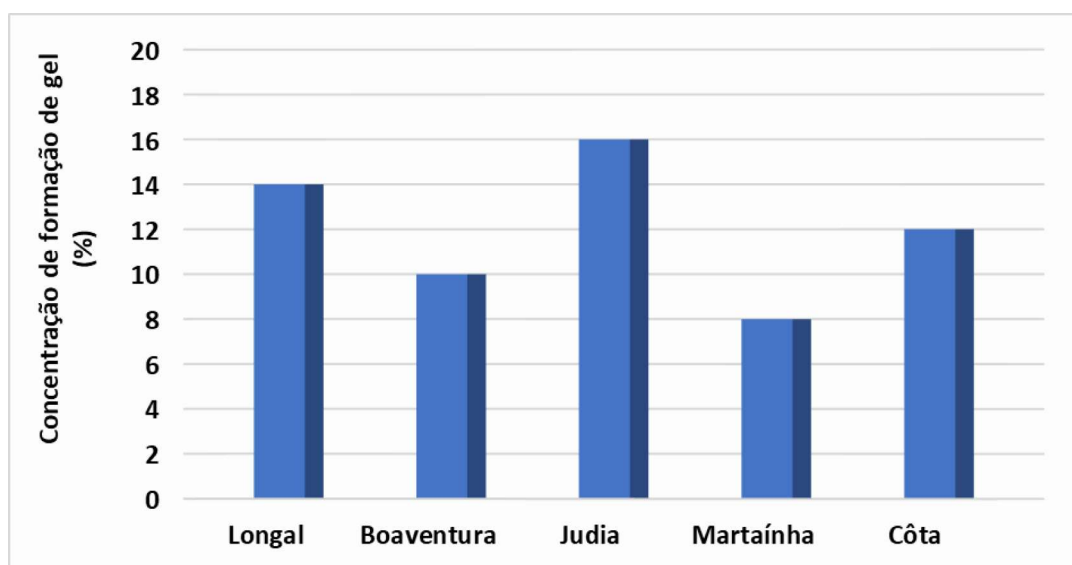
Da observação da Figura 7 podemos constatar que a capacidade das farinhas para absorção de água é maior do que a de absorção de óleo. As farinhas das cultivares Judia e Longal foram aquelas que apresentaram maior capacidade de absorção de água, no

entanto as farinhas das cultivares Boaventura e Martaínha foram aquelas que absorveram menos água. As farinhas que absorveram maior quantidade de óleo foram as das cultivares Boaventura e Côta.



**Figura 7 - Capacidade de absorção de água e de óleo das farinhas de castanha das cultivares Longal, Boaventura, Judia, Martainha e Côta.**

A capacidade de formação de gel é uma medida da quantidade mínima de farinha que é necessária para formar um gel num determinado volume de água (Awuchi et al., 2019). A farinha que apresentou uma maior concentração para a formação de gel foi a da cultivar Judia (16%) e a Martaínha foi a que precisou de menor concentração (8%) (Figura 8). Na Figura 9 podemos visualizar a partir de que percentagem de farinha se formam os géis, o que corrobora as concentrações referidas na Figura 7.



**Figura 8 - Concentração mínima de farinha de castanha para a formação de um gel.**

O estudo do comportamento da viscosidade de um alimento é importante, uma vez que as características na viscosidade refletem as qualidades de um produto alimentar aquando da sua confeção (Singh *et al.*, 2011). Na determinação desta característica foi utilizado um Rapid Visco Analyzer (modelo 4500 da Perten Instruments), submetendo uma suspensão de 14% de farinha de castanha a uma rampa de temperatura de aquecimento (de 50°C a 95 °C, estando 5 minutos a 95 °C), seguido de arrefecimento (95 °C até 50 °C) (Figura 10).

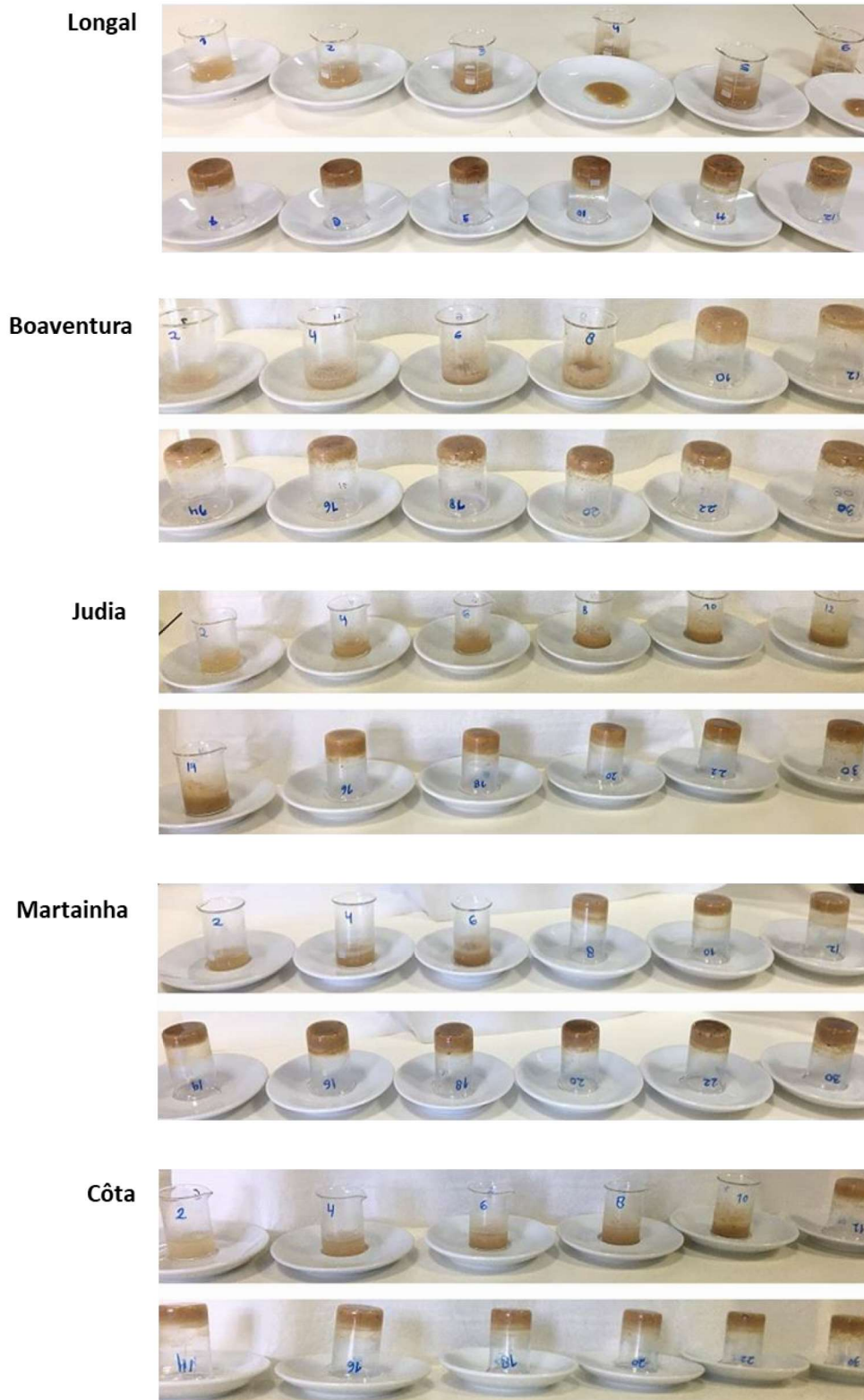
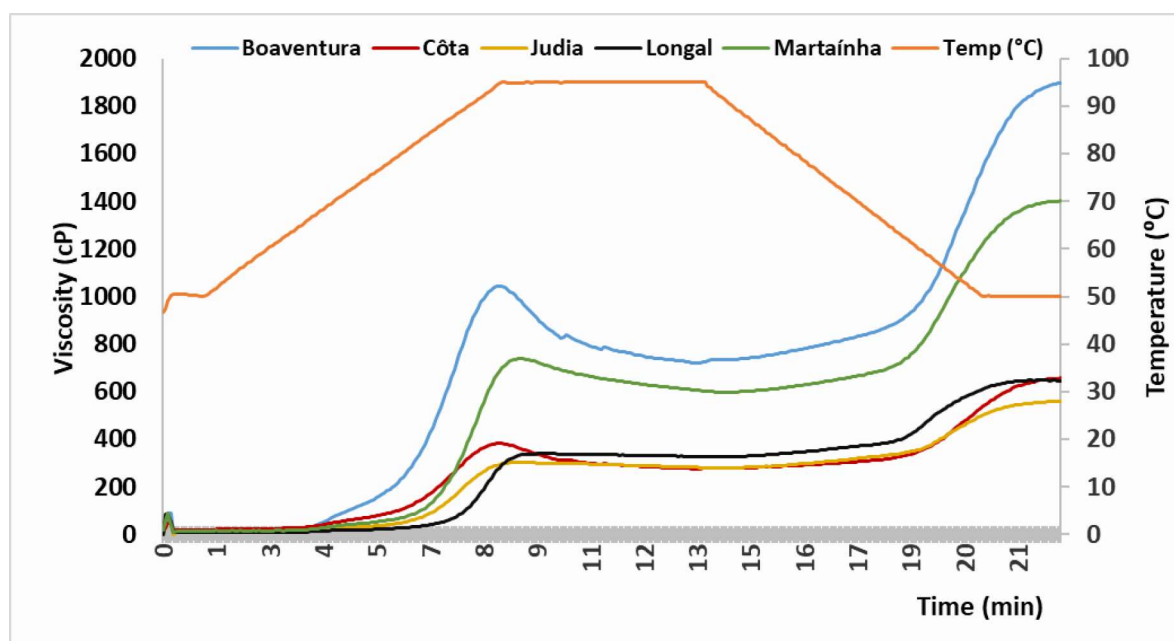


Figura 9 - Visualização da capacidade de formação de géis das diferentes farinhas de castanha das cultivares Longal, Côta, Martainha, Judia e Boaventura. A percentagem de farinha variou de forma crescente, da esquerda para a direita e de cima para baixo, de 2, 4



**Figura 10 - Perfis da viscosidade das farinhas de castanha para as cultivares Boaventura, Côta, Judia, Longal e Martaínha.**

As farinhas das cultivares Boaventura e Martaínha apresentam um perfil de viscosidade diferente das outras cultivares. Nestas duas farinhas a viscosidade atinge valores mais elevados, corroborando os resultados encontrados para a capacidade de formação de géis. De realçar ainda o facto de a farinha da cultivar Boaventura ter um início de empastamento a uma temperatura mais baixa, nos 65°C, isto é, comparando com as outras farinhas e para a mesma concentração, esta cultivar produz farinha com capacidade de gelatinizar mais cedo, formando um gel mais viscoso. Segundo Mir *et al.* (2015), uma temperatura de empastamento mais elevada indica uma maior resistência térmica para ocorrer o início da gelatinização, dando indicação sobre a temperatura mínima necessária para confeccionar a farinha.

### 9.3. Utilização da farinha de castanha

Como referido anteriormente, a castanha é rica em amido, contendo um teor baixo de gordura e proteína, um teor relativamente alto de açúcares, fibra dietética, minerais e vitaminas (Marrone *et al.*, 2015; Rybicka *et al.*, 2017). Para além das vantagens nutricionais, a castanha pode ser consumida de vários modos, crua, cozida, torrada ou então incorporada como farinha em produtos de pastelaria ou doçaria, sendo também adequada para a população celíaca, devido à ausência de glúten na sua composição (Corregidor *et al.*, 2020). Devido ao aumento da incidência da doença celíaca, existe cada vez mais interesse, por parte da indústria, em utilizar farinha de castanha para a

produção de produtos isentos de glúten de alta qualidade, especialmente pão (Bai *et al.*, 2013; O'Shea *et al.*, 2014). Para além disto, é de realçar o facto de a incorporação de farinha de castanha em diversos tipos de alimentos, de um modo geral, mostrar uma boa aceitação pelo consumidor desses produtos, para além de aumentar o seu valor nutricional, pois a maioria dos cereais sem glúten contém poucas quantidades de compostos benéficos para a saúde (Mir *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, tem havido alguma investigação sobre a utilização da farinha de castanha na produção de vários produtos alimentares, como é o caso do pão, biscoitos, snacks, massas alimentícias e leite probiótico fermentado (Boscaino, *et al.*, 2017; Demirkesen, 2016; Demirkesen *et al.*, 2010; Hegazy *et al.*, 2014; Hrušková *et al.*, 2019; Kosovic *et al.*, 2016; Mir *et al.*, 2019; Mohammadi *et al.*, 2022; Ozcan *et al.*, 2017; Paciulli *et al.*, 2016; Raczyk *et al.*, 2021; Rybicka *et al.*, 2017; Zhu, 2017; Silav-Tuzlu *et al.*, 2021; Torra *et al.*, 2021;). Alguns destes estudos mostram que a farinha de trigo (rico em glúten) pode ser parcial ou totalmente substituída por farinhas sem glúten, como é o caso da farinha de castanha, podendo aumentar ou manter as suas qualidades sensoriais e nutricionais.

De seguida serão apresentados dois produtos que foram produzidos no âmbito do projeto ValorCast, onde se utilizou farinha de castanha: um dos produtos é um pão hipermacio, usualmente utilizado para a confeção de hambúrgueres e o outro é uma massa alimentícia.

### **9.3.1. Produção de pão hipermacio**

Segundo a Portaria n.º 52/ 2015, «Pão» é o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estremes ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nomeadamente enzimas, nas condições legalmente fixadas.

O primeiro pão produzido terá sido na Mesopotâmia, atualmente Iraque, há cerca de 6000 anos. Acredita-se que os primeiros pães foram produzidos com farinha de castanha e de bolota resultando num pão duro e amargo (Cauvain *et al.*, 2006). Muitos dizem que foram os egípcios, os primeiros a confeccionar pão com textura fina, descobrindo que adicionar fermento à massa tornava o pão mais leve e macio (Moura, 2002).

O pão é um dos produtos de panificação mais populares e difundidos no mundo e a sua qualidade depende de várias características físicas (ou seja, textura, volume, cor) e organolépticas (por exemplo, compostos voláteis), que podem ser influenciadas por

muitos fatores, tais como o tipo de farinha e outros ingredientes, processo de panificação, fermentação, tempo de cozimento e temperatura (Dall'Asta *et al.*, 2013).

O pão devido à sua grande difusão e consumo tem suscitado cada vez mais atenção como um potencial alimento funcional. Assim, indústrias e investigadores têm estado envolvidos na otimização da tecnologia de panificação para melhorar a cultivar, qualidade, sabor e disponibilidade dos compostos ativos, adicionando propriedades nutricionais e funcionais (Balestra *et al.*, 2011; Cocci *et al.*, 2011; Dall'Asta *et al.*, 2013; Pasqualone *et al.*, 2011) com o objetivo final de ter um produto que seja aceite pelos consumidores em termos de aparência, sabor e textura (Siró *et al.*, 2008).

A utilização de farinhas não convencionais na formulação do pão, como cereais com menor representatividade, pseudo-cereais, sementes, leguminosas e frutos, tem tido uma procura crescente no mercado, não só pelos seus benefícios nutricionais e para a saúde, mas também devido ao facto dos consumidores procurarem produtos inovadores e diferenciadores. Para além disto, a concorrência do mercado tem sido cada vez maior e a inovação em produtos com incorporação de produtos não convencionais tem sido uma estratégia muito eficaz para o aumento da disponibilidade deste tipo de produtos (Anjos *et al.*, 2017).

No âmbito do projeto ValorCast foi estudada a aptidão da farinha de castanha para produção de pão hipermacio utilizado em redes de *fast-food*, nomeadamente para a confeção de hambúrgueres, com uma substituição parcial da farinha de trigo, com o intuito de aumentar o valor nutricional deste tipo de pão (Junior, 2020). Neste trabalho foi testada a percentagem ótima para a substituição da farinha de trigo, verificando-se que 30% foi a proporção ótima determinada por análise sensorial dos pães hipermacios, tendo como referência os pães que são utilizados nas redes de *fast-food*, sem que houvesse uma alteração muito significativa nos seus atributos sensoriais, nomeadamente no sabor e na textura do produto final. Também Paciulli *et al.* (2019) refere que o enriquecimento de pães com farinha de castanha é aceitável até um determinado nível, mas o teor excessivo de farinha de castanha foi prejudicial ao produto, e um nível de substituição de cerca de 20%–30% foi o nível mais adequado.

Posteriormente, foi investigado o efeito de 4 tipos de farinhas de castanha no pão, de modo a determinar se este fator influencia as características dos pães produzidos, em termos nutricionais e de aceitabilidade do consumidor, através de análises sensorial, e de análises físicas e químicas. Verificou-se que efetivamente os pães hipermacios apresentavam características diferentes, mostrando que o modo de produção da farinha, e logo as suas características, poderão influenciar a qualidade do pão produzido e a preferência do consumidor. Neste caso, a farinha de castanha secada a 50°C, moída num moinho de facas com um crivo de 1 mm, foi a que apresentou os melhores resultados na produção de pão hipermacio. Na Figura 11 podemos observar

os pães produzidos neste trabalho com a farinha de castanha que apresentou os melhores resultados tecnológicos, físicos, nutricionais e sensoriais.



**Figura 11 - Pão hipermacio produzido com farinha de castanha (2 fotografias à esquerda) e possível utilização deste pão para confecção de hambúrgueres (fotografia à direita) (autor: Sidnei Aparecido de Castro Junior).**

Numa primeira fase, a aceitação do produto é de grande importância, pois impulsiona este tipo de pão para possível implementação no mercado, aumentando o valor nutricional do pão utilizado nas redes de *fast-food*, bem como os benefícios para a saúde resultantes do seu consumo. Deste modo, a farinha de castanha assume-se como um produto com ótimas potencialidades em termos industriais e com um futuro muito promissor.

### **9.3.2. Produção de massa alimentícia**

Atualmente, a massa está presente em países de todo o mundo, sendo um dos alimentos mais consumidos mundialmente, devido ao seu valor nutricional, às suas características organolépticas e facilidade de confecção (Martini *et al.*, 2018, Papanikolaou, 2019).

A formulação de massas pode ser diversificada, tanto por meio de enriquecimento adequado como através de processos tecnológicos, para obter produtos variados (Martini *et al.*, 2018) Deste modo, com o passar do tempo, as massas passaram a apresentar-se de uma forma muito diversificada, não apenas em relação ao formato, mas também pela adição de outros ingredientes como cereais, ovos, vegetais, temperos, corantes e vitaminas (Brochard *et al.*, 2021). Assim, a massa é um alimento básico que pode ser facilmente melhorado através da incorporação na sua formulação

de vários ingredientes não tradicionais, contribuindo para melhorar a sua qualidade nutricional, nomeadamente os perfis de aminoácidos e ácidos gordos ou o aumento do teor de fibra alimentar ou a presença de vitaminas e minerais dietéticos (Sharma *et al.*, 2021; Ungureanu-luga *et al.*, 2020). Além disso, os compostos bioativos também podem ser adicionados às massas para aumentar os seus benefícios para a saúde, como é o caso dos compostos fenólicos com atividade antioxidante, que podem ser incorporados a partir de fontes naturais, como flores, frutas ou ervas culinárias (Armellini *et al.*, 2018; Bustos *et al.*, 2020; Kowalczewski *et al.*, 2019). No entanto, além do impacto no valor nutritivo e nos efeitos protetores na saúde, a adição de determinados ingredientes à formulação da massa pode influenciar a eficiência de cozimento (perdas e tempo de cozimento) e os atributos sensoriais (aparência, cor e textura) (El-Sohaimy *et al.*, 2020; Romero *et al.*, 2019; Spinelli *et al.*, 2019). No caso da farinha de castanha, uma farinha nutricionalmente rica e com benefícios para a saúde, como referido anteriormente, por não incluir glúten, não possui propriedades panificáveis e, portanto, a sua incorporação na massa pode resultar numa dificuldade maior na manipulação da massa (Brochard *et al.*, 2021; Paciulli *et al.*, 2019).

Uma das tarefas desenvolvidas durante o projeto ValorCast, e cujos resultados mais pormenorizados podem ser consultados em Brochard *et al.* (2021), foi a incorporação da farinha de castanha na produção, desenvolvimento e otimização de massas alimentícias. No desenvolvimento das massas fortificadas foi-se incorporando farinha de castanha numa percentagem que variou entre 25–55%, sendo estas massas caracterizadas no que respeita às suas propriedades físicas (analisando textura e cor), complementando com análises químicas para determinar a composição nutricional. Para além de terem sido testadas várias proporções de farinha de castanha, foram ainda produzidas massas com e sem adição de ovo, e também se produziram massas frescas e secadas (Figura 12).



**Figura 12 - Massas alimentícias produzidas com farinha de castanha (50%) no âmbito do projeto ValorCast.**

Os resultados desta investigação mostraram que a substituição de mais de 40% de farinha de trigo pela farinha de castanha encurtou o tempo ideal de cozimento e diminuiu o rendimento de cozimento, e na massa preparada com farinha de trigo e ovos manteve-se aproximadamente constante o rendimento de cozimento. A percentagem mais adequada em termos de incorporação da farinha de castanha foi a de 50%. Comparando com a receita de massa do controlo (só farinha de trigo e ovo), a substituição de 50% da farinha de trigo por farinha de castanha aumentou a pegajosidade, a adesividade e levou ao escurecimento do produto final (fresco ou secado), mas manteve a firmeza da massa. A cozedura de massas frescas ou secadas enriquecidas com a farinha de castanha tornou a massa mais clara e ligeiramente mais pegajosa. Por outro lado, a adição de farinha de castanha na formulação das massas resultou num produto nutricionalmente equilibrado com alto teor de fibras, vitaminas e minerais. No geral, a farinha de castanha apresenta-se como um ingrediente promissor para o desenvolvimento de formulações de massas frescas e secadas (Brochard *et al.*, 2021).

#### 9.4. Referências bibliográficas

Almeida-Dominguez, H. D., Ordonez-Duran, G.G., & Almeida, N. G. (1998). Influence of kernel damage on corn nutrient composition, dry matter losses and processability during alkaline cooking. *Journal of Cereal Chemistry*, 75, 124–128. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1998.75.1.124>

Anjos, C. N., Barros, B. H. S., Silva, E. I. G., Mendes, M. L. M., & Messias, C. M. B. O., (2017). Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de re- síduos de abóbora (*Cucurbita moschata*). *Arquivos de Ciências da Saúde*, 24(4), 58–62. DOI: <https://doi.org/10.17696/2318-3691.24.4.2017.870>.

Armellini, R., Peinado, I., Pittia, P., Scampicchio, M., Heredia, A., & Andres, A. (2018). Effect of saffron (*Crocus sativus* L.) enrichment on antioxidant and sensorial properties of wheat flour pasta. *Food Chemistry*, 254, 55–63. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.01.174](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.174)

Awuchi, C., Igwe, V., & Echeta, C. (2019). The functional properties of food and flours. *International Journal of Advanced Academic Research - Sciences, Technology and Engineering*, 5(11), 139–160. Acedido em: <https://www.ijaar.org/articles/Volume5-Number11/Sciences-Technology-Engineering/ijaar-ste-v5n11-nov19-p16.pdf>

Bai, J. C., Fried, M., Corazza, G. R., Schuppan, D., Farthing, M., Catassi, C., Greco, L., Cohen, H., Ciacci, C., Eliakim, R., Fasano, A., González, A., Krabshuis, J. H., LeMair, A., & World Gastroenterology Organization. (2013). World Gastroenterology Organisation global guidelines on celiac disease. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 47(2), 121–126. <https://doi.org/10.1097/MCG.0b013e31827a6f83>

Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G. G., & Romani, S. (2011). Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 700e705. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.017>

Borges, O., Gonçalves, B., de Carvalho, J. L. S., Correia, P., & Silva, A. P. (2008). Nutritional quality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars from Portugal. *Food Chemistry*, 106(3), 976–984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.011>

Borges, O., Carvalho, J. S., Correia, P. R., & Silva, A. P. (2007). Lipid and fatty acid profiles of *Castanea sativa* Mill. chestnuts of 17 native Portuguese cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 80–89. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.07.008

Boscaino, F., Cammarota, G., Ottombrino, A., Nazzaro, M., Siano, F., Volpe, M. G., & Alida Sorrentino, A. (2017). Chemical, volatile profile and shelf life of muffin enriched with supplementation chestnut cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e13013. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13013>

Bressani, R. (1985). Nutritive value of cowpea. *Em: Singh, S. R., & Rachie, K. O. (Eds.), Cowpea Research, Production and Utilization. John Wiley and Sons, New York, USA, pp. 353–359.*

Bressani, R., Turcious, J. C., Reyes, L., & Merida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latino americanos de Nutrición*, 51, 309–313. Acedido em: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222001000300015](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222001000300015)

Brochard, M., Correia, P., Barroca, M. J., & Guiné, R.P. F. (2021). Development of a new pasta product by the incorporation of chestnut flour and bee pollen. *Applied Sciences*, 11, 6617. <https://doi.org/10.3390/app11146617>

Bustos, M. C., Vignola, M. B., Paesani, C., & León, A. E. (2020). Berry fruits-enriched pasta: effect of processing and in vitro digestion on phenolics and its antioxidant activity, bioaccessibility and potential bioavailability. *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 2104–2112. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14453>

Cabo, P., Almeida, A., & Laranjo, J. (2019). O setor da castanha em Portugal. III Congresso Nacional das Escolas Superiores Agrárias (IICNESA). Acedido em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/21342>

Carneiro-Carvalho, A., Vilela, A., Ferreira-Cardoso, J., Marques, T., Anjos, R., Gomes-Laranjo, J., & Pinto, T. (2019). Productivity, chemical composition and sensory quality of “Martainha” chestnut variety treated with Silicon. *CyTA - Journal of Food*, 17(1), 316–323. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1579757>

Cauvain, S., & Young, L. (2006). *Productos de panadería: ciência, tecnologia y práctica*. 1ª Edição. Editora Acríbia, S.A. Zaragoza, Espanha.

Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food*

Science and Technology, 52(6), 3681–3688. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>

Corregidor, V., Antonio, A. L., Alves, L. C., & Cabo Verde, S. (2020). Castanea sativa shells and fruits: Compositional analysis by proton induced X-ray emission. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 477, 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2019.08.018>

Correia, P., Leitão, A., & Beirão-da-Costa, M. L. (2009). The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnut flours. Journal of Food Engineering, 90, 325–332. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.040

Correia, P., & Beirão-da-Costa, M. L. (2012). Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of chestnut flours. Food and Bioproducts Processing, 90, 284–294. DOI: 10.1016/j.fbp.2011.06.008

Dall’Asta, C., Cirlini, M., Morini, E., Rinaldi, M., Ganino, T., & Chiavaro, E., (2013). Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. LWT - Food Science and Technology, 53(1), 233–39. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.025>

De Vasconcelos, M. C. B. M., Bennett, R. N., Rosa, E. A. S., & Ferreira-Cardoso, J. V. (2010). Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: Fresh and processed products. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(10), 1578–1589. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4016>

Delgado, T., Pereira, J. A., Casal, S., & Ramalhosa, E. (2016). Bioactive compounds of chestnuts as health promoters. Natural bioactive compounds from fruits and vegetables as health promoters, 132–154. Acedido em: <http://hdl.handle.net/10198/14271>

Demirkesen, I. (2016). Formulation of Chestnut Cookies and their Rheological and Quality Characteristics. Food Quality, 39, 264–273. <https://doi.org/10.1111/jfq.12209>

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. Journal of Food Engineering, 101(3), 329–336. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2010.07.017

El-Sohaimy, S. A., Brennan, M., Darwish, A. M. G., & Brennan, C. (2020). Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. Annals of Agricultural Sciences, 65, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.05.005>

Ferreira-Cardoso, J. V., Torres-Pereira, J. M. G., & Sequeira, C. A. (2005). Effect of year and cultivar on chemical composition of chestnuts from northeastern Portugal. Acta Horticulturae, 693, 271–278. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.693.3>

Fontinha, C., & Correia, P. (2016). Amido resistente em diversas fontes não convencionais de amido. Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health, 38, 67–81.

Fratj, A., Landi, D., Marinelli, C., Gianni, G., Fontana, L., Migliorini, M., Pierucci, F., Garcia-Gil, M., & Meacci, E. (2014). Nutraceutical properties of chestnut flours: beneficial effects on skeletal muscle atrophy. *Food & Function*, 5, 2870–2882. DOI: 10.1039/c4fo00353e

Guiné, R. (2013). Unit operations for the food industry: thermal processing & nonconventional technologies. LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. Germany. <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/1809>

Hegazy, N. A., Kamil, M. M., Hussein, A. M. S., & Bareh, G. F. (2014). Chemical and technological properties of improved bis- cuit by chestnut flour. *International Journal of Food Nutritional Science*, 3(6), 7-15. Acedido em: <http://www.ijfans.com/Volume%203%20Issue%206/2.%20IJFANS%20A0343-14.pdf>

Henriques, C. (2017). Castanheiro: Estado da Transformação. Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. Acedido em: [http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/08/encrypted\\_Transformacao\\_final.pdf](http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/08/encrypted_Transformacao_final.pdf)

Henriques, C. A. dos S. (2015). Contributo para o estudo da produtividade do castanheiro «Martainha» em Penela da Beira (DOP «Soutos da Lapa»). Relatório do Projeto Final para obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Agrónómica. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco. Acedido em: <https://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/2906>

Henriques, C. A. dos S., & Borges, A. J. P. (2017). Castanheiro: Estado da Produção. Centro Nacional de Competência dos Frutos Secos. Acedido em: [http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/10/encrypted\\_castanha\\_producao5-2.pdf](http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/10/encrypted_castanha_producao5-2.pdf)

Hermansson, A. M. (1979). Methods of studying functional characteristics of vegetable proteins. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 56, 272–278. <https://doi.org/10.1007/BF02671471>

Hrušková, M., Švec, I., & Kadlcíková, I. (2019). Effect of chestnut and acorn flour on wheat / wheat-barley flour properties and bread quality. *International Journal of Food Studies*, 8, 41-57. DOI: 10.7455/ijfs/8.1.2019.a4

Iwe, M. O., Onyeukwu, U., & Agiriga, A. N. (2016). Proximate, functional & pasting properties of FARO 44 rice, African yam bean and brown cowpea seeds composite flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1142409. <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2016.1142409>.

Junior, S. A. C. (2020). Produção de pães hipermacios com farinha de *Castanea sativa* Mill. para redes de *fast-food*. Tese para obtenção do grau de mestre em Qualidade e Tecnologia Alimentar. Escola Superior Agrária de Viseu. Instituto Politécnico de Viseu. Acedido em: <http://hdl.handle.net/10400.19/6387>

Kaur, L., & Singh, N. (2007). Relationships between various functional, thermal and pasting properties of flours from different Indian black gram (*Phaseolus mungo* L.)

cultivars. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 87, 974–984. DOI: 10.1002/jsfa.2789

Kinsella, J. E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 56, 242–258. <https://doi.org/10.1007/BF02671468>

Korel, F., & Balaban, M. Ö. (2009). Chemical composition and health aspects of chestnut (*Castanea* spp.) Em: C. Alasalvar & F. Shahidi (Eds.), *Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects*. CRC Press Taylor and Francis Group: Boca Raton, FL, USA. Pp 171-184

Kosović, I., Jukić, M., Jozinović, A., Ačkar, D., & Koceva Komlenić, D. (2016). Influence of chestnut flour addition on quality characteristics of pasta made on extruder and minipress. *Czech Journal of Food Science*, 34, 166-172. <https://doi.org/10.17221/451/2015-CJFS>

Kowalczewski, P. L., Pauter, P., Smarzyński, K., Róžańska, M.B., Jezowski, P., Dwiecki, K., & Mildner-Szkudlarz, S. (2019). Thermal processing of pasta enriched with black locust flowers affect quality, phenolics and antioxidant activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e14106. DOI: 10.1111/JFPP.14106

Laranjo, J. G. (2013). A fileira da castanha em Portugal: Uma fileira de oportunidades. *Agrotec: revista técnico-científica agrícola*, 8, 36–38.

Laranjo, J. G. (2015). A fileira da castanha em Portugal: Uma fileira de oportunidades. *Hortofruticultura & Floricultura*. Acedido em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/a-fileira-da-castanha-em-portugal-uma-fileira-de-oportunidades/>

Littardi, P., Paciulli, M., Carini, E., Rinaldi, M., Rodolfi, M., & Chiavaro, E. (2020). Quality evaluation of chestnut flour addition on fresh pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 126, 109303. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109303>

Marrone, L., Dall'Asta, C., Silvanini, A., Cirlini, M., Beghè, D., Fabbri, A., & Ganino, T. (2015). The influence of seasonality on total fat and fatty acids profile, protein and amino acid, and antioxidant properties of traditional Italian flours from different chestnut cultivars. *Scientia Horticulturae*, 192:132-140. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.04.018

Martini, D., Brusamolino, A., Del Bo', C., Laureati, M., Porrini, M., & Riso, P. (2018). Effect of fiber and protein-enriched pasta formulations on satiety-related sensations and afternoon snacking in Italian healthy female subjects. *Physiology & Behavior*, 185, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.12.024>

Mir, N. A., Gul, K., & Riar, C. S. (2015). Physicochemical, pasting and thermal properties of water chestnut flours: a comparative analysis of two geographic sources. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1407-1413. DOI: 10.1111/jfpp.12359

Mir, S. A., Bosco, S. J. D., & Shah, M. A. (2019). Technological and nutritional properties of gluten-free snacks based on brown rice and chestnut flour. *Journal of the*

Saudi Society of Agricultural Science, 18, 89-94.  
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.02.002>

Mohammadi, M., Khorshidian, N., Yousefi, M. & Khaneghah, M. (2022). Physicochemical, rheological, and sensory properties of gluten-free cookies produced by flour of chestnut, date seed, and modified starch. *Journal of Food Quality*, 2022, Article ID 5159084, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/5159084>

Moura, E. E., (2002). O sabor do pão. *Aditivos & Ingredientes*, 19, 66-68.

O'Shea, N., Arendt, E., & Gallagher, E. (2014). State of the art in gluten-free research. *Journal of Food Science*, 79(6), R1067-1076. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12479>

Ozcan, T., Yilmaz-Ersan, L., Akpinar-Bayizit, A., & Berrak Delikanli, B. (2017). Antioxidant properties of probiotic fermented milk supplemented with chestnut flour (*Castanea sativa* Mill). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e13156. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13156>

Paciulli, M., Mert, I. D., Massimiliano Rinaldi, M., Alessandro Pugliese, A., & Chiavaro, E. (2019). Chestnut and breads: nutritional, functional, and technological qualities. Em: Preedy, V. R., & Watson, R. R. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (2ª Edição). Academic Press. PP 237-247. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01593-8>

Paciulli, M., Rinaldi, M., Cirilini, M., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2016). Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life study. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.034>

Papanikolaou, Y. (2019). Pasta foods are associated with improved nutrient intakes, increased whole grain and vegetable consumption and nutrient adequacy in US adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 119, A147. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2019.08.159>

Pasqualone, A., Piergiovanni, A. R., Caponio, F., Paradiso, V. M., Summo, C., & Simeone, R. (2011). Evaluation of the technological characteristics and bread-making quality of alternative wheat cereals in comparison with common and durum wheat. *Food Science and Technology International*, 17, 135e142. <https://doi.org/10.1177/1082013210381547>

Pereira-Lorenzo, S., Ramos-Cabrera, A.M., Díaz-Hernández, M.B., Ciordia-Ara, M., & Rios-Mesa, D., 2006. Chemical composition of chestnut cultivars from Spain. *Scientia Horticulturae* 107, 306–914. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.08.008>

Piccolo, E. L., Landi, M., Ceccanti, C., Mininni, A. N., Marchetti, L., Massai, R., Guidi, L., & Remorini, D. (2020). Nutritional and nutraceutical properties of raw and traditionally obtained flour from chestnut fruit grown in Tuscany. *European Food Research and Technology*, 246(9), 1867–1876. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03541-9>

Portaria n.º 52/2015 de 26 de fevereiro. Fixa as características a que devem obedecer os diferentes tipos de pão e de produtos afins do pão ou de padaria fina e revoga a Portaria n.º 425/98, de 25 de julho.

Prinyawiwatkul, W., Beuchat, L.R., McWatters, K.H., & Phillips, R.D. 1997. Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets extended with fermented cowpea and peanut flours. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 45, 1891–1899. <https://doi.org/10.1021/jf9606520>

Raczyk, M., Kruszewski, B., & Michałowska, D. (2021). Effect of coconut and chestnut flour supplementations on texture, nutritional and sensory properties of baked wheat based bread. *Molecules*, 26, 4641. <https://doi.org/10.3390/molecules26154641>

Raguzzoni, J. C. (2015). Amidos crioulos: Caracterização fundamental e influência de biopolímeros nas propriedades funcionais do amido. Acedido em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/16028>

Ribeiro, M. I., Fernandes, A., & Cabo, P. (2019). Portuguese consumer: Attitude and behavior towards consumption of chestnuts. XII Congreso de Economía Agrária, 527–529. Acedido em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/19575>

Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzino, F., & Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. *Food Chemistry*, 224, 144-152. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.055

Romero, H. M., & Zhang, Y. (2019). Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation *Journal of Agriculture and Food Research* 1:100001. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100001>

Rybicka, I., & Gliszczynska-Swiglo, A. (2017). Gluten-Free flours from different raw materials as the source of vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and B<sub>6</sub>. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 63(2), 125-132. <https://doi.org/10.3177/jnsv.63.125>

Santana, G., Oliveira Filho, J., & Egea, M. (2017). Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. *Journal of Neotropical Agriculture*, 4, 88–95. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1549>

Silav-Tuzlu, G., & Tacer-Caba, Z. (2021). Influence of chia seed, buckwheat and chestnut flour addition on the overall quality and shelf life of the gluten-free biscuits. *Food Technology & Biotechnology*, 59, 463-474. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.04.21.7204>

Sharma, R., Dar, B. N., Sharma, S., & Singh, B. (2021). In vitro digestibility, cooking quality, bio-functional composition, and sensory properties of pasta incorporated with potato and pigeonpea flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 100300. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100300>

Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product

development, marketing and consumer acceptance - a review. *Appetite*, 51, 456e467. DOI: 10.1016/j.appet.2008.05.060

Souza, A. G., Santos, L. S., Silva, A. R. Z., & Passoni, C. R. M. S., (2014). Propriedades nutricionais da castanha portuguesa (*Castanea sativa* Mill) e elaboração de produtos. *Cadernos da Escola de Saúde*, 12, 109-124. Acedido em: <https://portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/cadernossaude/article/view/2424>

Spinelli, S., Padalino, L., Costa, C., Del Nobile, M.A., & Conte, A. (2019). Food by-products to fortified pasta: A new approach for optimization. *Journal of Cleaner Production*, 215, 985–991. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.117>

Suresh, C., & Samsher, S. (2013) Assessment of functional properties of different flours. *African Journal of Agricultural Research*, 8(38), 4849-4852. DOI:10.5897/AJAR2013.6905.

Torra, M., Belorio, M., Ayuso, M., Carocho, M., Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., & Gómez, M. (2021). Chickpea and chestnut flours as non-gluten alternatives in cookies. *Foods*, 10, 911. <https://doi.org/10.3390/foods10050911>

Ungureanu-luga, M., Dimian, M., & Mironeasa, S. (2020). Development and quality evaluation of gluten-free pasta with grape peels and whey powders. *LWT - Food Science and Technology*, 130, 109714. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109714

Wang, Y., Chen, L., Yang, T., Ma, Y., McClements, D. J., Ren, F., Tian, Y., & Jin, Z. (2021). A review of structural transformations and properties changes in starch during thermal processing of foods. *Food Hydrocolloids*, 113, 106543. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106543>

Wani, I. A., Hamid, H., Hamdani, A. M., Gani, A., & Ashwar, B. A. (2017). Physico-chemical, rheological and antioxidant properties of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) as affected by pan and microwave roasting. *Journal of Advanced Research*, 8(4), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.05.005>

Zhu, F. (2017). Properties and food uses of chestnut flour and starch. *Food and Bioprocess Technology*, 10. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1909-0>