



## **Caracterização nutricional e perfil volátil de farinha de castanha proveniente de diferentes procedimentos de fabrico**

Ana Beatriz Guedes Gonçalves

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Campo Mourão (UTFPR-CM)

Orientado por:

Prof<sup>a</sup> Doutora Tiane Finimundy (CIMO/IPB)

Doutor Luís Pinto (MORE CoLAB)

Prof<sup>o</sup> Doutor Odinei Hess Gonçalves (UTFPR/CM)

Bragança  
2023

# **Caracterização nutricional e perfil volátil de farinha de castanha proveniente de diferentes procedimentos de fabrico**

Ana Beatriz Guedes Gonçalves

Prof<sup>a</sup> Doutora Tiane Finimundy (CIMO/IPB)

Doutor Luís Pinto (MORE CoLAB)

Prof<sup>o</sup> Doutor Odinei Hess Gonçalves (UTFPR/CM)

Bragança, abril de 2023

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço à Deus por tudo o que Ele me proporcionou até aqui, por todos os lugares que me permitiu chegar, pelas histórias vividas e por todas as pessoas incríveis que tem colocado no meu caminho. Ao meu pai João e, especialmente, à minha mãe Edna, por ser meu exemplo maior e minha base, por sempre “estar” e ser a pessoa que mais inspira nossas vidas. À minha irmã Bárbara, que além de dividir a vida comigo, é minha maior apoiadora, me manteve firme nesse ano todo e depositou todo amor do mundo mesmo à muitos quilômetros de distância. Essa tese e esse título é para e por vocês.

À minha orientadora Doutora Tiane Finimundy, por todo conhecimento transmitido, pela disponibilidade e acolhimento de sempre. Minha sincera e eterna gratidão pela inegável dedicação em prol do sucesso deste trabalho. Ao meu coorientador Doutor Luís Pinto, pela motivação e auxílio no melhor desenvolvimento deste projeto.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar a Dupla-Diplomação e principalmente pelo ensino de ótima qualidade que nos dispõe. Ao Instituto Politécnico de Bragança, meu muito obrigada pela recepção, foram dias memoráveis de conhecimento e aprendizado. Assim como agradeço todo educador que transmitiu seu conhecimento durante minha formação, me sinto capacitada graças a vocês.

Às minhas amigas do Brasil, em especial Ana Carla e Jéssica, pela paciência e por nunca me distanciar, vocês também foram fundamentais nessa caminhada. Ao meu primo Emílio, meu muito obrigada por me ajudar a viver isso. À Geovana Córdova, por todos esses anos de parceria e caminhada de UTFPR, você também faz parte desse momento. E por último, mas, com toda a certeza, não menos importante, aos meus amigos de Bragança. Obrigada a todos vocês, pela melhor experiência que já vivi em toda minha vida. Principalmente à Karoline, Ramily, Ana Paula, Leonardo, Gabriela e Marcella, obrigada pela força nos momentos difíceis e pelas risadas nos muitos momentos felizes. Ao Rodrigo e à Kayane obrigada por tudo, eu vou sentir muita falta de vocês. Enfim, me formei!

## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1. CASTANHA: CARACTERIZAÇÃO E CONTEXTO HISTÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2. CARACTERIZAÇÃO DA CASTANHA EUROPEIA (CASTANEA SATIVA MILL.)</b> .....	<b>19</b>
2.2.1. Principais variedades em Portugal .....	20
2.2.2. Valorização x Transformação .....	21
<b>2.3. FARINHA</b> .....	<b>22</b>
2.3.1. Potencial uso como ingrediente alimentar.....	23
2.3.2. Metodologias de fabrico.....	25
<b>2.4. PERFIL VOLÁTIL</b> .....	<b>26</b>
2.4.1. Metodologia de caracterização de compostos voláteis.....	27
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>30</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2. REAGENTES</b> .....	<b>34</b>
<b>4.3. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS FARINHAS</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FARINHAS</b> .....	<b>36</b>
4.4.1. Açúcares livres .....	36
4.4.2. Ácidos orgânicos.....	37
4.4.3. Ácidos gordos .....	38
<b>4.5. AVALIAÇÃO DO PERFIL VOLÁTIL DAS FARINHAS</b> .....	<b>39</b>
4.5.1. Microextração em Fase Sólida .....	39
4.5.2. Perfil e quantificação de voláteis .....	39
<b>4.6. INCORPORAÇÃO DAS FARINHAS DE CASTANHA NUM PRODUTO ALIMENTAR – MASSA FRESCA</b> <b>41</b>	
4.6.1. Formulação e preparo das massas .....	41
4.6.1.1. Ensaio preliminares .....	41
4.6.2. Avaliação de cor das massas .....	43
4.6.3. Determinação da composição nutricional e química das massas .....	44
<b>4.7. ANÁLISE SENSORIAL DAS MASSAS</b> .....	<b>45</b>
<b>4.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>47</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>5.1. FARINHA DE CASTANHA</b> .....	<b>48</b>
5.1.1. Composição centesimal e energética.....	48
5.1.2. Perfil volátil .....	54

<b>5.2. MASSA FRESCA DE FARINHA DE CASTANHA .....</b>	<b>63</b>
5.2.1. Composição centesimal e energética.....	63
5.2.2. Cor .....	66
5.2.3. Análise sensorial .....	69
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS I - FICHA DO TESTE DE PERCEÇÃO.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS II - FICHAS DE TESTE AFETIVO E INTENÇÃO DE COMPRA .....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Distribuição da <i>Castanea sativa</i> pela Europa, frequência e modo de introdução. .....	16
<b>Figura 2</b> - Estrutura do fruto do castanheiro.....	17
<b>Figura 3</b> - Produção de castanha em Portugal. ....	18
<b>Figura 4</b> - Distribuição da castanha em Portugal. ....	20
<b>Figura 5</b> - Exemplos de farinhas comercializadas em Portugal. ....	23
<b>Figura 6</b> - Representação esquemática dos objetivos desta dissertação. ....	31
<b>Figura 7</b> - Processo do fabrico da farinha de castanha utilizando cozedura.....	32
<b>Figura 8</b> - Processo do fabrico da farinha de castanha utilizando secagem. ....	33
<b>Figura 9</b> - Processo do fabrico da farinha de castanha utilizando assadura. ....	33
<b>Figura 10</b> - Bloco digestor para determinação de nitrogênio orgânico pelo método Kjeldahl. ....	35
<b>Figura 11</b> - Extração de gordura em aparelho Soxhlet. ....	35
<b>Figura 12</b> - Evaporação da fração etanólica em evaporador rotativo para determinação de açúcares.....	37
<b>Figura 13</b> - Condições de microextração em fase sólida do espaço de cabeça e dessorção térmica (HS-SPME/GC-MS).....	40
<b>Figura 14</b> - Produção das amostras de massa fresca: <b>a)</b> mistura dos ingredientes; <b>b)</b> descanso da massa obtida; <b>c)</b> moldagem das massas; <b>d)</b> massa após ser cortada em tiras. .....	42
<b>Figura 15</b> – Amostras preliminares de massa.....	43
<b>Figura 16</b> - Amostras de massa secas após estufa e trituradas em moinho. ....	44
<b>Figura 17</b> - Separação de fases na análise de ácidos gordos. ....	45
<b>Figura 18</b> - Cabines do Laboratório de Análise Sensorial da ESA/IPB. ....	46
<b>Figura 19</b> - Distribuição percentual das classes químicas dos compostos voláteis identificados nas amostras de farinha de castanha: seca (FCS), cozida (FCC) e assada (FCA).....	58
<b>Figura 20</b> - Componentes voláteis identificados em simultâneo nas três farinhas de castanha. Em cada coluna, diferentes letras correspondem a diferenças significativas ( $p < 0,05$ )......	59
<b>Figura 21</b> - Cromatogramas (GC-MS) do perfil volátil das farinhas de castanha: assada (A), cozida (B) e seca (C)......	62

<b>Figura 22</b> - Representação ilustrativa do sistema CIELab de coordenadas de cor L*, a* e b*.....	67
<b>Figura 23</b> - Médias das coordenadas L*, a* e b* da análise de cor das massas de farinha de castanha.....	68
<b>Figura 24</b> - Análise colorimétrica em "massas frescas" incorporadas de farinhas de castanha: seca (MCS), assada (MCA) e cozida (MCC). ....	69
<b>Figura 25</b> - Descrição dos participantes na análise sensorial (parte superior) e do painel selecionado para teste de intensidade de sabor (parte inferior). ....	70
<b>Figura 26</b> - Percentagem cumulativa das respostas obtidas no teste de intensidade de sabor de castanha.....	72
<b>Figura 27</b> - Médias dos escores dos atributos sensoriais pelo teste afetivo das massas fresca de farinha de castanha (cozida, assada e seca). ....	73
<b>Figura 28</b> - Intenção de compra das amostras de massa fresca de farinha de castanha (cozida, assada e seca). ....	74

## **ÍNDICE DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Formulação das massas para teste preliminar. ....	42
<b>Tabela 2</b> - Valor nutricional (g/100g p.f.1) e energético (kcal/100 g, p.f.), composição em açúcares livres (g/100g p.f.), ácidos orgânicos (g/100g p.f.) e ácidos gordos (% relativa) das farinhas de castanha: cozida (FCC), assada (FCA) e seca (FCS). ....	50
<b>Tabela 3</b> - Composição volátil das farinhas de castanha após aplicação de três tratamentos térmicos diferentes (assadura, cozedura e secagem), identificado por GC-MS e extraído por hs-SPME. ....	55
<b>Tabela 4</b> - Valor nutricional (g/100g p.f. <sup>1</sup> ), valor energético (kcal/100g p.f.), composição em açúcares livres (g/100g p.f.) e ácidos gordos (percentagem relativa) das massas frescas de farinha de castanha: cozida (MCC), assada (MCA), seca (MCS). ....	65



## **LISTA DE EQUAÇÕES**

<b>Equação 1</b> - Determinação de hidratos de carbono. ....	36
<b>Equação 2</b> - Determinação da energia total. ....	36

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>µg</b>	Micrograma
<b>a*</b>	Coordenada de cor vermelho/verde
<b>ANOVA</b>	Análise de variância
<b>AOAC</b>	Metodologias oficiais de análise de alimentos
<b>aw</b>	Atividade de água
<b>b*</b>	Coordenada de cor amarelo/azul
<b>CIE</b>	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i>
<b>DAD</b>	Detetor de díodos
<b>DOP</b>	Denominação de origem protegida
<b>EU</b>	União Europeia
<b>FAME</b>	Esteres metílicos de ácidos gordos
<b>FAO</b>	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
<b>FCA</b>	Farinha de castanha assada
<b>FCC</b>	Farinha de castanha cozida
<b>FCS</b>	Farinha de castanha seca
<b>FDA</b>	<i>Food and Drug Administration</i>
<b>FID</b>	Detetor de ionização de chama
<b>g</b>	Gramas
<b>GC-FID</b>	Cromatografia gasosa com deteção por ionização de chama
<b>GC-MS</b>	Cromatografia gasosa com deteção por espectrometria de massas
<b>HPLC</b>	Cromatografia líquida de alta eficiência acoplada
<b>HS</b>	<i>headspace</i>
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estatística
<b>kcal</b>	Quilocaloria
<b>kg</b>	Quilograma
<b>LRI</b>	<i>Linear Retention Index</i>
<b>MCA</b>	Massa de farinha de castanha assada
<b>MCC</b>	Massa de farinha de castanha cozida
<b>MCS</b>	Massa de farinha de castanha seca
<b>mg</b>	Miligramas
<b>min</b>	Minutos
<b>MUFA</b>	Ácidos gordos monoinsaturado
<b>nc</b>	Não calculado
<b>nd</b>	Não detetado
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>p.f.</b>	Peso fresco
<b>p.s.</b>	Peso seco

<b>p/p</b>	Relação peso/peso
<b>PI</b>	Padrão interno
<b>PUFA</b>	Ácidos gordos polinsaturados
<b>RDA</b>	Recomendações diárias de ingestão
<b>SD</b>	Desvio padrão
<b>SFA</b>	Ácidos gordos saturados
<b>SPE</b>	Extração em fase sólida
<b>SPME</b>	Microextração em fase sólida
<b>TIC</b>	Cromatograma de Íons Total
<b>tr</b>	Traços (vestígios)
<b>UFLC</b>	Cromatografia líquida ultra rápida
<b>UNU</b>	Universidade das Nações Unidas
<b>USA</b>	Estados Unidos da América
<b>VOC</b>	<i>Volatile Organic Compounds</i>
<b>v/v</b>	Relação volume/volume

## RESUMO

A castanha doce (*Castanea sativa* Mill), é uma das frutícolas de maior representatividade para o continente europeu e, em especial, para Portugal. Devido ao seu alto valor nutritivo, recentemente, tem ganhado destaque no mercado de alimentos saudáveis, especialmente na formulação de produtos *gluten-free*. Embora Portugal seja responsável por produzir as variedades de maior apreço internacional para a indústria, o setor de transformação da castanha ainda é pequena, comparada ao seu potencial. Com o intuito de valorizar a castanha, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a farinha de castanha em termos de aroma e valor nutricional, adotando distintos procedimentos no seu fabrico, como assadura, cozedura e secagem, visando um produto com alta qualidade sensorial e potencial aplicação na indústria alimentar.

No geral, hidratos de carbono, proteínas e lípidos foram os macronutrientes mais abundantes na composição das distintas farinhas de castanha. A aplicação da cozedura (~100°C), assadura (180-200°C) e secagem (50°C), demonstrou uniformidade para quase todos os parâmetros, exceto nos teores em proteínas, cinzas e açúcares livres (sacarose). A amostra obtida pela secagem demonstrou resultados mais expressivos nestes (6,78±0,14%, 1,82±0,007% e 14,78±0,18%, respetivamente) bem como no teor em ácidos orgânicos totais (4,52±0,064%), onde os ácidos quínico e cítrico foram os mais abundantes para todas as amostras. Um dos principais interesses na utilização da castanha é face a sua composição em ácidos gordos, onde predominantemente encontra-se os ácidos palmítico (C16:0), oleico (C18:1n9c) e linoleico (C18:2n6c). A amostra obtida pela cozedura obteve cerca de 46,5±1,0% (percentagem relativa) em ácidos gordos polinsaturados e 34,3±0,36% em monoinsaturados. Os perfis voláteis das farinhas de castanha foram obtidos pelo método de microextração em fase sólida no modo *headspace* combinada com cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (HS-SPME/GC-MS), utilizando a fibra DVB/CAR/PDMS. No total, 66 compostos foram identificados, principalmente na forma de aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos. O hexanal foi o composto mais abundante na farinha de castanha seca (31,9%±1). A incorporação das farinhas de castanha atribuiu características interessantes às massas frescas, tanto nutricionalmente bem como em termos de sabor, cor e textura. Sendo bem aceites sensorialmente (+50% intenção de compra).

**Palavras-chave:** Castanha, compostos voláteis, *gluten-free*, HS-SPME e GC-MS.

## **ABSTRACT**

The sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill) is one of the most representative fruit trees in Europe, especially in Portugal. Due to its high nutritional value, it has recently gained prominence in the healthy food market, particularly in gluten-free products. Although Portugal is responsible for producing highly valued varieties for the industry, the chestnut processing sector is still small compared to its potential. The aim of this study was to characterize chestnut flour in terms of aroma and nutritional value using different processing methods such as roasting, boiling, and drying, aiming to produce a product with high sensory quality and potential application in the food industry.

Overall, carbohydrates, proteins, and lipids were the most abundant macronutrients in the composition of the different chestnut flours. The application of boiling (~100°C), roasting (180-200°C), and drying (50°C) showed uniformity in most parameters, except for protein, ash, and free sugars (sucrose) content. The sample obtained by drying showed more significant results in these parameters ( $6.78\pm 0.14\%$ ,  $1.82\pm 0.007\%$ , and  $14.78\pm 0.18\%$ , respectively), as well as in total organic acid content ( $4.52\pm 0.064\%$ ), where quinic and citric acids were the most abundant in all samples. One of the main interests in the use of chestnut is its fatty acid composition, with palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1n9c), and linoleic acid (C18:2n6c) being the predominant fatty acids. The sample obtained by boiling had about  $46.5\pm 1.0\%$  (relative percentage) of polyunsaturated fatty acids and  $34.3\pm 0.36\%$  of monounsaturated fatty acids. The volatile profiles of chestnut flours were obtained by solid-phase microextraction in headspace mode combined with gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME/GC-MS), using the DVB/CAR/PDMS fiber. In total, 66 compounds were identified, mainly in the form of aldehydes, alcohols, and hydrocarbons. Hexanal was the most abundant compound in dried chestnut flour ( $31.9\%\pm 1$ ). The incorporation of chestnut flours conferred interesting characteristics to fresh dough, both nutritionally and in terms of flavor, color, and texture. They were well accepted sensorially (+50% purchase intention).

**Keywords:** Chestnut, volatile compounds, gluten-free, HS-SPME and GC-MS.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma crescente busca e exigência por parte dos consumidores por produtos que sejam não apenas saborosos, mas também tenham alto valor nutricional, conhecidos como "produtos saudáveis" (Junior, 2020). O principal desafio à indústria alimentar é a manutenção de um mercado diversificado em produtos capazes de atender o maior número possível de consumidores e, sobretudo, com diferentes necessidades. No setor da transformação, uma das principais vantagens é a capacidade de disponibilizar produtos que antes eram restritos à sua sazonalidade de forma mais ampla, além de apresentá-los de diferentes maneiras (Forum Florestal, n.d.). Um exemplo disso é o processamento de farinhas alternativas às tradicionais, que tem crescido nos últimos anos. As farinhas são ingredientes essenciais em muitas receitas e facilmente incorporadas na dieta da população. Segundo a Portaria n.º 254/2003, art. 2º (DRE) entende-se por farinha: o produto resultante da moenda de grãos de um ou mais cereais, maduros, são, não germinados e isentos de impurezas, bem como da sua mistura. A castanha tem sido destacada em diversos estudos como uma potencial matéria-prima, devido principalmente às suas ricas propriedades nutricionais e à sua natural isenção de glúten. Além disso, seu sabor adocicado e aroma característico também são aspetos importantes a serem considerados (Demirkesen et al., 2010). Na literatura, é possível encontrar alguns estudos no âmbito da incorporação da farinha de castanha, principalmente, em produtos alimentares para o nicho *gluten-free*. Investiga-se o comportamento desta em formulações de panificação, bolos, massas (macarrões), entre outros. Na fileira da castanha, o escoamento dos frutos relaciona-se substancialmente com a qualidade destes. Contudo, equivocadamente limitam-se em julgar a qualidade das castanhas por meio de seu calibre (tamanho) e boa aparência, ou seja, isenta de rachados e possíveis deformações (Bento & Ribeiro, 2020). No processo de transformação das castanhas em farinhas, além de agregar valor nutricional ao produto final, essa é uma excelente opção para o reaproveitamento de frutos considerados "não conformes", evitando assim o desperdício elevado no setor. Além disso, essa abordagem contribui para uma valorização econômica adequada à produção (Gomes-Laranjo et al., 2007).

Nesse sentido, o presente trabalho pretende valorizar a farinha de castanha em termos de composição volátil bem como nutricional, visando um produto rico em aroma e com potencial aplicação na indústria alimentar. Para isso, a investigação irá dividir-se em três etapas: obtenção das farinhas de castanha aplicando três processos térmicos

diferentes no seu fabrico, nomeadamente assadura (180-200°C), cozedura (100°C) e secagem (50°C); caracterização química, nutricional e perfil volátil das distintas farinhas de castanha; e por fim, formulação de um produto alimentício com o incremento das distintas farinhas de castanha e avaliação desta incorporação em termos sensoriais e nutricionais.

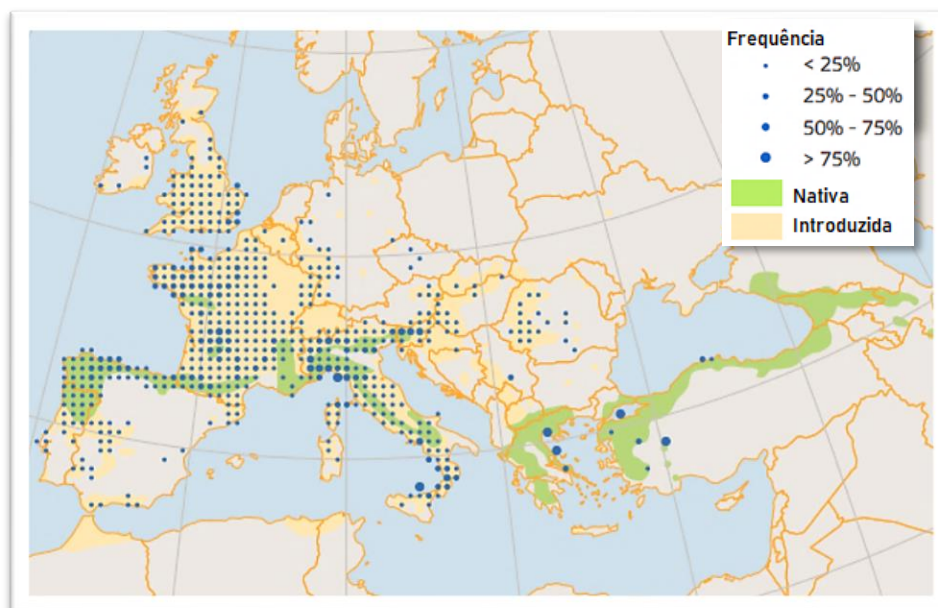
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Castanha: caracterização e contexto histórico

Pertencente à família *Fagaceae* (curiosamente, a mesma dos carvalhos), o género *Castanea* ou castanheiro, como é conhecido vulgarmente, possui um total de treze espécies de ampla distribuição em distintos ecossistemas pelo mundo (Mellano et al., 2012). Admite-se como provável origem do género o centro asiático, mais precisamente a China, onde por via de duas vias de migração, tanto para leste quanto para oeste, se estabeleceu em três principais regiões, nomeadamente o continente asiático (Japão, Coreia, China e Vietnã), a Europa Mediterrânea e o sudeste dos Estados Unidos da América (Lang et al., 2007). Embora exista uma vasta variabilidade, apenas algumas espécies conseguiram evoluir e ter expressividade mundial, e são conhecidas conforme o seu local de origem e importância, por *Castanea molissima* Blume (castanheiro-chinês); *C. crenata* Siebold & Zucc. (castanheiro-japonês); *C. sativa* Mill (castanheiro-europeu) e finalmente *C. dentata* (Marsch.) Borkh. (castanheiro-americano) (Gomes-Laranjo et al., 2007).

A distribuição atual do castanheiro pela Europa (**Figura 1**) ocorre essencialmente pelo norte da bacia Mediterrânica (Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia), e de maneira pontual mais a norte do continente (Reino Unido e Alemanha) (Brito, 2014). Esta distribuição teve como principal porta de entrada, conforme evidências neolíticas, as regiões montanhosas da Península Anatólia (Turquia), cerca de 4000 a.C. (Conedera et al., 2016). Contudo, a rápida disseminação da cultura por toda região mediterrânica terá ocorrido apenas com a expansão do Império Romano, em meados do século V a.C., devido principalmente ao alargamento da agricultura e à tomada de conhecimento sobre os atributos da espécie (Junior, 2020; Pombo & Aguiar, 2018). Ao longo da história, e em várias regiões da Europa, sobretudo em civilizações de zonas montanhosas, o castanheiro tornou-se de tal maneira indispensável como principal base na alimentação humana e animal que, por vários autores, estas são conhecidas como autênticas “civilizações do castanheiro”, cuja idade de ouro começa no Renascimento e vai até ao séc. XIX (Gomes-Laranjo et al., 2007) .





**Figura 1** - Distribuição da *Castanea sativa* pela Europa, frequência e modo de introdução.  
Fonte: adaptado de (Conedera et al., 2016).

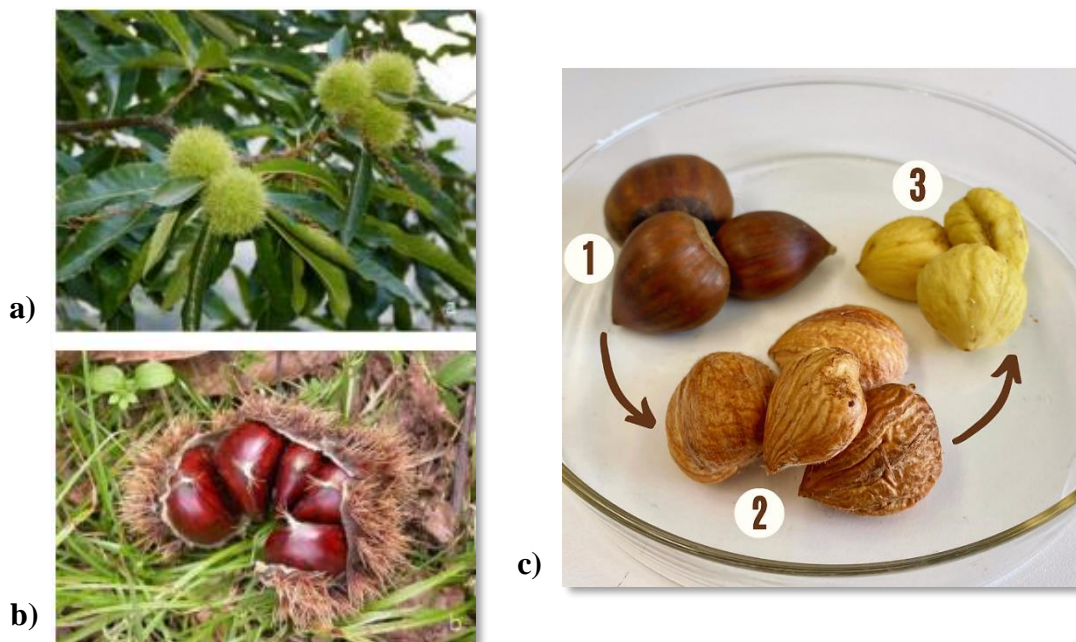
A *Castanea*, na sua maioria, com exceção das espécies asiáticas, possui árvores de grande porte passíveis de atingir 30 a 40 metros de altura e ultrapassar os 1000 anos de vida (Conedera et al., 2016). Embora possua uma ampla adaptabilidade, a *Castanea* tem nas zonas costeiras e montanhosas de média altitude (entre 700 e 1000 metros), com verões quentes e húmidos, e invernos pouco rigorosos, as melhores condições para o seu desenvolvimento e frutificação (Conedera et al., 2016; Costa, 2021; Gomes-Laranjo et al., 2007). A evolução do castanheiro, em solo europeu, teve em suma a ação do homem que, interessado em usufruir das suas propriedades, levou a que a área ocupada atualmente pela cultura em quase nada se assemelha com a primitiva, como é observável na figura anterior (Bento & Ribeiro, 2020).

Não somente pelos seus frutos, a cultura do castanheiro ultrapassa o valor económico da espécie, sendo que, em geral, é um excelente promotor de identidade cultural da região em que está inserido. A exemplo disso, especialmente na zona Norte de Portugal, acontece a celebração do típico magusto – a festa da castanha –, entre os dias de Todos os Santos (1º de novembro) e São Martinho (11 de novembro), onde o ponto principal da animada festa é a reunião em volta da fogueira para o preparo das castanhas assadas regadas a jeropiga, vinho novo ou água-pé (Coelho, 2021). Já no âmbito social e ambiental, tem um papel fundamental no efeito de manutenção e multiplicação da

ocupação rural, além de ser um fator indispensável na proteção da paisagem (Gomes-Laranjo et al., 2007).

Considerada uma espécie de dupla-aptidão, a castanha é explorada para a produção de fruto (souto) e para a produção de madeira (castiçal) (Costa, 2021). A sua madeira, apontada como principal interesse dos romanos pelo género (Conedera et al., 2016), sobretudo para confeção de utensílios para lavoura, hoje é frequentemente utilizada como material de construção, no fabrico de móveis, no fornecimento de lenha para o aquecimento de populações rurais (Henriques, 2015; Lopes, 2018), e ainda no cultivo de cogumelos *Shitake* (Junior, 2020). Em Portugal, o principal interesse de cultivo é a obtenção de castanhas (fruto) (Costa, 2021).

O fruto do castanheiro (**Figura 2**) forma-se dentro de um invólucro espinhoso e formato sub-esférico, de 5 a 10 cm de diâmetro, vulgarmente conhecido por “**ouriço**”, sendo que a sua deiscência (abertura e queda) ocorre entre meados de setembro (espécies mais precoces) e final de outubro (espécies mais tardias) (Costa et al., 2008; Lopes, 2018). A parte edível do fruto – a semente – é coberta por duas camadas, a casca (grossa e rígida) e o tegumento ou “pele” (fina e pilosa) (Bueno & Pio, 2018).



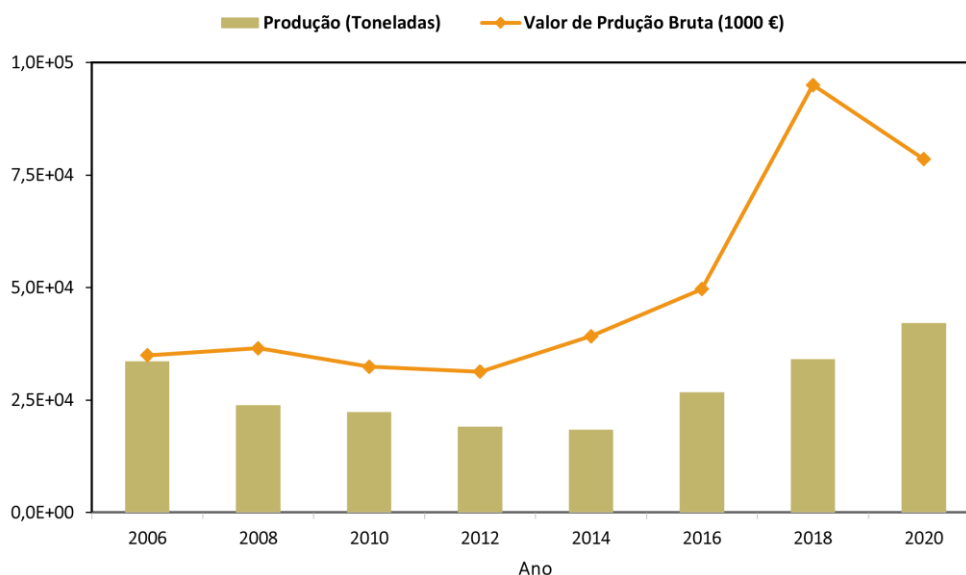
**Ouriço:** em a) Por abrir; em b) Abertos, mostrando os frutos.  
Fonte: (Pombo & Aguiar, 2018)

**Castanha:** em c) com casca (1), envolta por sua “pele” (2) e a sua semente (3).  
Fonte: (Própria autora, 2022).

**Figura 2** - Estrutura do fruto do castanheiro.

Consumida essencialmente na sua forma natural, cozida ou assada, seca ou transformada em farinha, na preparação de sopas e pães, a castanha vem sendo utilizada desde receitas da Antiguidade clássica ao Portugal contemporâneo (Junior, 2020). A castanha é um dos frutos comestíveis mais antigos cultivados no país ibérico (Lopes, 2018) e, ao longo dos anos, o seu cultivo tem sido impulsionado pela viável diversificação agrícola, face às inúmeras possibilidades do uso dos seus frutos bem como a rusticidade da planta que denota pouca utilização de mão de obra e baixo custo para a manutenção de seu pomar (Bueno & Pio, 2018). Até mesmo a sua casca já chegou a ser utilizada como fonte de taninos para fármacos e curtimento de peles (Gomes-Laranjo et al., 2007).

Em Portugal, nos últimos 16 anos a produção de castanha manteve-se praticamente constante (**Figura 3**). Embora entre os anos de 2006 e 2014 tenham existido significativas reduções de produção, especialmente relacionadas com alterações climáticas rigorosas no Verão português e suscetibilidade das culturas a doenças fúngicas, em 2014 a produção portuguesa registrou um pouco menos de 18,5 toneladas, verificando a partir desse ano a retomada da ascensão da fileira no país. Em 2018, obteve o maior valor bruto de produção com cerca de 95 milhões de euros e em 2020 alcançou o maior registo em quantidade dos últimos anos (FAOSTAT, 2020a).



**Figura 3** - Produção de castanha em Portugal.  
Fonte: (FAOSTAT, 2020a)

Conforme relatado em Forum Florestal (n.d.), Portugal embora tenha destaque entre os maiores produtores de castanha mundial, a sua produtividade é muito aquém do

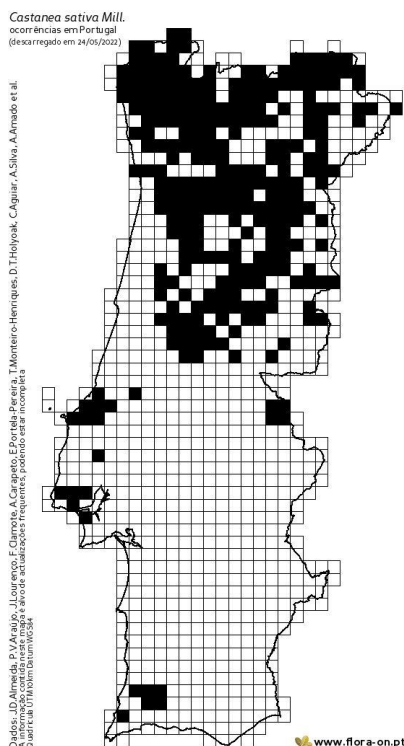
seu potencial. Correspondendo ao 5º maior país em área de produção global e apenas o 7º em produção efetiva, a sua baixa produtividade deve-se, principalmente, à força e ao peso do mercado paralelo (venda direta ao consumidor) e do autoconsumo, além da falta de meios precisos de informação que registem com exatidão o seu território produtivo e os seus dados de produção.

## 2.2. Caracterização da castanha europeia (*Castanea sativa* Mill.)

A designação “Mill” advém do botânico inglês Phillip Miller que em 1768 caracterizou e incluiu a espécie ao género *Castanea*, onde a designação *sativa* (que significa cultivado) faz referência à grande influência do Homem na sua disseminação (Henriques, 2015). Esta é uma espécie de grande valor a nível mundial pois apresenta uma boa aptidão para a produção de fruto assim como obtenção de madeira (Gomes-Laranjo et al., 2007). Em Portugal, o castanheiro pode ser encontrado em zonas que vão desde os 400-500 metros até os 1.000 metros de altitude e com temperaturas médias que oscilam entre os 9°C e os 13°C (Lopes, 2018), essencialmente no Norte e Centro do país, como ilustra a **Figura 4**.

Segundo os últimos dados atualizados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2019, a superfície de cultivo do castanheiro localiza-se quase na sua totalidade no Norte do país, representando cerca de 99% da superfície total. A zona Norte é a maior detentora de castanheiro com cerca de quase 46 mil hectares de área plantada, sendo o Centro a segunda maior, porém muito aquém, com 6 mil hectares. Em relação à subdivisão do Norte, a região de Trás-os-Montes é a que apresenta maior área de cultivo, com destaque para os concelhos de Bragança e Vinhais, representando cerca de 27 mil hectares (51,74%) da área total do país; Alto Tâmega, com destaque para Valpaços, com cerca de 11 mil hectares (21,74%) e Douro com pouco menos de 6 mil hectares (11,46%) (INE, 2021).

A participação destes distritos como maiores produtores deve-se à existência de melhores aptidões ecológicas para o castanheiro nestas áreas, assim como a elevada qualidade das variedades existentes (Gomes-Laranjo et al., 2007).



**Figura 4** - Distribuição da castanha em Portugal.  
 Fonte: (Almeida et al., 2022)

### 2.2.1. Principais variedades em Portugal

Existe uma grande diversidade de variedades (ou cultivares) de *C. sativa* a nível mundial e também em Portugal. As principais distinções entre as variedades estão nas características morfológicas (forma, tamanho e peso dos frutos) e nos aspetos ecológicos e biológicos (resistência ao frio, duração do período vegetativo, características organoléticas dos frutos ou tecnológicas do lenho) (Anjos, 2003). Devido à importância da cultura e tradição histórica, assim como às crescentes exigências do mercado internacional por produtos de elevada qualidade, também visando firmar a preservação do património genético nacional e regional, em Portugal foram criadas quatro áreas demarcadas com Denominação de Origem Protegida (DOP) relacionadas com variedades específicas, sendo elas: **Castanha da Padrela** (Judia, Lada, Negral, Cota e Preta) e **Castanha de Terra Fria** (Longal, Judia, Cota, Amarelal, Lamela, Aveleira, Boaventura, Trigueira, Martaínha e Negral) em Trás-os-Montes; **Castanha dos Soutos da Lapa** (Martaínha e Longal) na Beira Alta e Trás-os-Montes; e **Castanha Marvão-Portalegre** (Bária e Colarinha) nas terras altas do Alto-Alentejo (Bento & Ribeiro, 2020; Gomes-Laranjo et al., 2007).

Em solo português encontram-se mais de 20 variedades com elevadas qualidades organolépticas, reconhecidas internacionalmente, tanto para utilização em fresco como para transformação. As cultivares de maior destaque comercial são a Judia, Martaínha e Longal. A Longal é amplamente encontrada por todas as regiões de produção de Portugal e Espanha, sendo a mais antiga das variedades e a partir da qual se originaram as demais (Pereira-Lorenzo et al., 2010), sendo considerada a melhor variedade para a indústria, no fabrico de conservas, doçaria, cremes e farinha (Bento & Ribeiro, 2020). As variedades Judia e Martaínha, devido ao seu maior calibre, são destinadas preferencialmente para o mercado em fresco (Costa, 2021).

Existem dois métodos de classificação das castanhas, o francês e o italiano. No que diz respeito ao francês, Breisch (1995) divide em: “Marron”, a cultivar com frutos monospermicos (uma só semente) ou de baixa percentagem (inferior a 12%) de polispermia e pouco septadas; e “Castanha”, com polispermia superior a 12% e maior quantidade de septos. Por outro lado, segundo o sistema italiano designa-se como “Marron” a variedade que apresente o calibre de no máximo 80 frutos/kg, “casca” de cor café claro com um estriado escuro bem marcado, formato oval alongado e poucas penetrações do endocarpo delgado – pele – na semente, fácil descasque, sabor doce e de consistência cremosa, que não se altera ao cozer (Bueno & Pio, 2018; Gomes-Laranjo et al., 2007; Pombo & Aguiar, 2018). O território português, na sua maioria, produz frutos de características “Marron” e, portanto, a nível mundial, muito requisitadas pelo setor industrial. Cerca de 70 a 80% da castanha produzida em Portugal destina-se à exportação. Os principais destinos, com maior expressividade, são Espanha, Brasil e a França, além de Suíça, Reino Unido, Bélgica, Grécia, Estados Unidos da América, Canadá, Alemanha e Luxemburgo, entre outros (Forum Florestal, n.d.).

### 2.2.2. Valorização x Transformação

A cadeia de processamento das castanhas baseia-se no fruto em fresco ou na transformação em agroindústrias, nomeadamente de primeira transformação (congelada *in natura*, assada e congelada, cozida a vapor e embalada a vácuo e pilada) ou segunda transformação (doçaria, farinha, conservas, cremes, bebidas, etc.) (Bento & Ribeiro, 2020). Quando comercializadas em fresco, as castanhas são geralmente assadas, cozidas ou fritas.

Embora Portugal represente um polo de produção com grande influência sobre o mercado global, devido às suas cultivares de alta qualidade e aptidão industrial, a comercialização do seu fruto encontra-se fundamentada, na sua grande maioria, no estado fresco ou com quase nenhuma transformação. A nível nacional, as poucas indústrias de transformação das castanhas atuam essencialmente nas operações de descasque, despela e congelamento. Para além destas, não ocorre mais nenhuma transformação física, e, portanto, mais nenhum valor de laboração é atribuído (Matos, 2006).

O escoamento da produção nacional tem maiores índices nos períodos próximos à sua colheita, desde setembro a meados de novembro, pelo mercado informal, podendo chegar até dezembro devido à tradição cultural de consumo no Natal (Pombo & Aguiar, 2018). Para além desse período, a oferta de castanha no país reduz-se à sua forma congelada, seca ou provenientes de transformação internacional. Contudo, o mercado da castanha congelada, devido ao afastamento da época de colheita, pode ir, apenas, de janeiro a maio, e o seu abastecimento destina-se maioritariamente às agroindústrias europeias especialistas na laboração de alto valor da cultura. França, Itália (maiores importadores de castanha) e Espanha (maior produtor europeu) (FAOSTAT, 2020b) representam os principais polos de valorização da castanha a nível mundial, com destaque no mercado da confeitaria e doçaria com produtos de luxo ou *gourmet* de elevado valor acrescentado, como o célebre *Marron Glacé*, castanhas inteiras em conserva ou em álcool, licores e outros (Matos, 2003; Pombo & Aguiar, 2018). Um exemplo de valorização é a Itália, que por exemplo, em 2020, obteve uma expressividade de 76 milhões de dólares exportados comparado com a China com cerca de 82 milhões de dólares (FAOSTAT, 2020b), mesmo sendo o segundo maior exportador de castanha do mundo, e em quantidade representar menos de metade da China (maior exportador).

### **2.3. Farinha**

No mercado português de castanha, a grande maioria dos consumidores aposta na escolha do fruto com base na sua aparência, especificamente, tamanho (calibre) e sabor. Contudo, no processamento da farinha, as especificidades citadas não são relevantes, sendo que notoriamente as únicas exigências para um produto final de qualidade baseiam-se num estado sanitário adequado da matéria-prima e na sua boa aptidão ao descasque, podendo até mesmo estarem partidas (Junior, 2020). No processamento da castanha congelada, p. ex., são originadas quantidades expressivas de subprodutos (castanha



partida e de baixo calibre) (Costa, 2021), sendo a produção de farinha uma ótima alternativa visando a redução de desperdício da indústria além de acrescentar valor a cultivares de baixa relevância. Outra vantagem é relativamente à conservação e disponibilidade do fruto durante todo o ano, sendo que o produto transformado pode ser adicionado em diversas receitas e acompanhamentos de pratos, como em diferentes formulações de pães (Junior, 2020; Pontes, 2018); bolos (ex. Bolo-Rei, Bolo-Rei escangalhado, pastel de nata, bolo de castanha da Madeira) (Santos, 2018); no fabrico de extrudados, por exemplo, em massas alimentícias (Brochard et al., 2021; Littardi et al., 2020), snacks (Sacchetti et al., 2004); cookies (Torra et al., 2021); sopas; produtos de charcutaria; entre outros.

Embora em Portugal a legislação, conforme a Portaria nº 254/2003 de 19 de março, caracterize farinhas apenas como “produto resultante da moenda de grãos de um ou mais – cereais –”, comercialmente podemos encontrar diversos produtos alimentares com essa designação, conforme na **Figura 5**, respetivamente, “farinha de amêndoa”, “farinha de coco”, “farinha de alfarroba” e “farinha de castanha”.



**Figura 5** - Exemplos de farinhas comercializadas em Portugal.

Fontes: A) <https://www.auchan.pt/pt/biologicos-e-escolhas-alimentares/mercearia-biologica/massa-arroz-e-farinha-bio/farinha-amendoa-origens-bio-200g/3403527.html>; B) <https://www.auchan.pt/pt/alimentacao/mercearia/farinha/farinha-especialidades/farinha-de-coco-copra-sgluten-400g/3071259.html>; C) <https://www.auchan.pt/pt/alimentacao/dietetica/mercearia-dietetica/massa-arroz-e-farinhas/farinha-cem-porcento-alfarroba-250g/631799.html>; D) <https://www.auchan.pt/pt/biologicos-e-escolhas-alimentares/mercearia-biologica/massa-arroz-e-farinha-bio/farinha-seara-de-castanha-bio-250g/2222499.html>

### 2.3.1. Potencial uso como ingrediente alimentar

A alimentação humana passa por mudanças diariamente, e com ela, novas práticas e hábitos surgem. No mundo moderno, é notória a acentuada procura e exigência do



consumidor em produtos considerados saudáveis, mas que, ainda assim, se destaquem pelo sabor.

A castanha é composta expressivamente por água (cerca de 50%) (Gomes-Laranjo et al., 2007). Em relação a matéria seca, embora tenha uma moderada quantidade em proteínas (4-7%), possui teor elevado em aminoácidos essenciais, podendo uma porção de 100 g de castanha seca fornecer cerca de 15-20% da dose diária recomendada pela FAO/OMS/UNU (Universidade das Nações Unidas) (Parker, 2003). Por outro lado, a castanha é pobre em teor de gordura (2-4%), tendo esta a presença de todos os ácidos gordos essenciais, sendo os ácidos gordos C:18, oleico, linoleico e linolénico os mais representativos (Costa et al., 2008). A castanha tem uma composição importante e relativamente alta em açúcar (20-32%), amido (50-60%), fibra dietética (4-10%) e vitaminas (E e complexo B), potássio, fósforo e magnésio (Chenlo et al., 2007; Sacchetti et al., 2004). A fibra dietética auxilia na diminuição dos níveis de colesterol, e assim atua na redução de um possível desenvolvimento de doenças cardiovasculares, aumento da atividade anticancerígena e efeitos positivos no metabolismo dos lípidos do sangue (de Vasconcelos et al., 2010). O elevado teor de amido, além de caráter benéfico para a prevenção de diabetes, através da ação antialérgica, confere à castanha, devido principalmente a sua relação em amilose/amilopectina (0,75), uma boa aptidão para utilização industrial (Gomes-Laranjo et al., 2007).

E, finalmente, a castanha é naturalmente isenta de glúten. Contrariamente à maioria das outras farinhas *gluten-free*, que são pobres em valores nutricionais e necessitam de fortificação, a farinha em questão é uma excelente opção e, portanto, fonte crescente de investigação. A sua utilização, atualmente, está muito relacionada ao aumento de formulações direcionadas a pessoas portadoras da doença celíaca (Demirkesen et al., 2010), bem como na suplementação da alimentação de veganos e vegetarianos (Junior, 2020). A doença celíaca restringe a ingestão de produtos com glúten, sendo esta a proteína de grande parte dos cereais (trigo, aveia, cevada e centeio). Assim, o consumo de pães, bolos, massas entre outros confeccionados tradicionalmente, deve ser evitado por essas pessoas (Demirkesen et al., 2010).

A ausência de glúten, principalmente na panificação, ainda é um desafio para a indústria. Na massa, a sua principal função é estruturar massas coesas e viscoelásticas, capazes de retardar o movimento da água e reter o gás formado na fermentação, originando pães macios, volumosos, com boa textura, saborosos e com boa estabilidade

(Demirkesen et al., 2014; Pontes, 2018). A alternativa para isso, segundo Botelho (2012), é a adição de substâncias capazes de formar redes semelhantes à do glúten, nomeadamente os hidrocolóides, como também emulsificantes, açúcares, gorduras, enzimas e fibras (Demirkesen et al., 2014), e assim, obter produtos *gluten-free* de qualidade e com boa aceitação sensorial.

No que diz respeito à produção de bolos, a farinha de castanha é muito bem aceite, pois nestes a presença da rede de glúten não é relevante, bem como nas formulações de *cookies*, obtendo uma ótima aceitação global (Bueno & Pio, 2014). Em conclusão, a incorporação da farinha de castanha em diferentes tipos de alimentos mostra-se, em geral, com bom potencial de aceitação comercial, sendo vista como benéfica para a saúde promovendo ingredientes funcionais, de boa resposta à tecnologia alimentar e sabor agradável.

### 2.3.2. Metodologias de fabrico

A farinha de castanha pode ser obtida por distintas operações, e, portanto, não apresenta uma ordem restritiva para sua confeção. Basicamente, as etapas indispensáveis são: sanitização, descasque, moagem e secagem. O produto final varia em cores que vão de branco, amarelo a alaranjado, de sabor doce acentuado (Junior, 2020) e, como requisito de qualidade, humidade inferior a 14,5% (Decreto-Lei 65/92, de 23 de Abrilabril, 1992). A baixa capacidade de conservação da castanha relaciona-se com o seu alto teor de água que, mesmo sob a ação do frio, sofre alterações provenientes da atividade enzimática, bem como o crescimento de fungos (Breisch, 1993). A remoção da humidade é uma etapa fundamental na conservação da farinha, sendo que a sua concretização envolve metodologias com a adição de calor e mudança de fase da água, e, portanto, tem influência direta nas características finais do produto (Izli et al., 2017).

O processo de secagem mais utilizado industrialmente em frutas faz-se em estufa com corrente de ar, ou também chamado de secagem convectiva de ar quente (Guiné et al., 2011). Este serve-se do calor produzido artificialmente pela circulação de ar quente para evaporar a água do alimento ao passo que retira o vapor de água do meio, sendo a sua efetividade diretamente dependente do binómio tempo / temperatura, bem como da velocidade do ar (Engel et al., 2016). As temperaturas, geralmente, variam de 40°C a 90°C, com o fim do processo caracterizado pela humidade das castanhas a ficar próxima de 10% ou atividade de água abaixo de 0,7, relação ótima para um armazenamento

adequado. E, este, pode ocorrer com os frutos ainda com casca ou, então, já descascados (Bueno & Pio, 2014). Quando requeridas elevadas temperaturas ou longos períodos de secagem, esta técnica pode provocar graves danos ao sabor, cor e nutrientes do produto e também reduzir a capacidade de reidratação e peso do fruto seco (Izli et al., 2017).

A secagem por forno micro-ondas utiliza o mecanismo de conversão de energia eletromagnética em energia cinética e, dessa forma, o calor é cedido dentro do produto. A técnica foca-se nas moléculas de água e consegue produzir calor por todo o volume do material de maneira uniforme, obtendo, assim, uma economia de energia e aumento da taxa de secagem (redução da humidade em menor tempo) (Motevali et al., 2011; Silva et al., 2021). Contudo, como desvantagem observa-se a relação da espessura e arranjo da matriz alimentar com possíveis danos na sua textura, devido ao superaquecimento da superfície do produto (Botha et al., 2012).

A técnica de secagem por congelamento (liofilização), é a mais indicada para a manutenção da qualidade do produto onde as suas propriedades químicas, biológicas e físicas na saída do processo sofrem mínimas alterações. Porém este processo é demorado e dispendioso. O método consiste num longo período de armazenamento da matéria-prima sob congelamento, na câmara de secagem, que, em exposição à alta temperatura da placa de aquecimento e queda de pressão, sofre sublimação (Nawirska et al., 2009). No âmbito do “Projecto AGRO 448”, relativamente ao estudo da conservação da castanha submetida a diferentes tratamentos térmicos, como a congelação, secagem, liofilização e cozedura, procedeu-se à verificação do seu comportamento quanto à sua composição pós-procedimento. Verificou-se que o processo de submissão da castanha a cozedura elevou os seus teores em vitaminas, porém, comparado com a técnica de secagem, existem perdas consideráveis em açúcares, amido e gordura (Costa et al., 2008).

A moagem para finalmente se tornar farinha deve ser feita sempre sem casca, enquanto a presença da “pele” é facultativa. O processo é realizado num triturador ou moinho até que a granulometria esteja adequada à sua finalidade, e, portanto, o controlo sobre esse passo é de suma importância para a indústria (Bueno & Pio, 2014).

## 2.4. Perfil volátil

A qualidade e aceitação dos alimentos, primariamente, é julgada com base na sua aparência, conforme o seu volume (em pães e bolos, p. ex.), textura, cor e sabor (Chang et al., 1995). O sabor (*flavor*) de um alimento refere-se a uma integração de percepções de

gosto, aroma e das demais sensações (pungência, adstringência, refrescância, etc.), sendo que o aroma, diferente do gosto, está atribuído a uma complexa combinação de dezenas ou centenas de compostos voláteis (Lindsay, 2019).

Do ponto de vista químico, os Compostos Orgânicos Voláteis ou do inglês “Volatile Organic Compounds” (VOC’s), são todos os compostos com presença de carbono na composição e temperatura de ebulição entre 50 e 260°C (García et al., 2021). A composição volátil pode derivar de aminoácidos, ácidos gordos, hidratos de carbono e carotenoides (Pires et al., 2013). Estes estão presentes na casca, semente e polpa das frutas, principalmente sob a forma aromática de aldeídos, álcoois, ésteres, cetonas, quinonas (ác. carboxílico + álcool), terpenos (Ramos et al., 2021) e fenilpropanóides (Silva et al., 2019).

Contudo, a identificação do perfil aromático de um alimento possui muitas complexidades e diversos fatores que influenciam a sua caracterização. Entre elas, destacam-se: a coexistência de centenas de compostos (no café, p. ex., já foram identificados cerca de 450 compostos voláteis) em concentrações muito pequenas (da ordem de ppm, ppb ou ppt), que variam grandemente quanto à sua natureza química, em relação à variação de volatilidade; instabilidade de alguns compostos em diferentes condições (O<sub>2</sub>, temperatura e pH); e a estrutura da matriz alimentar (frequentemente inseridas no meio intracelular e em equilíbrio dinâmico com outros constituintes do alimento) (Maarse, 1991; Queiroga, 2004). Já a castanha é conhecida por seu aroma característico e adocicado, que pode ser considerado uma das suas características sensoriais mais desejáveis. No entanto, durante o processamento da farinha de castanha, o aroma pode ser reduzido ou até mesmo perdido, o que pode afetar negativamente o perfil sensorial dos alimentos que utilizam essa farinha como ingrediente.

#### 2.4.1. Metodologia de caracterização de compostos voláteis

O processo de análise dos compostos aromáticos, geralmente, envolve uma etapa inicial de isolamento e concentração da fração volátil, por método de extração, e em seguida realiza-se a separação, quantificação e identificação por análise cromatográfica e, finalmente, a etapa de processamento de dados (Ferrão, 2012).

Existem variados métodos de extração dos compostos voláteis. Contudo, devido ao caráter termolábil e elevada instabilidade das substâncias do sabor, as técnicas aplicadas nessa etapa devem ser brandas e eficientes o suficiente para que, no final do

processo, a caracterização do aroma ocorra conforme a composição original do alimento (Queiroga, 2004).

O isolamento das substâncias voláteis engloba dois grupos. O primeiro, Análise Total, refere-se à análise de todos os constituintes voláteis presentes na matriz alimentar e compreende as técnicas de extração, nomeadamente extração líquido-líquido, extração em fase sólida (SPE), extração de fluido supercrítico, destilação por vapor e destilação seguida de SPE. E o segundo, conhecido como *headspace* (HS), divide-se em “estático” ou “dinâmico”, compreende a análise apenas das substâncias presentes na fase gasosa em equilíbrio com a amostra sendo, portanto, o mais indicado, por possibilitar uma aproximação mais exata das perceções olfativas humanas (Franco & Janzanti, 2004).

A técnica de SPME (extração em fase sólida) baseia-se na extração e concentração dos analitos do composto volátil para uma fibra inerte revestida com material adsorvente em exposição com o *headspace* da matriz da amostra, quando em equilíbrio. Após ser “carregada”, a fibra é então colocada num cromatógrafo para adsorver termicamente sendo posteriormente analisada (Taylor & Linforth, 2010). A efetividade do método está diretamente relacionada com a composição da amostra e a afinidade com a fibra escolhida. Para determinadas matrizes e classes de compostos existem fibras com revestimentos, polaridades e espessuras específicas (García et al., 2021). O uso da agitação pode igualmente influenciar o tempo de equilíbrio e o número de compostos extraídos (Silva et al., 2019).

Após isolamento, os compostos voláteis estarão disponíveis para a etapa de separação numa complexa mistura de substâncias que, obrigatoriamente, se fazem em distintas classes e diferentes propriedades físico-químicas. Assim, o método deve ser eficiente, seletivo e extremamente sensível (Ferrão, 2012).

A separação, identificação e quantificação são geralmente feitas por cromatografia gasosa (CG). A cromatografia gasosa (GC) é a mais utilizada na identificação dos compostos do sabor, atuando na faixa de 40 a 300°C (Queiroga, 2004), permitindo o estudo de compostos orgânicos voláteis (VOC's), semi-voláteis, e simultaneamente não termolábeis (García et al., 2021). A técnica consiste, basicamente, na injeção da amostra num sistema sob aquecimento, contendo uma fase estacionária (sólida ou líquida) e uma fase móvel (gasosa). Nesta etapa, a separação ocorre por migração diferencial da amostra com a fase estacionária enquanto se move com a fase móvel por uma coluna, sendo, portanto, os tempos de saída ao final da coluna essencialmente referentes às propriedades

que cada substância apresenta (Pereira & Aquino Neto, 2000). Os espectrómetros de massa são instrumentos modernos e de boa estabilidade e sensibilidade, onde com a incorporação de programas específicos é possível armazenar, rastrear, ajustar as melhores condições instrumentais da análise, além da facilidade em reconhecer e confrontar dados já inseridos na memória do sistema, bem como da bibliografia (Franco & Janzanti, 2004).

### 3. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo principal caracterizar e valorizar a farinha de castanha. Para isso, foram adotados diferentes procedimentos no seu fabrico, onde as castanhas (matéria-prima) foram submetidas à assadura, secagem e cozedura, de forma a obter um produto rico em termos sensoriais e em composição volátil, com potencial aplicação na indústria alimentar. O plano de trabalho encontra-se esquematizado na **Figura 6**.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- i. Aplicação de diferentes procedimentos térmicos à castanha (cozedura, assadura e secagem) para posterior fabrico de distintas farinhas de castanha;
- ii. Determinação do valor nutricional das distintas farinhas de castanha, através de metodologias oficiais de análise de alimentos (AOAC);
- iii. Determinação da composição química, analisando o teor em açúcares livres, ácidos gordos e ácidos orgânicos das farinhas de castanha;
- iv. Caracterização dos compostos voláteis das farinhas de castanha por cromatografia gasosa acoplada a detetor de espectrometria de massas (GC-MS), extraído pela técnica de microextração em fase sólida no modo *headspace* (HS-SPME);
- v. Incorporação e avaliação do potencial sensorial e nutricional, bem como análise de cor, das distintas farinhas de castanha em massa fresca.

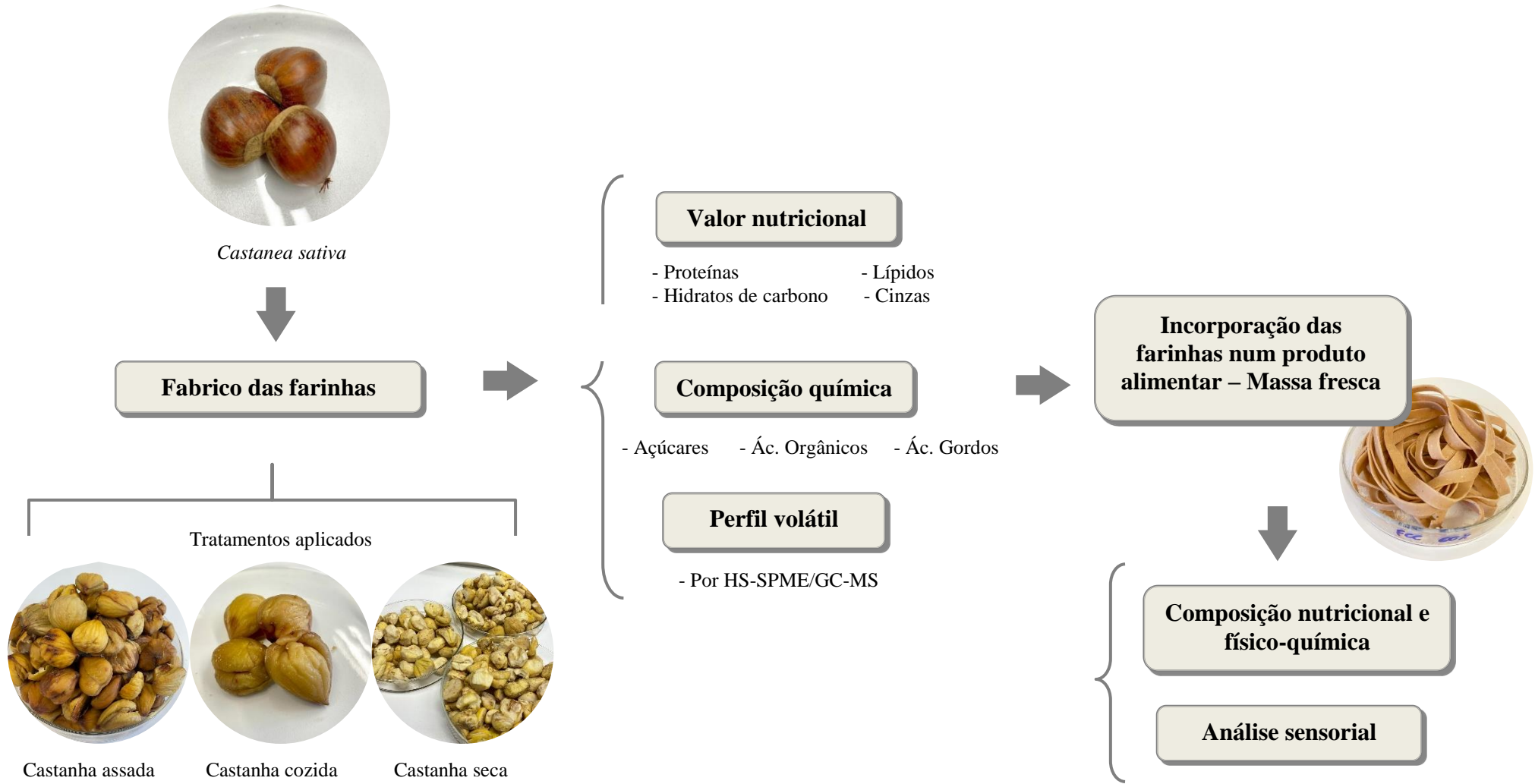


Figura 6 - Representação esquemática dos objetivos desta dissertação.



## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Preparação das amostras

Para o fabrico das farinhas, as castanhas utilizadas foram gentilmente cedidas pela empresa Sortegel, com sede em Bragança (Sortes), Portugal. Entre os frutos fornecidos de castanha (*Castanea sativa*), a variedade Judia encontrava-se em predominância, e em menor quantidade a variedade Longal. A preparação das amostras ocorreu nos laboratórios do MORE CoLAB (Brigantia EcoPark, Bragança). Para tal, todas as castanhas passaram por seleção e limpeza em água potável e, posterior higiene, procedeu-se a separação em três grupos de castanhas (aproximadamente 3 kg cada), sendo adotados os seguintes procedimentos:

#### a. Cozedura

Aplicou-se um pequeno corte ao meio das castanhas e então adicionou-se em água a ferver  $\sim 100^{\circ}\text{C}$  (*thermomix* Bimby TM6, Vorwerk) durante, aproximadamente, 35 minutos. Após arrefecimento natural, realizou-se o descasque e despela das castanhas para finalmente serem trituradas (*thermomix* Bimby TM6, Vorwerk).



**Figura 7** - Processo do fabrico da farinha de castanha utilizando cozedura.

Para uma melhoria da textura e granulometria das farinhas, posteriormente à secagem em desidratador à  $35^{\circ}\text{C}$  por cerca de 17 horas, foi realizada uma segunda trituração e então as farinhas foram tamisadas para igualar a granulometria, com um mesh de 80.

### b. Secagem

Devidamente descascadas e sem pele, as castanhas foram introduzidas em desidratador a 50°C e velocidade de ar de 5 m/s, até observação de equilíbrio na perda de peso das castanhas. Após 18 horas de secagem, as castanhas passaram pelo processo de trituração e tamisação.



Figura 8 - Processo do fabrico da farinha de castanha utilizando secagem.

### c. Assadura

Em forno pré-aquecido a 180-200°C, após golpeamento prévio, as castanhas foram assadas durante 35-45 min a 180°C. Então procedeu-se o descasque e despela das castanhas ainda quentes, após 10 minutos cobertas com um pano, e posteriormente realizou-se a trituração e tamisação.



Figura 9 - Processo do fabrico da farinha de castanha utilizando assadura.

Para melhor conservação das amostras, todas as farinhas passaram por um ciclo de 12 horas em desidratador a 35°C após processo de trituração. Em seguida foram embaladas a vácuo e armazenadas em local refrigerado e seco ao abrigo de luz para, posteriormente, proceder à realização das análises laboratoriais.

## **4.2. Reagentes**

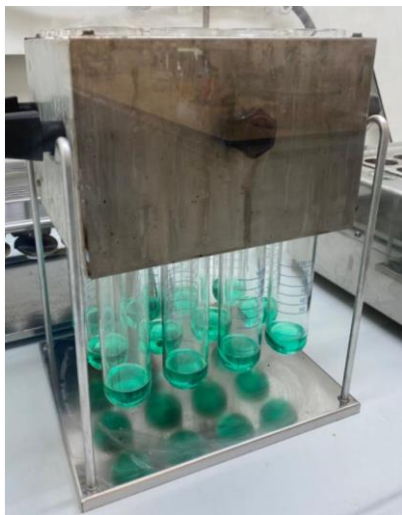
Os solventes n-hexano (95%), acetonitrilo (99%) e acetato de etilo (99,98%), de grau HPLC (Fisher Scientific; Lisboa, Portugal) e o solvente metanol de grau analítico, foi adquirido na Pronalab (Lisboa, Portugal). Os restantes solventes usados, igualmente de grau analítico foram os seguintes: éter etílico (Lab-Scan); tolueno e ácido sulfúrico (Sigma Chemical Co.; St. Louis, MO, EUA). A água foi tratada previamente à sua utilização pelo sistema de purificação Milli-Q-Water (TGI Pure Water Systems, Greenville, SC, EUA).

A mistura padrão com 37 ésteres metílicos de ácidos gordos (FAME) (C<sub>4</sub>-C<sub>24</sub>, norma 47885-U; Sigma, St. Louis, MO, USA), assim como outros isómeros individuais de ácidos gordos, padrões de açúcares (D(-)-frutose, D(+)-sacarose, D(+)-glucose, D(+)-trealose e D(+)-rafinose pentahidratada) e padrões de ácidos orgânicos (L(+)-ácido ascórbico; ácido cítrico; ácido málico; ácido oxálico; ácido chiquímico; ácido succínico; ácido fumárico e ácido quínico).

## **4.3. Determinação da composição nutricional das farinhas**

Para tal, foi avaliada a composição em macronutrientes (proteínas, gorduras, hidratos de carbono e cinzas), a humidade e o valor energético seguindo os métodos oficiais de análise de alimentos (AOAC, 2016).

O teor de proteínas totais foi estimado pelo método Kjeldahl por conversão do azoto total. Para tal, na etapa de digestão, para transformação do azoto em sulfato de amónio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), foi adicionado 15 mL de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e um catalisador (pastilha de selénio) à amostra (0,25g) utilizando bloco digestor a 400°C durante 70 minutos (**Figura 10**). Em seguida, após arrefecimento dos tubos, foi adicionado 25 mL de água destilada e procedido para destilação e titulação em destilador automático do tipo Kjeldahl (Automatic steam distillation unit Kjeldahl “Pro-Nitro A”, Selecta), de forma a condensar o amoníaco (NH<sub>3</sub>) libertado da amostra e titulá-lo com ácido clorídrico padronizado (HCl). A percentagem de proteína bruta foi estimada multiplicando-se a percentagem de azoto encontrada pelo fator de conversão de 6,25 segundo a AOAC.



**Figura 10** - Bloco digestor para determinação de nitrogênio orgânico pelo método Kjeldahl.

A gordura total foi determinada após extração de uma massa conhecida da amostra (3g) com solvente éter de petróleo, utilizando o aparelho Soxhlet (**Figura 11**) a 120°C durante aproximadamente 6 horas. A remoção do solvente foi então realizada por evaporação em estufa.



**Figura 11** - Extração de gordura em aparelho Soxhlet.

O conteúdo em cinzas foi determinado por incineração da amostra (0,25g) em mufla a  $550 \pm 15$  °C por aproximadamente 6 horas. Após arrefecimento dos cadinhos em exsiccador, foi registada a massa dos resíduos obtidos e calculada a % em cinzas da amostra.

Para a determinação do teor de humidade, usando uma balança analisadora avançada de humidade (PMB 163, ADAM) foi colocado para análise uma quantidade conhecida da amostra (cerca de 2g) e então feita a medição.

Os hidratos de carbono foram calculados por diferença (**Equação 1**), enquanto que a energia total foi determinada de acordo com a **Equação 2**, apresentada abaixo.

$$\text{Hidratos de carbono} = 100 - (g \text{ proteínas} + g \text{ lípidos} + g \text{ cinzas})$$

**Equação 1** - Determinação de hidratos de carbono.

$$\text{Energia (Kcal)} = 4 \times (g \text{ proteínas} + g \text{ hidratos de carbono}) + 9 \times (g \text{ lípidos})$$

**Equação 2** - Determinação da energia total.

#### 4.4. Determinação da composição química das farinhas

##### 4.4.1. Açúcares livres

Os açúcares livres foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detetor de índice de refração (HPLC-RI), seguindo o protocolo previamente descrito por Barros et al. (2013).

A amostra (1g) foi enriquecida com melezitose (utilizada como padrão interno, 25 mg/mL) e extraída com 40 mL de etanol (80:20, v/v), num banho a 80 °C (BS127E, OVAN; Barcelona, Espanha), durante 1 hora e 30 min, agitando-se a cada 15 minutos. Posteriormente, o sobrenadante obtido foi filtrado e transferido para um balão de vidro para evaporar a fração etanólica (**Figura 12**), recorrendo-se ao evaporador rotativo (Evaporador rotativo Hei-VAP Advantage, Heidolph; Schwabach, Alemanha) (60 °C, pressão reduzida). A fase aquosa foi lavada 4 vezes com éter dietílico (10 mL), tendo, seguidamente, sido evaporados os restos do mesmo. Ao resíduo obtido, foi adicionada água até perfazer um volume final de 5 mL e filtrou-se 1,5 mL deste (filtros de nylon - 0,2 µm, Whatman) para um *vial*, para posterior análise do perfil em açúcares no sistema HPLC-RI.



**Figura 12** - Evaporação da fração etanólica em evaporador rotativo para determinação de açúcares.

O sistema de HPLC encontra-se equipado com uma bomba (Knauer, Sistema Smartline 1000, Berlim, Alemanha), um sistema desgaseificador (Smartline manager 5000), um amostrador automático (AS-2057 Jasco, Easton, Maryland, EUA) e um detetor de índice de refração (Knauer Smartline 2300). A separação cromatográfica foi obtida através de uma coluna Eurospher 100-5 NH<sub>2</sub> (4.6 x 250 mm, 5 mm, Knauer), que operou a uma temperatura de 30 °C (7971 R Grace). Como fase móvel foi usado acetonitrilo/água desionizada (70:30; v/v) com um caudal de 1 mL/min. Para a identificação dos compostos, recorreu-se ao software Clarity 2.4 Software (DataApex), a partir do qual se compararam os tempos de retenção relativos dos picos da amostra com padrões conhecidos. Os resultados foram obtidos pelo método do padrão interno e expressos em g de composto por 100 g de massa fresca.

#### 4.4.2. Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos foram determinados tendo como base no procedimento previamente descrito por Barros et al. (2013), através de cromatografia líquida *ultra-fast* acoplada a um detetor de fotodíodos (UFLC-PDA).

Às amostras de farinha (1 g) foi adicionado 25 mL de ácido metafosfórico (4,5%) e levado a extração por agitação ao abrigo da luz, mantendo as condições de temperatura de 25 °C e agitação constante (150 rpm) durante 25 minutos. Posteriormente, a mistura foi filtrada

através de papel Whatman N ° 4 e, em seguida, as amostras passaram por filtragem através de filtros de nylon (0,2 µm) para análise em UFLC (Shimadzu Corporation, Quioto, Japão). A análise foi realizada utilizando uma série Shimadzu 20A series UFLC (Shimadzu Corporation). A separação foi conseguida através de uma coluna SphereClone (Phenomenex, Torrance, CA, USA) de fase inversa C<sub>18</sub> (5 µm, 250 × 4,6 mm i.d.) termostaticado a 35 ° C. A eluição foi realizada com ácido sulfúrico (3,6 mM) usando um caudal de 0,8 mL/min. A deteção foi conseguida por sistema DAD, utilizando comprimento de onda de 215 nm e 245 nm (para o ácido ascórbico).

Os ácidos orgânicos encontrados foram quantificados por comparação da área dos seus picos registados, nos comprimentos de onda referidos anteriormente, com as curvas de calibração obtidas a partir de padrões comerciais de cada composto. Os resultados foram expressos em mg por 100 g de massa fresca.

#### 4.4.3. Ácidos gordos

Os ácidos gordos foram determinados por cromatografia gasosa com deteção por ionização de chama (GC-FID), como descrito anteriormente por Barros et al. (2013).

À massa obtida por extração em Soxhlet foram adicionados 5 mL de uma solução de metanol/ácido sulfúrico/tolueno, na proporção 2:1:1 (v/v/v), permanecendo num banho (BS127E, OVAN; Barcelona, Espanha) a 50 °C e agitação de 160 rpm durante aproximadamente 12 h. Posteriormente ao banho, foi adicionada água desionizada (3 mL) na mistura, com o intuito de potenciar a separação de fases, e éter dietílico (3 mL), com agitação em vórtex, para recuperação dos ésteres metílicos de ácidos gordos (FAME). Após separação das fases, o sobrenadante foi transferido para um tubo, previamente adicionado de sulfato de sódio anidro, a fim de desidratar o sobrenadante. Por fim, filtrou-se o mesmo através de filtros de nylon (0,2 µm; Whatman) para um vial, para posterior análise em GC.

O perfil de ácidos gordos foi obtido através de um sistema de GC (6500 GC system, YoungIn Chromass, Korea) equipado com um injetor split/splitless, um detetor de ionização de chama (FID, 260 °C) e uma coluna Zebron-Kame column (30 m × 0,25 mm ID × 0,20 µm df; Phenomenex, Lisbon, Portugal). O programa de temperatura aplicado foi o seguinte: temperatura inicial de 100 °C, durante 2 min; aumentos progressivos da temperatura: 10 °C/min até 140 °C; 3 °C/min até 190 °C; 30 °C/min até 260 °C que permaneceu durante 2 min. O gás

de transporte utilizado foi hidrogénio com um caudal de 1,1 mL/min, medido a 100 °C. A injeção split (1:50) foi realizada a 250 °C, onde foi injetado 1 µL da amostra. A identificação de ácidos gordos foi feita com base nos tempos de retenção relativos dos picos de FAME das amostras com padrões conhecidos. Para o processamento dos resultados, recorreu-se ao software CSW 1,7 (DataApex 1,7, Praga, República Tcheca) e estes foram expressos em percentagem relativa (%) para cada ácido gordo detetado.

#### 4.5. Avaliação do perfil volátil das farinhas

##### 4.5.1. Microextração em Fase Sólida

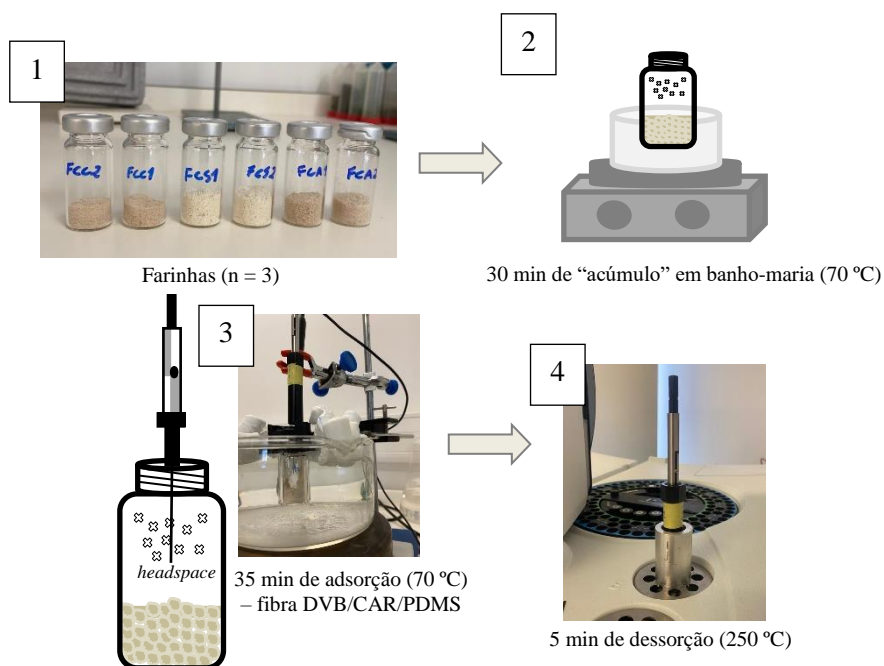
A extração dos compostos orgânicos voláteis (VOCs) foi realizada utilizando a fibra SPME divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS, 50/30 µm; Sigma-Aldrich; St. Louis, MO, USA) pelo método de microextração em fase sólida no modo *headspace* combinada com cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (HS-SPME/GC-MS). A otimização das condições de extração (temperatura e tempo de exposição da fibra) foi adaptada conforme descrito por Silva et al. (2019).

Para tal, em duplicado, pesou-se 1,5 g de amostra (farinha de castanha: assada, cozida e seca) em frasco de vidro de 10 mL. Em cada análise SPME, o frasco foi selado e colocado para acúmulo em banho-maria a 70°C por 30 min. O procedimento de extração dos VOCs ocorreu pela exposição direta da fibra ao *headspace* da amostra no frasco fechado, ainda em banho-maria a 70°C, com o auxílio de um SPME *fiber holder* manual (Supelco; Bellefonte, PA, EUA) por 35 min. Após esse período, a fibra foi então removida do vidro e inserida no injetor do cromatógrafo gasoso (módulo Clarus 580, PerkinElmer; Waltham, MA, EUA), ficando então em dessorção por 5 min a 250°C (**Figura 13**).

##### 4.5.2. Perfil e quantificação de voláteis

Para a etapa de separação e identificação dos VOCs, o cromatógrafo gasoso foi equipado com um espectrômetro de massas (módulo Clarus SQ 8 S, PerkinElmer; Waltham, MA, EUA) com analisador do tipo *ion-trap* e injetor capilar do tipo *split/splitless* no modo *splitless*. Utilizou-se uma coluna capilar modelo DB-WAX com dimensões de 30 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm (Agilent Technologies Inc.; Munique, Alemanha) operando com hélio como gás de arraste a um fluxo de 1,88 mL/min.





**Figura 13** - Condições de microextração em fase sólida do espaço de cabeça e dessorção térmica (HS-SPME/GC-MS).

Para a análise dos voláteis, seguiu-se o método descrito anteriormente por Larbi (2020) com algumas modificações. As condições de temperatura do forno foram programadas para operar inicialmente a 40°C com incremento de temperatura até alcançar 170°C (3°C/min), posteriormente a 25 °C/min até 290°C, e assim mantida isotermicamente por 15 min. A temperatura da linha de transferência e fonte de íons, foi de 280 e 230°C, respectivamente; gás carreador, hélio, ajustado a uma velocidade linear de 40 cm/s; ionização por impacto de elétrons a uma potência de 70 eV; faixa de varredura de massas, 40-300 m/z; tempo de varredura, 1s.

A identificação dos compostos voláteis das amostras foi realizada a partir da Biblioteca espectral de massa do NIST (*National Institute of Standards and Technology Research Library*). E, para confirmação, utilizou-se os índices de retenção linear (LRI, do inglês “*linear retention index*”) obtidos a partir dos tempos de retenção de uma mistura de n-alcenos (C7–C36) (Supelco, Bellefonte, PA, EUA) analisada em condições idênticas, em comparação com dados da literatura. A quantificação (valor médio de duas repetições por amostra) foi realizada utilizando-se valores relativos obtidos diretamente do pico de corrente iônica total (TIC).

## 4.6. Incorporação das farinhas de castanha num produto alimentar – Massa fresca

### 4.6.1. Formulação e preparo das massas

Os ingredientes utilizados neste trabalho foram adquiridos num supermercado local, com exceção das diferentes farinhas de castanha (produzidas pela autora) e a água, sendo eles:

- Farinha de trigo T65: farinha obtida a partir de trigo em grau de moagem fina, Marca: Continente;
- Farinhas de castanha: obtidas a partir da moagem de castanhas secas, assadas e cozidas, conforme descrito na **Secção 4.1**;
- Ovo: ovos frescos de galinha tamanho M (médio), Marca: Continente;
- Água: água da torneira com qualidade para consumo humano.

#### 4.6.1.1. Ensaio preliminares

Nesta primeira fase, uma vez que a adição e substituição da farinha de castanha na formulação de massas não é frequentemente abordada na literatura, foi necessário selecionar a receita de massa que apresentou o melhor desempenho, levando em consideração os objetivos do estudo em valorizar o produto final em termos sensoriais, ou seja, enriquecendo-o com notas de sabor de castanha. Além disso, foram considerados atributos de qualidade da massa, como facilidade de manipulação sem quebrar e textura na boca. Para isso, uma receita básica de massa foi testada em quatro formulações diferentes variando a substituição de farinha de trigo por farinha de castanha (40, 60, 80 e 100% *p/p*).

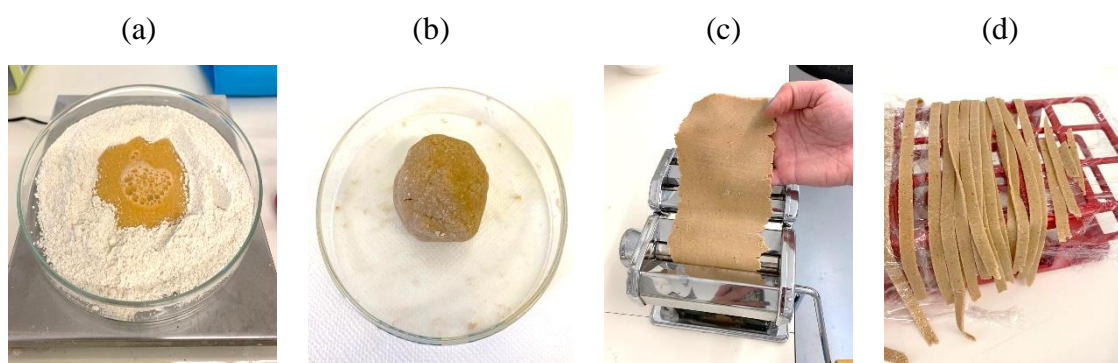
As quantidades utilizadas obedeceram a proporção de um ovo (peso médio: 55,0 g) para 100 g de farinha (trigo + castanha) As formulações para as massas de controlo, replicando para cada tipo de farinha de castanha estudada (assada, seca e cozida), foram as seguintes (**Tabela 1**):

**Tabela 1** - Formulação das massas para teste preliminar.

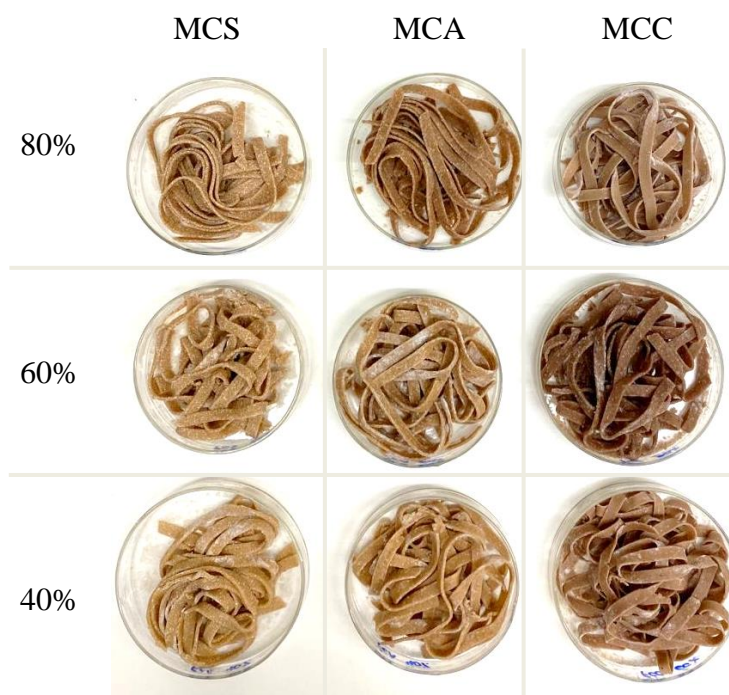
	% de farinha de castanha <sup>1</sup>			
	40 %	60 %	80 %	100%
Ovo (g)	14	14	14	14
Farinha de trigo (g)	15	10	5	0
Farinha de castanha (g)	Seca (MCS)			
	Cozida (MCC)	10	15	20
	Assada (MCA)			25

<sup>1</sup> Definido em relação ao total de farinha (não incluído o líquido – ovo).

Para a produção da massa, os ingredientes foram misturados à mão (ovo + farinha de castanha e de trigo), sob condições laboratoriais, depois prensados e cortados em máquina caseira de moldagem de massas (**Figura 14**). A máquina permite o ajuste da espessura da massa de 1 (mais fina) a 6 (mais grossa), sendo assim, para uma maior homogeneidade e melhor desempenho reológico, a massa foi por repetidas vezes e passada através da máquina de moldagem até a espessura de nível 5, onde por fim passou pelo corte em estilo “*tagliatelle*” (**Figura 15**). O tempo de cozimento, em média, até a obtenção da textura ‘*al dente*’ foi de 7 min em água a ferver (para 35g de massa foram utilizados 0,8L de água).



**Figura 14** - Produção das amostras de massa fresca: **a)** mistura dos ingredientes; **b)** descanso da massa obtida; **c)** moldagem das massas; **d)** massa após ser cortada em tiras.



**Figura 15** – Amostras preliminares de massa.

Esses resultados preliminares permitiram a escolha da melhor formulação para a receita de massa que daríamos continuidade nos experimentos seguintes do projeto. A massa controlo utilizando 100% de farinha de castanha não obteve resultados satisfatórios em termos estruturais, devido à alta dificuldade de manipulação, uma vez que a sua formulação não foi capaz de originar uma massa homogénea e coesa, pois a castanha é naturalmente isenta de glúten, o que pode afetar a capacidade de formação de produtos de panificação. Assim, para os próximos testes, a receita escolhida foi a de 80% de farinha de castanha, considerando o seu desempenho geral de facilidade de manipulação (não sendo muito quebradiça), de sabor agradável, boa capacidade de cozimento, textura macia e uma cor atraente.

#### 4.6.2. Avaliação de cor das massas

As cores foram medidas em triplicado, usando um colorímetro digital (CR-400, Konica Minolta Sensing Inc.; Tóquio, Japão), previamente calibrado contra uma superfície branca padrão, pelo sistema *CIELab* através das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . O eixo  $L^*$  representa a luminosidade e varia de 0 (preto absoluto) a +100 (branco absoluto), o eixo  $a^*$  varia de verde (representada por  $-a^*$ ) para vermelho ( $+a^*$ ), enquanto o eixo  $b^*$  varia de azul ( $-b^*$ ) a amarelo ( $+b^*$ ) (Delgado et al., 2014).

O colorímetro foi previamente calibrado contra um azulejo branco padrão. Foram utilizados o iluminante C. E, portanto, para realizar a medição da cor das massas no equipamento referido, colocaram-se as amostras numa placa de Petri, preenchendo de forma uniforme o fundo da placa.

#### 4.6.3. Determinação da composição nutricional e química das massas

O teor de humidade das massas foi realizado numa balança analisadora de humidade (idem **Secção 4.3**) com as amostras ainda no seu estado fresco.

Para proceder aos testes seguintes, as amostras de massa passaram por um ciclo de secagem de duas horas em estufa a 80°C. Logo após, foram devidamente trituradas em moinho de bancada até à obtenção de um pó fino e uniforme (**Figura 16**). Em seguida, foram armazenadas em local fresco e seco ao abrigo de luz para, posteriormente, proceder à realização das análises químicas.



**Figura 16** - Amostras de massa secas após estufa e trituradas em moinho.

As determinações das composições de teor em proteínas, cinzas e gorduras totais das massas seguiram os mesmos procedimentos adotados na **Secção 4.3.**, descritos anteriormente. Da mesma forma procedeu-se conforme a metodologia descrita na **Secção 4.4.** para a avaliação da composição em açúcares livres e ácidos gordos (**Figura 17**) das amostras de massa. Todos os resultados foram expressos em peso fresco (p.f.), a partir da conversão dos resultados obtidos em peso seco (p.s.) pela humidade observada no processo de secagem em estufa.



**Figura 17** - Separação de fases na análise de ácidos gordos.

#### **4.7. Análise sensorial das massas**

A análise sensorial foi dividida em duas partes, ambas realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança (IPB).

Na primeira experiência realizada, a análise sensorial envolveu 61 avaliadores não treinados, entre eles alunos (maioritariamente de Mestrado e Doutoramento), professores e investigadores do IPB, de ambos os sexos, com faixa etária entre os 18 e 40 anos. Logo, esta parte visava quantificar quantos consumidores identificariam o sabor da castanha nas massas. Para isso, em cabines individuais com luz modificada (**Figura 18**), para dificultar qualquer identificação visual, cada provador recebeu, além de água potável, cinco ingredientes diferentes em configuração de farinha (amêndoa, amendoim, aveia, banana desidratada e castanha assada) e uma amostra de massa fresca formulada com farinha de castanha assada, e então foram instruídos a avaliar a percepção desses sabores na amostra de massa usando uma escala composta por 0 ("Eu não sinto este sabor"), 1 ("Eu sinto este sabor e é leve") e 2 ("Eu sinto este sabor e é intenso").



**Figura 18** - Cabines do Laboratório de Análise Sensorial da ESA/IPB.

Na segunda parte, realizada em dia diferente da primeira etapa, 66 dos 77 dos voluntários retornaram para realização desta. Para tal, os provadores receberam três amostras de massa fresca elaboradas com 80% de farinha de castanha (sendo elas: assada, cozida e seca) e foram solicitados que escalonassem a intensidade do sabor de castanha nas massas frescas, na ordem que uma das amostras receberia nota 1 (“Menor intensidade”), outra receberia nota 2 (“Intensidade intermediária”) e outra nota 3 (“Maior intensidade”). E por fim, agora com luz normal nas cabines, avaliaram a aceitabilidade das massas de acordo com 5 atributos (aparência visual, sabor, aroma geral, textura, doçura e impressão global) usando uma escala hedônica de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente) e também intenção de compra de cada massa, numa escala de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria).

As massas frescas foram pré-cozidas horas antes à análise e no momento da prova passaram por cozimento rápido de 1 minuto, a fim de alcançar o ponto ‘al dente’ e também obter temperatura adequada de consumo. Todas as amostras apresentadas, massas e ingredientes, foram codificadas adequadamente em recipientes plásticos brancos com números aleatórios de três dígitos e servidos a cada avaliador em ordem diferente previamente estabelecida. Utilizou-se a plataforma “Google Forms” para o preenchimento das fichas, onde por meio de Qr-Code disponível nas cabines, o painel pôde ter acesso e preenchê-los. As fichas dos referidos teste encontram-se em anexo (ANEXOS I e ANEXOS II). Após os testes sensoriais, os dados foram tabulados e submetidos a análise estatística.

#### 4.8. Análise estatística

Todos os ensaios descritos foram realizados em duplicata, exceção a avaliação de cor, e os resultados foram expressos em valores médios  $\pm$  desvio padrão (SD). Os dados foram analisados por uma análise de teste de ANOVA a um fator e quando se detetaram diferenças significativas entre as amostras ( $p < 0,05$ ), aplicou-se teste Tukey's HSD entre as médias obtidas, bem como para análises onde foram encontrados resultados apenas em duas amostras aplicou-se o teste T'Student. A análise estatística foi realizada utilizando a ferramenta R (versão 4.2.1) e R *studio*. Os testes sensoriais foram submetidos à análises variadas utilizando-se teste estatístico não paramétrico de Fisher e teste post-Hoc de Wilcoxon, em R *Studio* 2023.03.0+386 (melhor detalhamento na Secção 5.2.3.). As informações da pesquisa de mercado e intenção de compra foram analisadas por meio de gráficos de distribuição de frequências das respostas.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Farinha de Castanha

Na presente secção encontram-se os resultados referentes ao efeito de diferentes tratamentos térmicos (assadura, cozedura e secagem) aplicados à castanha durante o fabrico de sua farinha nas composições nutricionais e químicas (**Tabela 2**), bem como a influência destes no perfil volátil das referidas amostras (**Tabela 3**).

#### 5.1.1. Composição centesimal e energética

Como sabemos, operações de transformação, especialmente quando aplicado calor e/ou por períodos prolongados, podem acarretar alterações na composição da matéria-prima utilizada. Tomando como referência estudos anteriores sobre a composição centesimal da castanha em fresco (*Castanea sativa* Mill.), será possível avaliar o impacto que os diferentes procedimentos térmicos de cozimento adotados no fabrico das farinhas de castanha tiveram, nutricional e quimicamente, no produto final. Na ordem de retrainir o máximo de perdas de nutrientes da castanha, devem ser cuidadosamente selecionados procedimentos apropriados para tal. É, ainda, importante referir que o produto em estudo, nomeadamente as farinhas de castanha, passaram por processo de secagem para redução do teor em humidade final e, assim, a concentração dos demais constituintes da composição centesimal do alimento será incrementado.

A parte edível das frutas do castanheiro (castanha) é composta por inúmeros nutrientes, alguns em termos quantitativos já outros em termos qualitativos, tais como amido, açúcares livres, proteínas, lípidos, vitaminas e minerais, que possuem grande importância para a saúde. Relativamente aos nutrientes específicos, a castanha é fonte significativa de hidratos de carbono (em média 44,7 g/100g), sendo este primordialmente composto por amido e sacarose, mas também consideravelmente importante em fibra dietética (Demiate et al., 2001). Para além disso, segundo exposto em Correia et al. (2009), a castanha apresenta baixas quantidades de proteínas (5,0 g/100g) e lípidos (3,0 g/100g), comparativamente com outros frutos secos, como o amendoim (44,57 g/100g), a avelã (63,18 g/100g), a castanha de caju (42,06 g/100g) e o pistácio (45,83g/100g) (Freitas J.B. & Naves M.M.V., 2011). A maioria dos ácidos gordos encontrados na castanha são insaturados, sendo os polinsaturados os maioritários, incluindo o ácido oleico, linoleico e palmítico (cerca de 80% ou mais dos totais). Além do mais, suas

vitaminas incluem E, C (em média 15,6 mg/100g) e outras, enquanto que é considerada uma boa fonte de ácidos orgânicos e polifenóis (de Vasconcelos et al., 2010; Korel & Balaban, 2009; Zhu, 2016).

Dentro dos parâmetros analisados, sobretudo sobre o valor nutricional das farinhas de castanha (**FCC** – farinha de castanha cozida, **FCA** – farinha de castanha assada e **FCS** – farinha de castanha seca), os hidratos de carbono foram os macronutrientes em maior abundância, seguidos pelas proteínas e lípidos. No geral, para todos os componentes, exceto teores em humidade, lípidos e hidratos de carbono, foi encontrada uma diferença significativa entre as três amostras (**Tabela 2**).

Relativamente à **humidade**, esta apresenta-se bastante equivalente entre os processos térmicos aplicados (FCC  $5,37 \pm 1,58$  g/100g | FCA  $5,22 \pm 0,23$  g/100g | FCS  $4,75 \pm 0,40$  g/100g), estando abaixo do limite máximo recomendado de 14,5% para farinhas (Portaria nº 254/2003), o que garante ao produto uma melhor conservação e manutenção da qualidade, reduzindo a proliferação de microrganismos e atividade enzimática indesejada (Breisch, 1993). A atividade enzimática tem papel importante no que diz respeito à alteração da composição química da castanha, principalmente quanto ao conteúdo de hidratos de carbono e vitaminas (Desmaison A.M. & Adrian J., 1986). Em média, cerca de 50% da castanha fresca é composta por água (Borges et al., 2008; Korel & Balaban, 2009; Zhu, 2016), sendo então o tratamento térmico suscetível de reduzir o teor de humidade do fruto.

A amostra de farinha de castanha seca (FCS) apresentou valores centesimais superiores para os teores em **cinzas** ( $1,82 \pm 0,007$  g/100g p.f.) e **proteínas** ( $6,78 \pm 0,014$  g/100 g p.f.), sendo este último parâmetro estatisticamente similar a amostra de farinha de castanha cozida (FCC) ( $6,69 \pm 0,13$  g/100 g p.f.). Por outro lado, a amostra de farinha de castanha assada (FCA) obteve os resultados mais baixos para estes mesmos componentes, onde foram encontrados para cinzas  $1,37 \pm 0,027$  g/100g p.f. e para proteínas  $6,13 \pm 0,014$  g/100g p.f.

Relativamente às **cinzas**, os resultados obtidos no presente trabalho foram muito similares aos de Gonçalves et al. (2010), que encontraram teores entre 1,3 e 2,7 g/100g, bem como 1,61 e 2,26 g/100g encontrado por Junior (2020). Quando comparada a composição da castanha em fresco, em estudo, desenvolvido por Correia et al. (2009), encontraram-se teores em cinzas entre 1,9 e 2,1 g/100g, sendo compostos principalmente por importantes minerais, tais como P e K (de Vasconcelos et al., 2010; Korel & Balaban, 2009) . Borges et al. (2008) relataram-nas como bom recurso em K, P, Mg, Fe, Mn e Cu. A diferença significativa

encontrada, ainda que mínima, nas amostras de farinha, pode ser explicada pelas perdas de compostos sensíveis à exposição de calor (voláteis) ou mais solúveis em água, quando aplicados os procedimentos de cozimento no fabrico das farinhas.

**Tabela 2** - Valor nutricional (g/100g p.f.1) e energético (kcal/100 g, p.f.), composição em açúcares livres (g/100g p.f.), ácidos orgânicos (g/100g p.f.) e ácidos gordos (% relativa) das farinhas de castanha: cozida (FCC), assada (FCA) e seca (FCS).

Parâmetros	Amostras de farinha de castanha		
Valor Nutricional	FCC	FCA	FCS
Humidade	5,37 ± 1,58 <sup>a</sup>	5,22 ± 0,23 <sup>a</sup>	4,75 ± 0,40 <sup>a</sup>
Proteínas	6,69 ± 0,13 <sup>b</sup>	6,13 ± 0,014 <sup>a</sup>	6,78 ± 0,014 <sup>b</sup>
Cinzas	1,64 ± 0,024 <sup>b</sup>	1,37 ± 0,027 <sup>a</sup>	1,82 ± 0,007 <sup>c</sup>
Lípidos	2,39 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,89 ± 0,35 <sup>a</sup>	2,67 ± 0,091 <sup>a</sup>
Hidratos de Carbono	89,27 ± 0,24 <sup>a</sup>	89,60 ± 0,37 <sup>a</sup>	88,74 ± 0,10 <sup>a</sup>
Energia	405,40 ± 0,35 <sup>a</sup>	408,95 ± 1,65 <sup>a</sup>	406,07 ± 0,49 <sup>a</sup>
<b>Açúcares Livres</b>	<b>FCC</b>	<b>FCA</b>	<b>FCS</b>
Sacarose	11,56 ± 0,80 <sup>a</sup>	11,67 ± 0,014 <sup>a</sup>	14,78 ± 0,18 <sup>b</sup>
<b>Ácidos Orgânicos</b>	<b>FCC</b>	<b>FCA</b>	<b>FCS</b>
Ácido oxálico	0,11 ± 0,01	nd <sup>2</sup>	nd
Ácido quínico	1,24 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,085 <sup>a</sup>	1,77 ± 0,023 <sup>b</sup>
Ácido málico	0,76 ± 0,021 <sup>a</sup>	0,9 ± 0,042 <sup>b</sup>	0,69 ± 0,021 <sup>a</sup>
Ácido cítrico	1,45 ± 0,0071 <sup>b</sup>	1,55 ± 0,0071 <sup>c</sup>	1,26 ± 0,0071 <sup>a</sup>
Ácido succínico	nd	nd	0,81 ± 0,02
Ácido fumárico	0,01 ± 0,00	nd	nd
<b>Total Ácidos Orgânicos</b>	<b>3,55 ± 0,16<sup>a</sup></b>	<b>3,60 ± 0,049<sup>a</sup></b>	<b>4,52 ± 0,064<sup>b</sup></b>
<b>Ácidos Gordos</b>	<b>FCC</b>	<b>FCA</b>	<b>FCS</b>
C6:0	tr <sup>3</sup>	1,50 ± 0,005 <sup>*</sup>	7,00 ± 0,008
C8:0	nd	tr	3,69 ± 0,015 <sup>*</sup>
C10:0	nd	1,12 ± 0,019	tr
C15:0	nd	tr	1,56 ± 0,035
C16:0	16,54 ± 0,72 <sup>a</sup>	38,92 ± 0,39 <sup>b</sup>	53,18 ± 0,0085 <sup>c</sup>
C18:0	1,28 ± 0,16 <sup>a</sup>	2,84 ± 0,015 <sup>b</sup>	3,41 ± 0,013 <sup>c</sup>
C18:1n9c	33,11 ± 0,40 <sup>b</sup>	42,58 ± 0,31 <sup>c</sup>	23,96 ± 0,037 <sup>a</sup>
C18:1n9t	nd	2,47 ± 0,071	nd
C18:2n6c	40,30 ± 0,64 <sup>*</sup>	2,48 ± 0,035	nd
C18:3n3	6,15 ± 0,37	nd	nd
C20:0	tr	1,21 ± 0,022	1,70 ± 0,003
C22:0	tr	tr	1,01 ± 0,021
Total SFA <sup>4</sup>	19,16 ± 0,64 <sup>a</sup>	50,31 ± 0,30 <sup>b</sup>	75,16 ± 0,028 <sup>c</sup>
Total MUFA <sup>5</sup>	34,35 ± 0,36 <sup>b</sup>	46,97 ± 0,26 <sup>c</sup>	24,84 ± 0,028 <sup>a</sup>
Total PUFA <sup>6</sup>	46,48 ± 1,0 <sup>*</sup>	2,48 ± 0,04	nd

<sup>1</sup> p.f.- peso fresco; <sup>2</sup> nd- Não detetado; <sup>3</sup> tr- traços (< 1%); <sup>4</sup> SFA- Ácidos gordos saturados; <sup>5</sup> MUFA- Ácidos gordos monoinsaturados; <sup>6</sup> PUFA- Ácidos gordos polinsaturados. Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão (n=2). Em cada fila, diferentes letras e asterisco (\*) correspondem a diferenças significativas (p < 0,05).

Ácido capróico (C6:0); Ácido caprílico (C8:0); Ácido cáprico (C10:0); Ácido pentadecílico (C15:0); Ácido palmítico (C16:0); Ácido esteárico (C18:0); Ácido oleico (C18:1n9c); Ácido elaidico (C18:1n9t); Ácido linoleico (C18:2n6c); Ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3); Ácido araquídico (C20:0); Ácido beénico (C22:0).

Em relação às **proteínas (Tabela 2)**, Sacchetti et al. (2004) determinaram um teor de 6,92% para farinha de castanha, Šoronja-Simović et al. (2017) determinaram um teor de 5,54% e Dall'Asta et al. (2013) determinaram um teor de 5,8%. Todos os quais mostraram-se próximos, porém inferiores aos teores de proteína encontrados neste estudo (considerando g/100g de peso seco). Embora significativamente próximas, o menor teor de proteínas encontrado na amostra FCA pode ser explicado pela degradação destas devido à aplicação de calor (+180°C) e à ocorrência de reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard), que requerem grupos amino de proteínas e açúcares redutores, além de calor (Gonçalves et al., 2012; Lindsay, 2019).

As **energias** (kcal/100 g, p.f.) calculadas apresentaram similaridade estatística entre si (FCC 405,40  $\pm$  0,35 | FCA 408,95  $\pm$  1,65 | FCS 406,07  $\pm$  0,49), e seu valor elevado refere-se principalmente ao alto teor em **hidratos de carbono** encontrado nas farinhas. Estes, por sua vez, maioritariamente compostos por amido, seguido pela sacarose e fibra dietética (Gonçalves et al., 2010), obtiveram valores entre 88,74 e 89,60 g/100g p.f., estatisticamente sem diferença entre as amostras. Em relação aos **açúcares livres (Tabela 2)**, apenas a **sacarose** foi detetada, onde em FCS encontrou-se o maior valor para tal, sendo 14,78  $\pm$  0,18 g/100g p.f., e as demais amostras de farinha, estatisticamente sem diferença, apresentaram o menor valor com 11,56  $\pm$  0,80 g/100g p.f. para FCC e 11,67  $\pm$  0,014 g/100g p.f. para FCA. No geral, a variação na composição de açúcares em castanhas processadas ocorre por quatro vias: pela hidrólise do amido, decomposição da sacarose em glicose e frutose, pela degradação e caramelização dos açúcares (Míguez Bernárdez et al., 2004), e, por fim, a reação de Maillard.

Gonçalves et al. (2010) relataram, sobre a castanha assada a ~200°C, relativa redução do conteúdo em amido total e incremento em fibra insolúvel e dietética, porém com mínimo efeito no teor de açúcares simples, embora este desempenhe um importante papel na reação de Maillard. Em Correia et al. (2009), observou-se um significativo decréscimo na composição de amido total com o incremento da temperatura (40-70°C) no processo de secagem da farinha de castanha bem como notável aumento no teor de açúcar, em especial a sacarose. Já em Li et al. (2016), castanha cozida por 20 min obteve reduções nos conteúdos de amido (71 para 58%) e em todas as formas de açúcares (redutores, sacarose, glicose e frutose), provavelmente devido à solubilização destes hidratos de carbono e a lixiviação para a água de cozimento.

Para os teores em **lípidos** (FCC  $2,39 \pm 0,09$  | FCA  $2,89 \pm 0,35$  | FCS  $2,67 \pm 0,091$ ), nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os processos térmicos aplicados., sendo que a gordura bruta (lípidos) é pouco afetada nos processamentos térmicos utilizados. Em Li et al. (2016), foi encontrado 2,27% p.s. para o teor em lípidos da castanha em fresco.

Em estudos anteriores de Altiner & Mete (2020), avaliando as propriedades da farinha de castanha, encontram índices bem próximos aos verificados nos testes do presente trabalho, sendo para lípidos 3,70 g/100g, cinzas 2,30 g/100g, proteína 7,24 g/100g, hidratos de carbono 75,8 g/100g e por fim energia 324,53 kcal/100g. Demiate et al. (2001), observaram uma certa semelhança entre a farinha de castanha com a farinha de milho, principalmente em termos de cinzas, lípidos e fibras, porém diferiu da de mandioca. Embora, o teor de proteína da farinha de castanha se mostrasse como metade da de milho, apresentou o dobro da farinha de mandioca. E em relação ao amido, todas as três farinhas apresentaram altos teores de amido, no entanto quando comparado com outros amidos, a de castanha sobressai pela peculiaridade química dos seus maiores teores de cinzas, lípidos, fibras e proteínas. Em Raczyk et al. (2021), estudando as farinhas de trigo, farinha de coco e farinha de castanha constatou que a farinha de coco, embora tenha apresentado maior teor em proteína (19,47 g/100g p.s.) que as demais, o seu elevado valor energético (426,7 kcal/100g p.s.) refere-se principalmente ao elevado conteúdo em lípidos (24,83 g/100g p.s) e pouco contributo de hidratos de carbono. Já a farinha de trigo em relação à farinha de castanha, demonstrou maior conteúdo em proteína (14,25 g/100g p.s.) e menor em lípidos (2,03 g/100g p.s.), e semelhança na composição em hidratos de carbono (67,41 g/100g p.s). No entanto, a farinha de castanha, nutricionalmente, tem composição centesimal de maior valor. Aproximadamente 90% do teor em ácidos gordos da farinha de coco é composto por ácidos gordos saturados (Sykut-Domańska et al., 2020), contrariamente à de castanha, também ao conteúdo em fibras dietéticas, a farinha de trigo apresenta em torno de 5 vezes menos composição em relação a farinha de castanha.

Em relação a composição de **ácidos gordos**, individualmente foram identificados 24 ácidos gordos nas amostras de farinha de castanha, no entanto, na **Tabela 2** estão dispostos apenas os compostos em predominância (com representação percentual superior a 1%). Significativamente, todos os percentuais dos ácidos gordos individuais encontrados apresentaram diferença relevante, com exceção para o ácido araquídico (C20:0) nas amostras de FCA e FCS, e quando traduzidos em ácidos gordos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) e polinsaturados (PUFA), verifica-se que a composição destes é consideravelmente

afetada e alterada com a aplicação de certos tratamentos térmicos, especificamente para a matriz estudada.

A amostra FCC registou o maior percentual em ácidos gordos polinsaturados, devido principalmente ao elevado contributo dos ácidos linoleico (C18:2n6c) e  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3). Por sua vez, as amostras FCS (não detetado) e FCA obtiveram substancialmente irrelevantes de PUFA, porém em relação aos ácidos gordos saturados (SFA), cerca de 75 e 50%, respetivamente, foram quantificados nas referidas amostras, em especial pelo contributo do ácido palmítico (C16:0). Quanto à composição em ácidos gordos monoinsaturados (MUFA), o ácido oleico (C18:1n9c) foi o ácido gordo maioritário nas três amostras de farinha de castanha, em percentagens de 42,6% para FCA, 33,1% para FCC e 24% para FCS.

Uma observação importante é referente à relação ômega 6 (insaturação no C6) / ômega 3 (insaturação no C3), em particular na amostra FCC, onde o procedimento de cozedura demonstrou ser mais protetor da oxidação lipídica, provavelmente devido à menor porosidade da amostra, uma vez submergida em água, e à maior área de superfície de oxidação pelos processos de secagem e assadura. Neste contexto, observa-se uma maior sensibilidade à oxidação do ácido  $\alpha$ -linolénico ao ácido linoleico.

Quanto à composição em **ácidos orgânicos (Tabela 2)**, foram detetados seis destes (ácido oxálico, ácido quínico, ácido málico, ácido cítrico, ácido succínico e ácido fumárico), porém simultaneamente e em maior expressividade encontrou-se apenas os ácidos cítrico, quínico e málico. A amostra FCS foi a que apresentou um teor total mais elevado, sendo os ácidos quínico e cítrico os ácidos orgânicos em maior predominância, seguido pelos ácidos succínico (única amostra encontrada) e málico. Para FCC, destacam-se as concentrações dos ácidos cítrico e málico como significativamente superiores às demais amostras. Para a amostra FCA, foi encontrado, além daqueles em simultâneo, teores vestigiais de ácido oxálico e fumárico. As amostras FCC e FCA obtiveram valores totais significativamente sem diferença, indicando que os tratamentos aplicados à castanha (nomeadamente, cozedura e assadura) não diferem quanto à alteração da composição em ácidos orgânicos. Em conformidade com o presente trabalho, o ácido málico e o ácido cítrico foram detetados como os principais ácidos orgânicos em vários frutos, como por exemplo na romã (Melgarejo et al., 2000). De acordo com Ribeiro et al. (2007), aplicando assadura, cozedura e fritura, induziu uma redução significativa nos teores de ácidos orgânicos totais da castanha. No estudo de Gonçalves et al. (2010), observaram o efeito do cozimento no aumento do teor de ácido cítrico das castanhas,

principalmente durante a torrefação (assadura). Além disso, as castanhas cruas também apresentaram maior teor de ácido málico do que as castanhas cozidas.

Segundo Silva et al. (2004), os ácidos orgânicos podem ter um efeito protetor contra múltiplas doenças devido à sua atividade antioxidante. Além disso, influenciam as características organolépticas dos frutos e legumes, nomeadamente o seu sabor.

### 5.1.2. Perfil volátil

A composição dos voláteis pode variar dependendo da origem da amostra, método de preparação, condições de armazenamento e outros fatores. O consumo de castanhas raramente é realizado na sua forma natural, sendo processadas de distintas maneiras, em casa ou industrialmente, com o intuito principal de melhorar as suas características organolépticas (aroma, sabor e textura) (de Vasconcelos et al., 2010). Na presente pesquisa, a análise HS-SPME/GC-MS foi utilizada para investigar as concentrações relativas de compostos voláteis em amostras de farinha de castanha obtidas a partir de distintos procedimentos de fabrico, nomeadamente assadura (180-200°C), cozedura (~100°C) e secagem (50°C), e, portanto, relacionar as suas aplicações e seus efeitos na composição volátil final do produto.

A quantificação foi realizada a partir da integração manual de cada pico cromatográfico na ordem de obter a percentagem relativa de cada componente. A identificação dos compostos voláteis foi realizada utilizando uma biblioteca comercial de espectros de massas (NIST 2011 “*mass spectral library*”). Índices de retenção linear (LRI, do inglês “*Linear Retention Index*”) foram calculados usando uma série de referência de n-alcanos (C7-C40) para confirmar a identificação dos compostos.

No total, 66 compostos voláteis foram identificados em todas as amostras de farinha, sendo 36 compostos na farinha de castanha cozida (FCC), 28 na farinha de castanha assada (FCA) e 34 na farinha de castanha seca (FCS). A **Tabela 3** apresenta a lista dos compostos voláteis identificados com seus respectivos LRI calculados e suas concentrações relativas (% relativa à área total dos picos).

**Tabela 3** - Composição volátil das farinhas de castanha após aplicação de três tratamentos térmicos diferentes (assadura, cozedura e secagem), identificado por GC-MS e extraído por hs-SPME.

Composto volátil	Rt 1 (min)	LRI <sup>2</sup> (cal)	Média ± SD (% da composição relativa)		
			FCC	FCA	FCS
<b>1 ácido acético</b>	1,75	nc	<b>12,5 ± 0,53</b>	nd	<b>8,7 ± 1,26</b>
2 succindialdeído	2,36	709	nd	1,5 ± 0,10	nd
3 1,4-butanodiona	2,40	753	nd	nd	0,6 ± 0,20
4 (3-metil-oxirano-2-il)-metanol	2,47	717	0,8 ± 0,16	nd	nd
5 2-pentanol, 4-metil-	2,78	743	2,6 ± 0,12	nd	1,4 ± 0,19
6 2-metil-1-buten-3-ona	2,85	745	nd	2,3 ± 0,20	nd
7 2-hexanol	3,55	797	nd	1,8 ± 0,46	nd
8 4-metil-2-hexanol	3,73	805	nd	0,5 ± 0,10	nd
<b>9 hexanal</b>	3,80	807	<b>8,5 ± 0,84</b>	nd	<b>31,9 ± 1</b>
10 ácido α-metilcapróico	5,02	856	1,3 ± 0,24	nd	nd
11 1-hexanol	5,35	867	nd	1,7 ± 0,10	0,9 ± 0,10
12 heptan-2-ona	6,18	901	nd	1,0 ± 0,01	nd
13 heptanal	6,25	902	1,9 ± 0,35	nd	3,0 ± 1,36
14 2-etil-4-metil-1-pentanol	7,89	947	nd	1,6 ± 0,07	nd
<b>15 (E)-2-hepten-1-ol</b>	8,80	971	nd	<b>5,8 ± 0,27</b>	nd
16 1-octen-3-ol	8,99	977	0,9 ± 0,08	nd	0,9 ± 0,31
<b>17 heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-</b>	9,22	985	<b>10,1 ± 0,37</b>	<b>22,6 ± 0,06</b>	<b>8,7 ± 0,44</b>
<b>18 decano</b>	9,71	998	1,8 ± 0,05	<b>5,4 ± 0,32</b>	1,7 ± 1,05
19 (E)-2-octen-1-ol	9,85	999	nd	nd	0,9 ± 0,29
20 octanal	9,96	1001	1,2 ± 0,02	nd	nd
21 2,2,4,4-tetrametiloctano	10,67	1071	nd	1,6 ± 0,29	nd
22 1-hexanol, 2,2-dimetil-	10,73	1018	nd	nd	0,7 ± 0,23
23 D-limoneno	10,87	1021	2,7 ± 0,04	nd	nd
24 4,4-dimetil-ciclohex-2-en-1-ol	11,25	1030	nd	nd	0,2 ± 0,08
25 benzil (9Z)-9-octadecenoato	11,46	1035	0,5 ± 0,04	nd	nd
26 3-methyldecane	11,65	1040	0,9 ± 0,16	0,7 ± 0,32	0,2 ± 0,01
27 (Z)-5-undeceno	12,18	1051	0,2 ± 0,03	0,2 ± 0,12	nd



(continua na próxima página)

Cont. Tabela 3

28	(E)-3-undeceno	12,32	1058	0,3 ± 0,11	nd	0,1 ± 0,02
29	9-oxabicyclo[6.1.0]nonano-4-ol	12,58	1060	nd	nd	0,1 ± 0,01
30	2-decen-1-ol	12,58	1060	nd	0,3 ± 0,05	nd
31	2-metilundecil-2-tiol	12,79	1064	nd	0,5 ± 0,04	nd
<b>32</b>	<b>undecano</b>	14,08	1094	<b>12,7 ± 0,19</b>	<b>11,7 ± 0,06</b>	<b>9,4 ± 0,18</b>
33	nonanal	14,26	1098	4,2 ± 0,18	1,8 ± 0,09	2,1 ± 0,04
34	1-fenil-2-etanol	14,40	1100	nd	nd	1,4 ± 0,25
35	(2Z)-9-metil-2-undeceno	14,65	1105	1,9 ± 0,12	nd	nd
36	(E)-non-2-enal	16,69	1149	1,7 ± 0,30	1,2 ± 0,23	0,4 ± 0,02
37	3-metilundecano	17,24	1160	0,3 ± 0,09	nd	nd
38	(Z)-3-dodeceno	17,64	1181	0,6 ± 0,11	0,4 ± 0,21	nd
39	ácido octanóico	17,69	1170	nd	nd	1,1 ± 0,15
40	(5Z)-3-metil-5-undeceno	17,87	1174	0,6 ± 0,03	nd	nd
<b>41</b>	<b>dodecano</b>	18,62	1190	<b>16,5 ± 0,24</b>	<b>20,1 ± 1,13</b>	<b>12,3 ± 0,25</b>
42	2-butil-1-octanol	20,33	1227	0,9 ± 0,02	1,2 ± 0,01	2,9 ± 0,14
43	2-metildodecano	21,44	1251	0,7 ± 0,03	nd	nd
44	1-trideceno	22,38	1271	nd	1,0 ± 0,26	nd
45	2,2-dimetil-1-octanol	22,80	1280	1,6 ± 0,18	nd	nd
<b>46</b>	<b>tridecano</b>	23,05	1286	<b>9,4 ± 0,58</b>	<b>13,0 ± 0,75</b>	0,6 ± 0,62
<b>47</b>	<b>geraniato de metilo</b>	23,85	1303	nd	nd	<b>7,4 ± 0,12</b>
48	2-hexil-1-decanol	23,92	1305	0,3 ± 0,02	nd	nd
49	2-butil-2,7-octadieno-1-ol	25,92	1350	nd	nd	0,3 ± 0,03
50	etil (4E)-4-decenoato	26,37	1360	nd	nd	0,6 ± 0,33
51	etil (Z)-4-decenoato	26,41	1361	0,4 ± 0,26	nd	nd
52	tridecanedal	26,58	1365	nd	nd	0,1 ± 0,03
53	decanoato de etila	27,11	1377	nd	nd	0,1 ± 0,03
54	2-metiltridecano	27,18	1378	nd	0,5 ± 0,14	nd
55	2,6,10-trimetildodecano	27,18	1378	0,3 ± 0,07	nd	nd
56	tetradecano	27,31	1381	0,2 ± 0,07	0,4 ± 0,11	0,3 ± 0,01
57	1-hexadecanol, 2-metil-	27,60	1388	nd	nd	0,1 ± 0,04

(continua na próxima página)

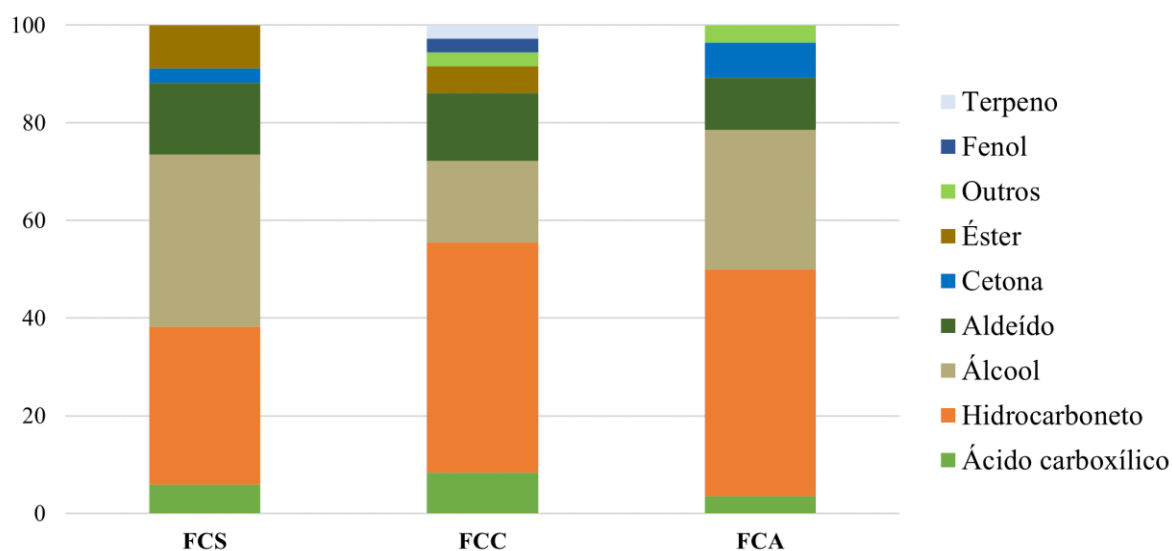
Cont. Tabela 3

58	3-etiltridecano	28,79	1415	0,2 ± 0,03	nd	nd
59	nonilciclopentano	29,21	1425	0,6 ± 0,03	nd	0,1 ± 0,03
60	ácido pterino-6-carboxílico	29,70	1436	0,2 ± 0,04	0,2 ± 0,01	nd
61	4-metiltetradecano	29,91	1441	nd	nd	0,2 ± 0,12
62	5-propiltridecano	29,94	1442	0,3 ± 0,01	nd	nd
63	2-hexadecanol	31,13	1470	nd	nd	0,1 ± 0,01
64	6-metiloctadecano	33,20	1520	nd	nd	0,3 ± 0,01
65	β-eudesmol	36,91	1613	0,2 ± 0,13	0,2 ± 0,01	nd
66	naftaleno, 4-isopropil-1,6-dimetil- (ou cadaleno)	37,65	1632	0,4 ± 0,45	nd	nd
Total identificados				36	28	34

<sup>1</sup> Rt- tempo de retenção (min); <sup>2</sup> LRI- *Linear Retention Index*; <sup>3</sup> nc- não calculado; <sup>4</sup> nd- não detetado. Tentativa de identificação dos compostos ocorreu utilizando LRI (lit) de NIST *Chemistry WebBook* (<http://webbook.nist.gov/chemistry/>) em comparação com LRI (cal) relativo a série de *n*-alcanos (C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>) determinada em coluna capilar modelo DB-WAX nas mesmas condições que aplicadas nas amostras de farinha. Quantificação referente a área relativa aos picos. Em negrito está destacado os compostos maioritários (>5%) em cada amostra.

**FCC** - Farinha de castanha cozida | **FCA** - Farinha de castanha assada | **FCS** - Farinha de castanha seca.

Os componentes identificados envolvem diferentes classes de compostos químicos, sendo assim, na **Figura 19** encontra-se as percentagens acumuladas dos grupos químicos que cada farinha de castanha apresentou. A extração HS-SPME, para a amostra FCA, obteve a maioria dos identificados como hidrocarbonetos (46,4%), incluindo dodecane (20,1%), álcoois (28,6% dos grupos encontrados na amostra), como (E)-2-hepten-1-ol (5,8% da quantidade relativa total) e 2-hexanol (1,8%). Foram extraídos alguns aldeídos (10,7%), cetonas (7,1%) como 2-metil-1-buten-3-ona (2,3%), ácidos carboxílicos e outros (3,6% cada). A extração para FCC obteve maioritariamente hidrocarbonetos (47,2%), vários álcoois (16,7%) incluindo 2-pentanol, 4-metil- (2,6%), vários aldeídos (13,9%) incluindo hexanal (8,5%) e nonanal (4,2%), alguns ácidos carboxílicos (8,3%) incluindo ácido  $\alpha$ -metilcapróico (1,3%) e ácido pterino-6-carboxílico (0,2%) bem como ésteres (5,6%), fenóis, terpenos e outros (2,8% cada). Em FCS, álcoois (35,3%) e hidrocarbonetos (32,4%) foram encontrados em maior número, porém hexanal (31,9%) foi a molécula mais abundante na amostra (aldeído 14,7%). Além de ésteres (8,8%), ácidos carboxílicos (5,9%) e cetona (2,9%), sendo representados por, respetivamente, geraniato de metilo (7,4%), ácido octanóico (1,1%) e 1,4-butanodiona (0,6%).

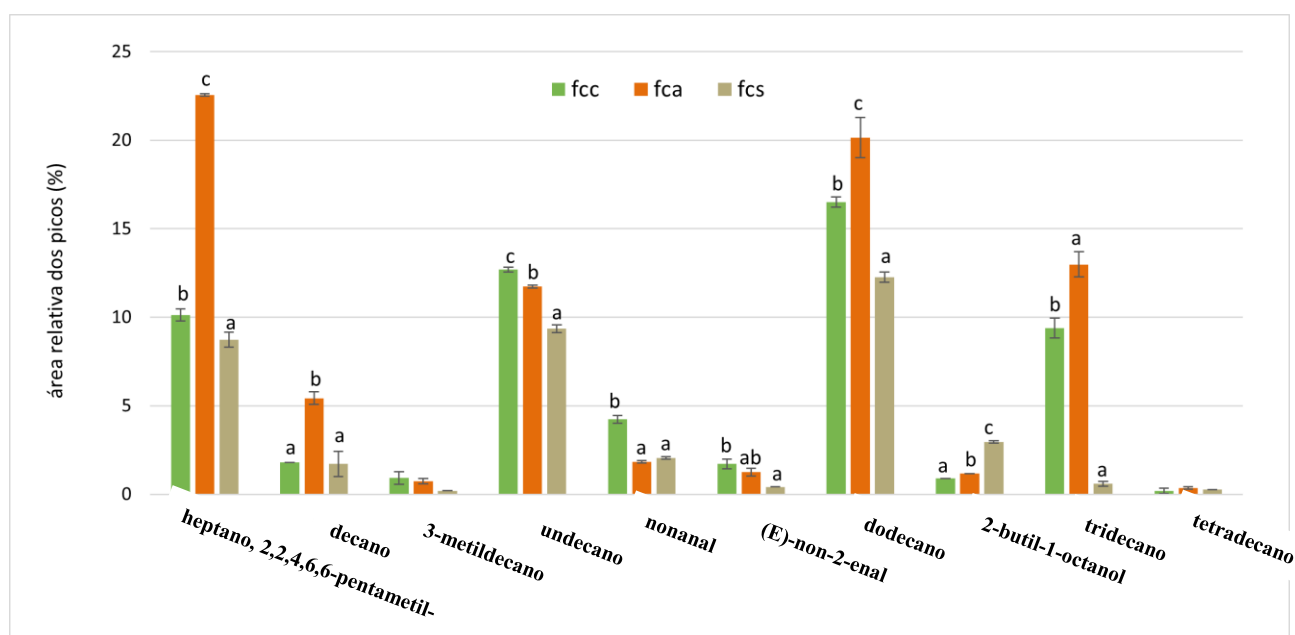


**Figura 19** - Distribuição percentual das classes químicas dos compostos voláteis identificados nas amostras de farinha de castanha: seca (FCS), cozida (FCC) e assada (FCA).

Alguns compostos voláteis (heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-, decano, 3-metildecano, undecano, nonanal, (E)-non-2-enal, dodecano, 2-butil-1-octanol, tridecano e tetradecano) foram detetados simultaneamente nas três amostras de farinha de castanha, enquanto alguns foram detetados apenas em uma ou duas das farinhas. O D-limoneno, único terpeno dentre todas as

amostras testadas, foi encontrado apenas na amostra FCC, assim como heptano-2-ona em FCA e 1-fenil-2-etanol em FCS, estes são característicos, respetivamente, dos odores cítrico (Cirlini et al., 2012), frutado/condimentado/canela e floral/rosa (Liu et al., 2023). Por sua vez, os compostos acetic acid (odor azedo forte e pungente), hexanal (gorduroso, verde, gramado), heptanal (oleoso, gorduroso, amadeirado, doce, *nuts*, frutado), 1-octen-3-ol (cogumelo e terroso) foram identificados nas amostras FCC e FCS (Krist et al., 2004)

Apenas 10 dos 66 compostos identificados foram encontrados simultaneamente nas farinhas de castanha estudadas, como mostra na **Figura 20**. Onde, a amostra FCA obteve predominância em quantidade relativa para 4 deles, sendo heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-decano; dodecano e tridecano. As percentagens relativas dos compostos 3-metildecano e tetradecano não apresentaram diferença significativa dentre as amostras de farinha de castanha. Já os compostos undecano e nonanal, estatisticamente, foram superiores em quantidade na amostra FCC. O único em predominância na amostra FCS foi o composto volátil 2-butil-1-octanol.



**Figura 20** - Componentes voláteis identificados em simultâneo nas três farinhas de castanha. Em cada coluna, diferentes letras correspondem a diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Como mencionado anteriormente, o aroma característico das castanhas processadas não é resultado de um único composto volátil. A castanha fresca tem um aroma fraco de fruta, que se intensifica durante o cozimento, ou seja, após o processamento térmico, devido à degradação

de alguns compostos voláteis e formação de novos compostos em altas temperaturas (acima de 100°C). Estudos anteriores identificaram cerca de 30-33 componentes em castanhas chinesas cozidas e assadas, incluindo hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, furanos, piranonas e ácidos (Li et al., 2016; Rojas S et al., 2020). Monoterpenos e derivados de butano, pentano, hexano e heptano, como 1,4-butanediona; 2-pentanol, 4-metil-; 2-hexadecanol e heptan-2-ona, têm sido identificados como importantes compostos de impacto aromático em castanhas assadas (Krist et al., 2004).

Em particular, a formação de aldeídos nas castanhas pode ocorrer devido ao tratamento de secagem suave, porém prolongado, ao qual as castanhas são submetidas antes da produção de farinha. Estudos anteriores, Morini & Maga (1995) encontraram esses compostos em castanhas cozidas, sugerindo que o aquecimento suave por um período longo em condições oxidantes pode induzir a peroxidação lipídica, seguida da degradação em aldeídos e cetonas. Especificamente, no caso da farinha de castanha, os aldeídos de cadeia linear podem resultar da oxidação de ácidos graxos insaturados, como os ácidos oleico, linoleico e linolênico, que são abundantes nas castanhas (Amorini et al., 2001). Portanto, a presença de lípidos na matriz alimentar tem um forte impacto no aroma final, como também observado em estudos anteriores (Krist et al., 2004). Em concordância com esses achados, a amostra de farinha de castanha seca (FCS) analisada apresentou o maior percentual de aldeídos (14,7%), com destaque para os compostos hexanal, heptanal e nonanal, que representam cerca de 37% do perfil aromático da amostra em questão.

Os compostos aromáticos presentes em castanhas cozidas e assadas são principalmente provenientes da degradação de sacarídeos, proteínas e lípidos, bem como da caramelização de sacarídeos e da reação de Maillard entre açúcares redutores e aminoácidos (Morini & Maga, 1995). Estudos anteriores identificaram os compostos aromáticos hexanal; 1-hexanol; heptanal, 1-octen-3-ol; octanal; D-limoneno; nonanal e (E)-non-2-enal em farinhas de castanha de diferentes cultivares na Itália (Cirlini et al., 2012).

Os hidrocarbonetos (alcanos) são compostos apolares e, portanto, geralmente têm baixa volatilidade. No entanto, alcanos de cadeia mais curta (C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>) podem ser detectados em análises de voláteis usando técnicas sensíveis, como HS-SPME/GC-MS. Geralmente, esses alcanos contribuem para o aroma da matriz alimentar com um aroma de "alcano" (Bayraktar & Onoğur, 2011) ou um aroma de "tipo gasolina" (Dias et al., 2021). Por outro lado, os ésteres

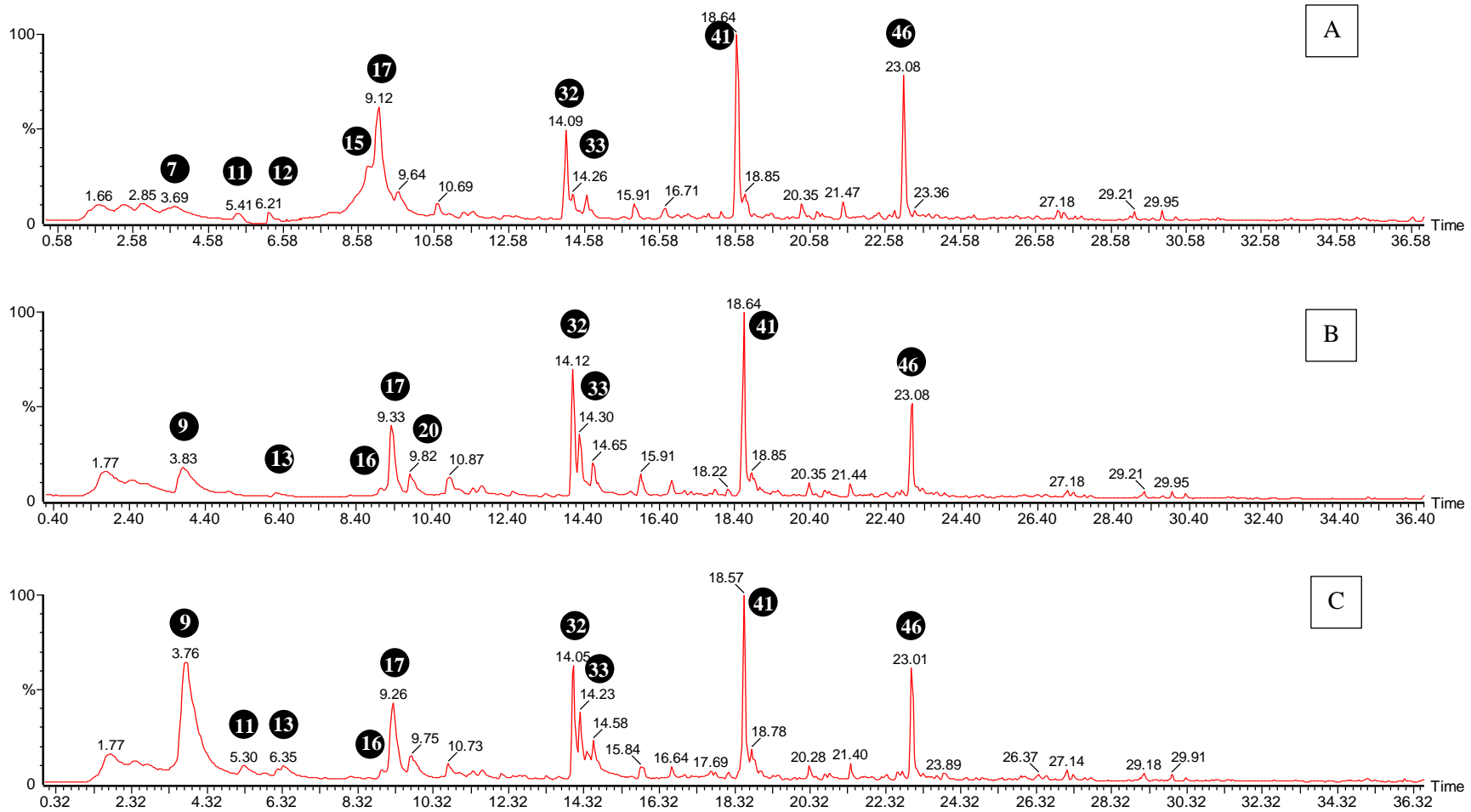
são constituintes importantes do aroma de frutas, contribuindo para as notas frutadas do aroma (Pino & Quijano, 2012).

Na **Figura 21**, encontra-se os cromatogramas GC-MS das amostras de farinha de castanha, assadas, cozida e seca, bem como identificação dos principais compostos encontrados. O composto mais abundante da fração volátil da farinha de castanha seca (FCS) foi o hexanal (31,9%) com o característico odor verde, seguido por dodecano (12,3%), undecano (9,4%), heptano, 2,2,4,6,6-pentametil- (8,7%), ácido acético (8,7%) e geraniato de metilo (7,4%). Três outros compostos estavam presentes em percentagens médias: heptanal (3,0%), 2-butil-1-octanol (2,9%) e nonanal (2,1%).

A amostra FCC (farinha de castanha cozida) apresentou maioritariamente em sua composição volátil os compostos dodecane (16,5%), undecane (12,7%), ácido acético (12,5%) e heptano, 2,2,4,6,6-pentametil- (10,1%). Bem como, tridecano (9,4%), hexanal (8,5%) e nonanal (4,2%), seguidos de, em abundância mediana, D-limoneno (2,7%) e 2-pentanol, 4-metil- (2,6%).

Por fim, a farinha de castanha assada (FCA), com o menor número de compostos identificados, obteve predominantemente em perfil volátil compostos do grupo hidrocarboneto (alcanos), sendo heptano,2,2,4,6,6-pentametil- (22,6%), dodecano (20,1%), tridecano (13,0%) e undecano (11,7%). Em menor abundância, os compostos (E)-2-hepten-1-ol (5,8%), decano (5,4%), 2-metil-1-buten-3-ona (2,3%), bem como nonanal (1,8%), 2-hexanol (1,8%) e 1-hexanol (1,7%).

A composição volátil e o desenvolvimento do odor característico de cada alimento não se devem apenas a um único composto. Existem várias variáveis envolvidas na obtenção de sabores específicos, não apenas a consideração dos compostos em maior abundância, mas também a sua capacidade de conferir o odor característico ao produto.



**Figura 21** - Cromatogramas (GC-MS) do perfil volátil das farinhas de castanha: assada (A), cozida (B) e seca (C).

Compostos marcados: 7) 2-hexanol; 9) hexanal; 11) 1-hexanol; 12) heptano-2-ona; 13) heptanal; 15) (E)-2-hepten-1-ol; 16) 1-octen-3-ol; 17) heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-; 20) octanal; 32) undecano; 33) nonanal; 41) dodecano; 46) tridecano.

## 5.2. Massa Fresca de Farinha de Castanha

Na presente secção encontra-se os resultados das análises nutricionais e físico-químicas do produto alimentar (massa fresca) resultante da incorporação de farinhas de castanhas provenientes de distintos procedimentos térmicos aplicados no seu fabrico (**Tabela 4**), já discutido anteriormente, e por fim, os resultados bem como respetivas discussões da análise sensorial desenvolvida para avaliação do potencial alimentar do produto formulado.

### 5.2.1. Composição centesimal e energética

Conforme disposto na **Tabela 4**, a seguir, as amostras MCC (Massa de farinha de castanha cozida) e MCA (Massa de farinha castanha assada) obtiveram resultados significativamente sem diferença para todos os parâmetros, com exceção para o teor em **cinzas**, onde a primeira obteve o menor resultado dentre as três amostras ( $0,99 \pm 0,032$  g/100g p.f.). A amostra MCS (Massa de farinha de castanha seca) diferiu-se significativamente das demais avaliadas em todos os parâmetros, apresentando valores superiores para os teores em **proteínas** ( $10,26 \pm 0,15$  g/100g p.f.), **cinzas** ( $1,27 \pm 0,007$  g/100g p.f.), **lípidos** ( $4,59 \pm 0,058$  g/100g p.f.), bem como **valor energético** ( $417,87 \pm 0,32$  kcal/100g p.f.).

Para a **humidade**, encontrou-se teores variando entre  $21,07 \pm 1,74$  % para MCS e  $31,31 \pm 0,42$  % para MCC. Em comparação com a análise anterior das farinhas (média de 5,11%), observa-se em quase 4x o do teor em humidade da massa, justificado pela adição do ovo (líquido) à formulação das massas frescas.

Ainda pelos efeitos da adição do ovo, os teores em **proteínas** e **lípidos** das massas tiveram os seus valores acrescidos. Uma vez que o ingrediente citado é uma fonte de alto valor biológico de proteína, correspondendo a aproximadamente 20% das recomendações diárias de ingestão (RDA), e, também, de lípidos onde, conforme estudos anteriores, apresenta valores entre 11,2 e 8,9 g/100g de ovo inteiro (Aguiar et al., 2009). A farinha de trigo, também presente na formulação das massas, conforme Raczyk et al. (2021), possui conteúdo em proteína elevado ( $14,25$  g/100 p.f.), nomeadamente o glúten, que, em combinação com a farinha de castanha (*gluten-free*), possibilita a formação de massas mais coesas e estruturadas. Com base nisso, é justificável o incremento em mais de 30% no valor centesimal (g/100g p.f.) destes parâmetros, para as massas frescas, em relação à farinha.



Para os teores em **hidratos de carbono**, as amostras MCC ( $86,33 \pm 0,20$  g/100g p.f.) e MCA ( $85,92 \pm 0,20$  g/100g p.f.) apresentaram os maiores teores, sem diferença estatística entre si, já a amostra MCS obteve o menor valor ( $83,87 \pm 0,10$  g/100g). Em relação à **sacarose**, em todas as amostras de massa, foram observadas relevantes reduções quanto ao teor de sacarose em relação a farinha, de cerca de 35% para MCC, 72% para MCA e 63% para MCS, o que provavelmente explica a redução nos hidratos de carbono.

Em Moreira et al. (2012), num estudo sobre as propriedades de massas alimentícias a partir de farinha de castanha, verificou que a farinha de castanha, em relação a farinha de arroz e trigo integral, obteve o menor índice de hidratação. E o principal motivo foi o alto teor de sacarose. O incremento da sacarose reflete-se no retardamento do processo de gelatinização do amido, elevando sua temperatura inicial a  $70^{\circ}\text{C}$  e final a  $77^{\circ}\text{C}$  devido, principalmente, à competição entre o amido e a sacarose pela água disponível e a inibição da hidratação granular do amido (Lund, 1984). Indo ao encontro com os resultados obtidos no presente trabalho, amostras de farinha de castanha com maiores teores de sacarose obtiverem uma massa com menor teor de humidade.

Quanto ao **valor energético**, a principal diferença entre outras *nuts* é relativa à forma de armazenamento de energia da castanha, onde esta se faz pela composição de amido em vez de gordura. Nas massas, estatisticamente, apenas a amostra MCS diferiu (MCC  $414,77 \pm 0,91$  kcal/100g p.f. | MCC  $415,24 \pm 0,07$  kcal/100g p.f. | MCS  $417,87 \pm 0,32$  kcal/100g p.f.).

**Tabela 4** - Valor nutricional (g/100g p.f.<sup>1</sup>), valor energético (kcal/100g p.f.), composição em açúcares livres (g/100g p.f.) e ácidos gordos (percentagem relativa) das massas frescas de farinha de castanha: cozida (MCC), assada (MCA), seca (MCS).

Parâmetros	Amostras de massa fresca de farinha de castanha		
Valor Nutricional	MCC	MCA	MCS
Humidade	31,31 ± 0,42 <sup>b</sup>	28,87 ± 1,46 <sup>b</sup>	21,07 ± 1,74 <sup>a</sup>
Proteínas	8,92 ± 0,33 <sup>a</sup>	9,07 ± 0,18 <sup>a</sup>	10,26 ± 0,15 <sup>b</sup>
Cinzas	0,99 ± 0,032 <sup>a</sup>	1,09 ± 0,018 <sup>b</sup>	1,27 ± 0,007 <sup>c</sup>
Lípidos	3,75 ± 0,16 <sup>a</sup>	3,92 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,59 ± 0,058 <sup>b</sup>
Hidratos de Carbono	86,33 ± 0,20 <sup>b</sup>	85,92 ± 0,20 <sup>b</sup>	83,87 ± 0,10 <sup>a</sup>
Energia	414,77 ± 0,91 <sup>a</sup>	415,24 ± 0,07 <sup>a</sup>	417,87 ± 0,32 <sup>b</sup>
Açúcares Livres	MCC	MCA	MCS
Sacarose	8,98 ± 0,52 <sup>a</sup>	6,85 ± 0,14 <sup>a</sup>	9,06 ± 1,46 <sup>a</sup>
Ácidos Gordos	MCC	MCA	MCS
C6:0	nd <sup>2</sup>	nd	1,29 ± 0,005
C16:0	21,16 ± 0,008 <sup>a</sup>	23,22 ± 0,57 <sup>b</sup>	36,30 ± 0,054 <sup>c</sup>
C16:1	1,67 ± 0,0028 <sup>a</sup>	1,82 ± 0,081 <sup>a</sup>	2,13 ± 0,0071 <sup>b</sup>
C18:0	6,17 ± 0,005 <sup>a</sup>	6,05 ± 0,047 <sup>a</sup>	10,20 ± 0,013 <sup>b</sup>
C18:1n9c	33,15 ± 0,16 <sup>b</sup>	35,21 ± 0,019 <sup>a</sup>	42,69 ± 0,10 <sup>c</sup>
C18:2n6c	27,88 ± 0,017 <sup>b</sup>	28,41 ± 0,21 <sup>c</sup>	3,22 ± 0,0042 <sup>a</sup>
C18:3n3	3,11 ± 0,002 <sup>*</sup>	3,27 ± 0,001	tr <sup>3</sup>
C20:4n6	1,98 ± 0,018	1,80 ± 0,18	nd
C22:6	0,90 ± 0,0064 <sup>b</sup>	0,85 ± 0,061 <sup>b</sup>	0,091 ± 0,006 <sup>a</sup>
Total SFA <sup>4</sup>	28,36 ± 0,028 <sup>a</sup>	29,95 ± 0,58 <sup>b</sup>	50,92 ± 0,028 <sup>c</sup>
Total MUFA <sup>5</sup>	37,31 ± 0,021 <sup>b</sup>	35,38 ± 0,11 <sup>a</sup>	45,32 ± 0,071 <sup>c</sup>
Total PUFA <sup>6</sup>	34,33 ± 0,00 <sup>b</sup>	34,66 ± 0,47 <sup>b</sup>	3,76 ± 0,042 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> p.f.- peso fresco; <sup>2</sup> nd- Não detetado; <sup>3</sup> tr- traços (< 1%); <sup>4</sup> SFA- Ácidos gordos saturados; <sup>5</sup> MUFA- Ácidos gordos monoinsaturados; <sup>6</sup> PUFA- Ácidos gordos polinsaturados. Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão (n=2). Em cada fila, diferentes letras e asterisco (\*) correspondem a diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Ácido capríco (C6:0); Ácido palmítico (C16:0); Ácido palmitoleico (C16:1); Ácido esteárico (C18:0); Ácido oleico (C18:1n9c); Ácido linoleico (C18:2n6c); Ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3); Ácido araquidónico (C20:4n6); Ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (C22:6).

Para os **ácidos gordos**, individualmente foram identificados 24 ácidos gordos nas amostras de massa fresca de farinha de castanha, como na secção anterior, na **Tabela 4** estão dispostos apenas os compostos em predominância (com representação percentual superior a 1%). A amostra MCS, em relação a farinha de castanha, reduziu o seu teor em ácidos gordos saturados (SFA) e aumentou em ácidos gordos monoinsaturados (MUFA), principalmente pelo incremento em ácido oleico (C18:1n9c). Embora muito abaixo dos demais ácidos gordos da sua composição (% relativa), observa-se um ligeiro incremento no teor em PUFA (3,76%) da amostra em questão, possivelmente pela adição do ovo e incremento em ácido linoleico

(C18:2n6c). As mostras MCC e MCA obtiveram os maiores percentuais em ácidos gordos polinsaturados (PUFA), significativamente sem diferença, principalmente pelo contributo dos ácidos linoleico (C18:2n6c),  $\alpha$ -linolénico (C18:3n3) e araquidónico (C20:4n6). Os ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) são os responsáveis pelo percentual em SFA das amostras de massas, representando cerca de 50% dos ácidos gordos encontrados na amostra MCS. No geral, MCC e MCA apresentam a mesma divisão em saturados, mono e polinsaturados. Dall'Asta et al. (2013) também observou alguns valores para os ácidos gordos com a adição de farinha de castanha ao pão. É possível afirmar, portanto, que a castanha não acrescenta valor de lípidos ao produto, entretanto a qualidade da gordura presente torna-se interessante.

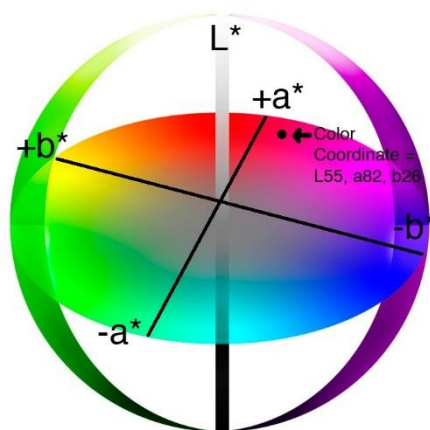
Um estudo desenvolvido por Altiner & Mete (2020), avaliando a incorporação da farinha de castanha em massa fresca em diferentes proporções em substituição a farinha trigo (0%-controlo; 5, 10, 20, 30 e 40%) e 50-57 ml de água, mostrou que o teor em cinzas e lípidos aumentam com a adição da farinha de castanha (1,35 - 1,84 % p.s. e 0,41 - 2,01% p.s.), respetivamente, assim como o teor em hidratos de carbono (70,42 - 75,58 % p.s.).

No estudo conduzido por Sacchetti et al. (2004), foi constatado que a farinha de castanha pode ser utilizada em snacks e produtos similares, e é adequada para produtos de extrusão. Além disso, a farinha de castanha foi identificada como um componente funcional potencial nesses produtos, sua adição em alimentos à base de cereais resultou em um aumento em teores nutricionais, tais como fibra alimentar, lisina, ácido  $\gamma$ -aminobutírico, vitaminas dos grupos E e B. Também os autores observaram melhorias em propriedades físicas, como textura, densidade e cor, bem como propriedades sensoriais dos produtos finais. Alinovi et al. (2023), verificou que a substituição de mistura *gluten-free* (contendo amido de milho, farinha de arroz, amido de tapioca, fibras de psyllium, goma de guar, hidroxipropilmetilcelulose, açúcar, sal e extrato de levedura) por farinha de castanha em massas resultou na redução na atividade de água e quantidade de água congelável, devido a uma interação mais forte entre as moléculas de água e os componentes da farinha de castanha, como açúcares, amidos e proteínas.

### 5.2.2. Cor

Relativamente à cor, verificaram-se alterações significativas nesta propriedade, entre todas as amostras de massa. Para melhor entendimento, a **Figura 22** ilustra os espaços de cor, coordenadas e seus valores. Na **Figura 23**, encontra-se os resultados do efeito da incorporação de 80% de farinhas de castanha, obtidas a partir de distintos procedimentos térmicos,

nomeadamente cozedura, assadura e secagem, na formulação de massa fresca nos parâmetros de cor (definido pelo sistema CIE Lab pelas coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ).

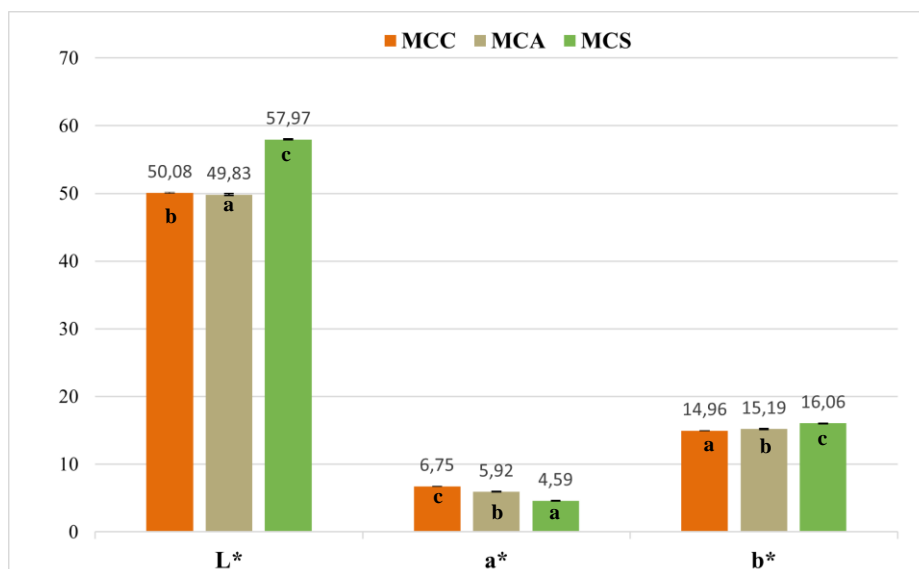


**Figura 22** - Representação ilustrativa do sistema CIE Lab de coordenadas de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .  
Fonte: (Gordon Pritchard, 2010).

Para o parâmetro de cor  $b^*$ , a coordenada que define azul como negativo e amarelo como valores positivos, nas amostras de massa, observou-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), porém ligeiras. Valores variando entre 14,96 para MCC e 16,06 para MCS, indicaram a presença da cor amarela nas massas ( $+b^*$ ). Quanto ao parâmetro de cor  $a^*$  (+ indica vermelho/ - indica verde), diferenças mais intensas foram encontradas, a amostra MCS obteve o menor valor (4,59), seguido de MCA (5,92) e MCC o maior valor (6,75). Ainda, para os canais de cores,  $a^*$  e  $b^*$ , quando em 0 (zero) absoluto irão representar valores verdadeiros de cinza neutro. Sendo assim, verificou-se que a aplicação dos procedimentos térmicos de cozedura e assadura à 200°C elevaram o vermelho nas massas ( $+a^*$ ), no entanto o procedimento de secagem a 50°C indicou cor mais próxima ao cinza ( $a^* = 0$ ).

Em relação à coordenada  $L^*$ , a amostra MCS obteve o maior valor (57,97), enquanto que as demais apresentaram ligeira distinção entre si ( $p < 0,05$ ), onde, para MCC observou-se o valor de 50,08 e para MCA o menor valor de 49,83. Sendo este parâmetro referente à luminosidade da amostra, variando de 100 (branco) a 0 (preto), verificou-se que o incremento da farinha de castanha originária do procedimento de secagem na formulação de massa fresca (MCS) resultou na amostra mais clara, e em contrapartida, o processo de assadura (MCA) originou a amostra de massa mais escura. Isso pode ser atribuído aos níveis mais altos de

açúcares na farinha de castanha, que em condições de calor (+180°C) participam nas reações de escurecimento e caramelização de Maillard.



**Figura 23** - Médias das coordenadas L\*, a\* e b\* da análise de cor das massas de farinha de castanha.

(MCC – massa de farinha de castanha cozida | MCA – massa de farinha de castanha assada | MCS – massa de farinha de castanha seca. Letras diferentes indicam valores significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ))

A cor é uma característica importante dos produtos alimentares, não só preferência do consumidor, mas também, depende das características físico-químicas da massa em processos que envolvem açúcares, teores de aminoácidos, temperatura de cozimento do forno, umidade relativa e pH (Esteller & Lannes, 2008).

Raczyk et al. (2021), observou que a incorporação de farinha de castanha e farinha de coco na produção de pães (5, 10, 15, 30 e 50 % p/p) tem efeito importante na cor final dos pães. Em relação ao pão controlo ( $L^* 66,89$  |  $a^* 3,06$  |  $b^* 21,91$ ), com 100% farinha de trigo, a adição da maior percentagem de farinha de castanha obteve pães mais escuros ( $L^* 52,18$ ) e pães mais claros a partir da farinha de coco ( $L^* 79,01$ ), bem como um aumento na cor vermelha ( $a^* 8,55$ ) e na cor amarela ( $b^* 16,48$  | inicialmente reduz, porém se eleva com a adição) para farinha de castanha e apositivamente com o incremento de farinha de coco, portanto, redução de  $a^*$  e  $b^*$  na amostra de pão. Embora tenham observado redução no volume dos pães produzidos, concluem ser um bom recurso para formulação de produtos saudáveis. O que vai de acordo com a investigação dos mesmos efeitos na produção de cookies, onde os valores de luminescência ( $L^*$ ) diminuíram, enquanto que os valores de vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b$ ) aumentaram. Além

disso, destacaram o aumento da dureza do produto pela nova formulação (Ljubica Dokić et al., 2014).



**Figura 24** - Análise colorimétrica em "massas frescas" incorporadas de farinhas de castanha: seca (MCS), assada (MCA) e cozida (MCC).

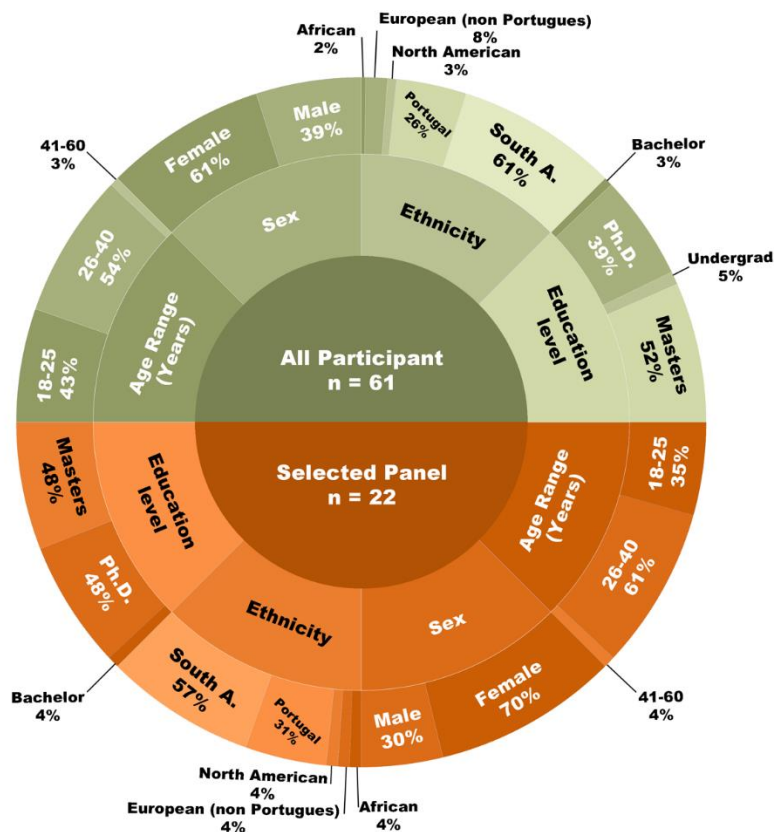
### 5.2.3. Análise sensorial

Para testar a aceitação da massa incorporada com farinha de castanha previamente submetida a um dos três diferentes tratamentos (cozida, assada, seca), foi elaborado um teste organolético dividido em duas etapas. A primeira etapa foi uma fase classificatória em que todos os participantes foram selecionados através de um teste de "percepção", enquanto a segunda parte foi um teste afetivo das diferentes massas adicionadas com as farinhas de castanha dos diferentes procedimentos térmicos. As preferências de compra foram avaliadas, assim como atributos específicos como aparência visual, sabor, aroma geral, textura, doçura e impressão global.

Os resultados obtidos foram registrados em um conjunto de dados, que após a limpeza das observações faltantes foi nomeado como "Pasta" com dimensão 61x39. Todas as análises e tratamentos subsequentes foram baseados neste conjunto de dados, começando com a descrição de todos os participantes, assim como o painel selecionado

Para a seleção do painel avaliador de intensidade de sabor de castanha, foram filtrados os casos em que os provadores descreveram, na primeira etapa, os seguintes critérios: na massa, eles notaram sabor de: "banana: sem sabor", "castanha: sabor intenso e leve", "amendoim, amêndoa e aveia: sabor leve", resultando em um subconjunto com dimensão 22x39 utilizado para a análise de intensidade de sabor. Os resultados processados compilados do teste

organolético total realizado na massa adicionada de farinha de castanha são resumidos na **Figura 25**. Do centro para a parte externa na metade superior, é mostrado o total de participantes após a remoção de valores ausentes e dados anormais, totalizando 61 participantes. Na metade inferior, é apresentado o painel selecionado para o teste de intensidade de sabor. No segundo círculo externo, é exibido o nome do atributo representativo dos participantes, enquanto no terceiro círculo externo, é exibida a percentagem numérica de cada atributo.



**Figura 25** - Descrição dos participantes na análise sensorial (parte superior) e do painel selecionado para teste de intensidade de sabor (parte inferior).

### 5.2.3.1. Avaliação da intensidade de sabor de castanha

A avaliação da intensidade do sabor de castanha nas massas incorporadas com os diferentes procedimentos de fabrico foi realizada apenas pelo painel selecionado descrito acima, para o qual as respostas categóricas foram recodificadas e, em seguida, foi aplicado o teste estatístico não paramétrico de Fisher para comparação múltipla, uma vez que um dos valores na tabela de contingência era menor que 5, tornando impossível o uso do teste qui-quadrado. Enquanto isso, o teste de post hoc de Wilcoxon foi utilizado para encontrar as

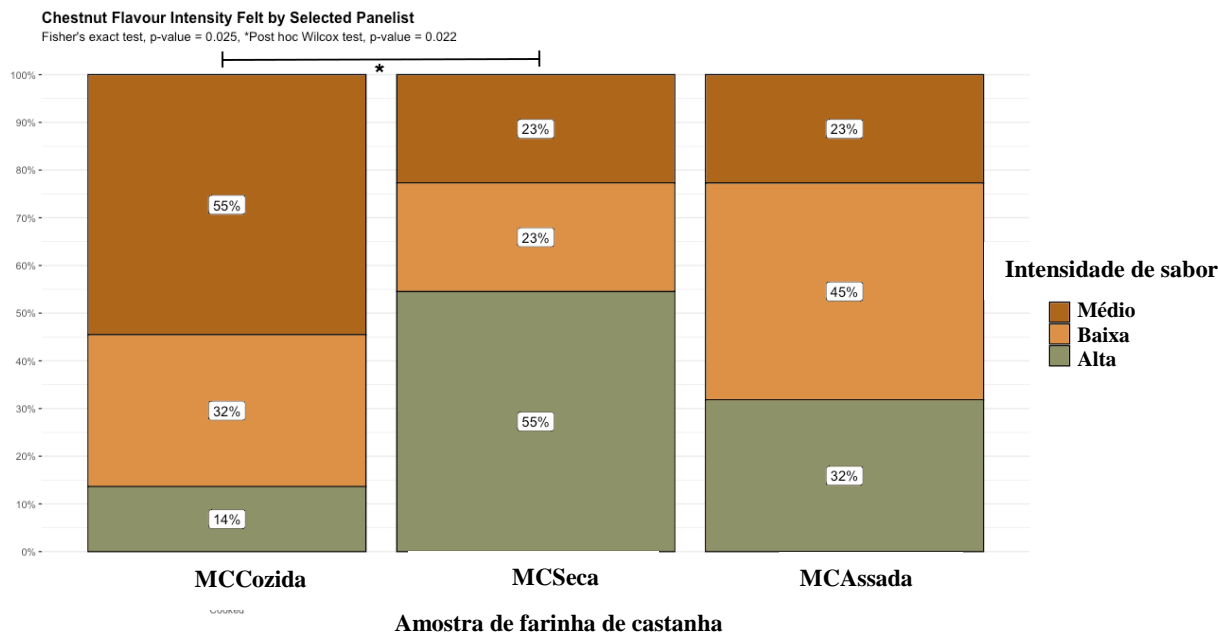
diferenças entre os 2 grupos. A manipulação do conjunto de dados, o tratamento estatístico e as representações visuais foram realizadas no R Studio 2023.03.0+386.

É interessante observar que, para o painel selecionado, foram identificadas algumas mudanças sutis nas percentagens. Basicamente, as mulheres (+9% em relação à participação global) na faixa etária de 26 a 40 anos (+7%), tanto de Portugal (+5%) quanto da África (+2%), foram as mais prováveis de serem selecionadas, o que, em termos gerais, as credenciou como melhores avaliadoras para este teste específico. O teste sensorial foi realizado dentro de uma universidade, portanto, a população amostral apresentou altos níveis de educação superior e era relativamente jovem.

A **Figura 26** resume a análise realizada, exibindo em formato de gráfico de barras empilhadas a percentagem cumulativa das respostas coletadas. As perguntas feitas painel provador visavam avaliar a intensidade percebida da farinha de castanha na massa, e cada tratamento com codificação diferente só poderia receber uma das três opções de resposta: "Baixa", "Média" ou "Alta" intensidade. Pelo teste exato de Fisher foi observado diferenças significativas dentro as amostras, o que revela que a intensidade sentida pelos provadores nas massas com diferentes tratamentos não se deve ao acaso ou aleatoriedade.

Neste estudo em particular, o resultado esperado foi selecionar a massa com a maior intensidade sentida, e como o teste estatístico foi significativo, então o teste post hoc de Wilcox foi realizado dentro de cada par de massas de farinhas de castanhas, apresentando apenas diferenças significativas dentro dos tratamentos "cozidos (MCC) e secos (MCS)", mostrando que a diferença de alta intensidade nas amostras secas se deve ao tratamento e não à aleatoriedade, portanto, para se obter maior sabor de intensidade de castanha na massa adicionada, o tratamento seco seria a escolha ideal.





**Figura 26** - Percentagem cumulativa das respostas obtidas no teste de intensidade de sabor de castanha.

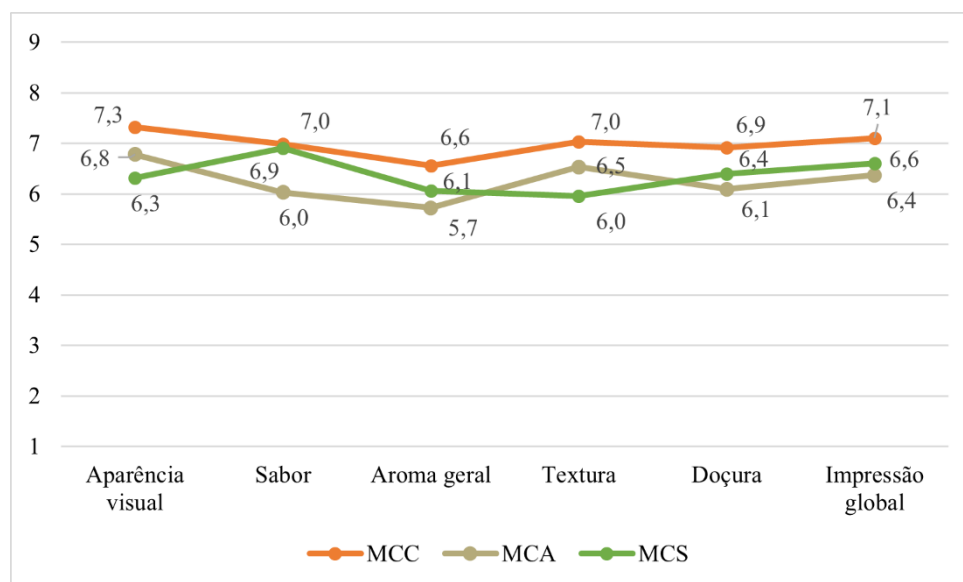
### 5.2.3.2. Descrição da percepção global

A **Figura 27** apresenta as médias dos *escores* atribuídos pelo painel provador pelo teste afetivo das três massas frescas incorporadas de farinha de castanha. Nesta etapa da análise sensorial, todos os participantes (61 pessoas) tiveram suas notas computadas.

Os valores dos *escores* médios variaram de 5,7 a 7,3, situando-se na escala do teste de aceitação de “indiferente” a “gostei muito”. No geral, a amostra MCC obteve os maiores *escores* em todos os atributos, onde observa-se uma variação na sua média de 6,6 a 7,3, situando-se, assim, na escala de aceitação de “gostei moderadamente” a “gostei muito”. Respetivamente, os atributos “aparência visual” e “aroma geral” obtiveram as maiores e menores médias de *escores*, dentre as três amostras. Onde, a amostra MCS obteve o menor valor para o atributo “aparência” (6,3), configurando “gostei ligeiramente” na escala de aceitação. O que, provavelmente, o critério “textura” possa ter influenciado no *score* mencionado anteriormente, já que nesta última a referida amostra recebeu o menor valor dentre as demais.

Para o atributo “sabor”, observa-se uma variação na média das amostras de 6,0 para MCA, 6,9 para MCS e 7,0 para MCC. Quanto a isso, pode-se atribuir uma relação ao teste realizado anteriormente, de “intensidade de sabor de castanha”, onde as duas amostras com maior *score* foram as responsáveis pelas maiores percentagens em “sabor intenso” ou “sabor

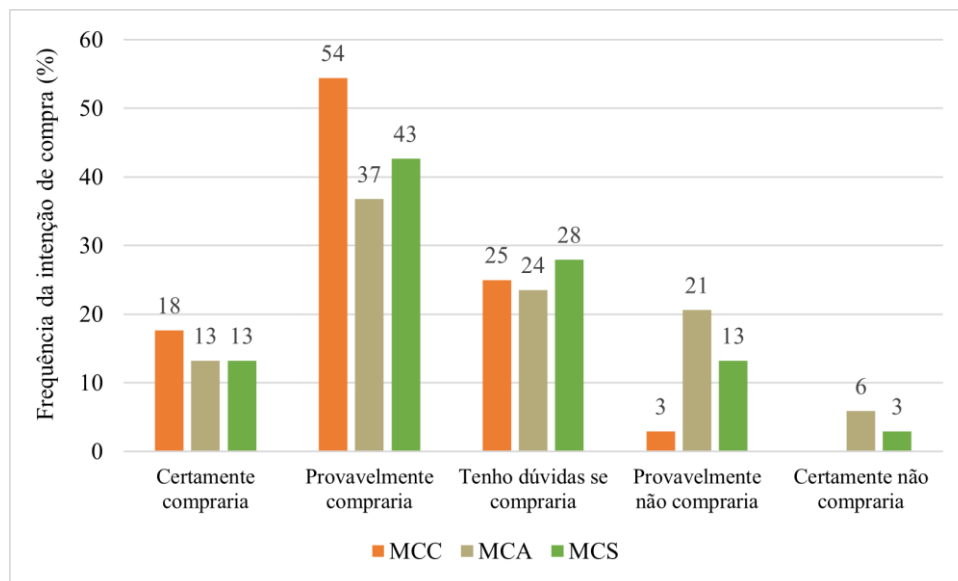
mediano” de castanha nas massas. A amostra MCA obteve o menor *score* em quatro de seis critérios em julgamento, sendo eles “sabor”, “aroma geral”, “doçura” e “impressão global”, onde os valores médios variaram de 5,7 (“gostei ligeiramente”) a 6,4 (“gostei moderadamente”).



**Figura 27** - Médias dos escores dos atributos sensoriais pelo teste afetivo das massas fresca de farinha de castanha (cozida, assada e seca).

De acordo com o estudo de Torra et al. (2021), ao avaliar sensorialmente diferentes formulações de biscoitos incorporando farinha de castanha e farinha de grão-de-bico, foram obtidos valores médios variando entre 5,0 e 7,0 na escala hedônica de 9 pontos. Observou-se que o uso de baixas porcentagens (25%) de farinha de castanha mascarou o sabor da farinha de grão-de-bico, melhorando a aceitabilidade do biscoito sem alterar significativamente a reologia da massa, as dimensões do biscoito, a dureza ou a leveza. Sabe-se que as farinhas de leguminosas podem ter um efeito negativo na aceitabilidade de produtos alimentares devido a sabores indesejados, o que pode ser reduzido aumentando a quantidade de açúcar ou adicionando sabores na formulação (Roland et al., 2017). A incorporação de farinha de castanha ajuda a produzir esse efeito devido ao seu alto teor de açúcar e perfil de sabor.

A **Figura 28** apresenta a intenção de compra dos 61 julgadores das três massas fresca incorporadas de farinha de castanha, obtidas pelos procedimentos de cozedura, assadura e secagem.



**Figura 28** - Intenção de compra das amostras de massa fresca de farinha de castanha (cozida, assada e seca).

Analisando os resultados obtidos no teste de intenção de compra, figura anterior, observa-se que somando as intenções descritas como “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, a amostra MCC obteve cerca de 72% das intenções, em seguida, as mostras MCS e MCA com 56 e 50% das intenções, respetivamente. Logo, devido a intenções superiores a 50%, pode-se inferir que o produto desenvolvido tem com potencial no mercado.

## **6. CONCLUSÃO**

Com base nos parâmetros analisados, especialmente em relação ao valor nutricional das farinhas de castanha (FCC - farinha de castanha cozida, FCA - farinha de castanha assada e FCS - farinha de castanha seca), foi observado que os hidratos de carbono foram os macronutrientes mais abundantes, seguidos pelas proteínas e lípidos. Com base em cada procedimento térmico aplicado, certas alterações puderam ser percebidas. Embora sem diferenças significativas no teor em lípidos nas amostras de farinha, FCC apresentou o maior percentual de ácidos gordos polinsaturados em comparação com as outras amostras. Em relação ao teor em proteína e teor em sacarose, a amostra FCS obteve os maiores valores.

No que se refere ao perfil volátil, foram identificados 66 compostos voláteis nas farinhas de castanha analisadas, sendo a amostra FCS a que apresentou a maior quantidade de compostos característicos de sabor, como o hexanal, heptanal e 1-Octen-3-ol. A incorporação da farinha de castanha no produto alimentar resultou em um produto com alto valor nutricional em comparação com outras matrizes sem glúten, especialmente devido à sua composição rica em amido e sacarose, que além de conferir sabor, também possui potencial para uso na indústria alimentícia. Com base nos testes sensoriais aplicados, concluiu-se que a aplicação de diferentes procedimentos, como torrefação, cozimento e secagem, na produção da farinha de castanha possibilitará a obtenção de produtos com diferenças significativas em sabor e/ou composição nutricional.

Esses dados contribuem para o conhecimento das características nutricionais e compostos voláteis das farinhas de castanha produzidas com diferentes procedimentos térmicos, destacando suas potenciais aplicações na indústria alimentícia. Essas informações podem ser utilizadas para o desenvolvimento de produtos alimentares mais saudáveis e nutritivos, que podem ser relevantes para a aplicação em produtos alimentares e o desenvolvimento de novos sabores e aromas, bem como para a promoção do consumo de alimentos com alto valor nutricional.

Como perspectivas futuras, é desejável investigar a adição de farinha de castanha em outras formulações alimentares, bem como examinar outras propriedades da farinha de castanha, como suas propriedades reológicas e bioativas. Também é importante investigar possíveis melhorias nas amostras descritas no presente trabalho, uma vez que algumas amostras apresentaram potencial nutricional e volátil significativo, mas não apresentaram o mesmo desempenho em critérios sensoriais, como textura, por exemplo, a farinha de castanha seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, M. dos S., Zaffari, S., & Hubscher, G. H. (2009). *O ovo e sua contribuição na saúde humana* [Monografia]. Universidade Cruzeiro do Sul.
- Alinovi, M., Paciulli, M., Rinaldi, M., Barbanti, D., & Chiavaro, E. (2023). Effect of chestnut flour fortification on physico-chemical characteristics of gluten-free fresh pasta. *International Journal of Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16309>
- Almeida, J. D., Araújo, P. v., Lourenço, J. L., Clamote, F., Carapeto, A., Portela-Pereira, E., Monteiro-Henriques, T., & Holvoak, D. T. (2022). *Castanea sativa Mill. - mapa de distribuição*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wCastanea+sativa>
- Altiner, D. D., & Mete, M. (2020). An investigation of the effect of chestnut flour additive on the nutritional and quality properties of noodle. *GIDA / THE JOURNAL OF FOOD*, 1061–1072. <https://doi.org/10.15237/gida.gd20083>
- Amorini, E., Manetti, M. C., Turchetti, T., Sansotta, A., & Villani, F. (2001). Impact of silvicultural system on *Cryphonectria parasitica* incidence and on genetic variability in a chestnut coppice in Central Italy. *Forest Ecology and Management*, 142(1–3), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00337-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00337-6)
- Anjos, M. R. A. F. (2003). *Caracterização de populações de castanheiro (Castanea spp.) resistentes e suscetíveis à doença da tinta: uma abordagem polifásica* [Dissertação de Doutoramento em Engenharia Biológica]. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC international* (20th ed.). Association of Official Analytical Chemists International.
- Barros, L., Pereira, E., Calhelha, R. C., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1732–1740. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.07.019>
- Bayraktar, D., & Onoğur, T. A. (2011). Investigation of the aroma impact volatiles in Turkish pine honey samples produced in Marmaris, Datça and Fethiye regions by

- SPME/GC/MS technique. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(5), 1060–1065. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02588.x>
- Bento, A., & Ribeiro, A. C. (2020). *Manual de boas práticas do castanheiro* (2nd ed.). Comunidade Intermunicipal das Terras de Trás-os-Montes.
- 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>
- Botelho, F. de S. (2012). *Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho* [Dissertação de Mestrado em Ciências Gastronómicas]. ISA/UTL.
- Botha, G. E., Oliveira, J. C., & Ahrné, L. (2012). Quality optimisation of combined osmotic dehydration and microwave assisted air drying of pineapple using constant power emission. *Food and Bioprocess Processing*, 90(2), 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.02.006>
- Breisch, H. (1993). Harvesting, storage and processing of chestnuts in France and Italy. *Proceedings of the International Congress on Chestnut*, 429–436.
- Breisch, H. (1995). *Châtaignes et marrons* [Monografia]. Centre Technique Interprofessionnel des fruits et légumes.
- Brito, D. C. D. de. (2014). *Produção de novos porta-enxertos híbridos para castanheiro. Caracterização ecofisiológica da geração F1*. [Dissertação de Mestrado em Bioquímica]. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- 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 (Switzerland)*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/app11146617>
- Bueno, S. C. S., & Pio, R. (2014). Castanha tipo portuguesa no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 16–22. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-442/13>
- Bueno, S. C. S., & Pio, R. (2018). *Castanha Tipo Portuguesa*.
- Chang, C.-Y., Seitz, L. M., & Chambers IV, E. (1995). Volatile Flavor Components of Breads Made from Hard Red Winter Wheat and Hard White Winter Wheat. *Cereal Chemistry*, 72(3), 237–242.

- Chenlo, F., Moreira, R., Pereira, G., & Silva, C. C. (2007). Evaluation of the rheological behaviour of chestnut (*Castanea sativa* mill) flour pastes as function of water content and temperature. *Electron J Environ Agric Food Chem*, 6(2), 1794–1802.
- Cirlini, M., Dall’Asta, C., Silvanini, A., Beghè, D., Fabbri, A., Galaverna, G., & Ganino, T. (2012). Volatile fingerprinting of chestnut flours from traditional Emilia Romagna (Italy) cultivars. *Food Chemistry*, 134(2), 662–668. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.151>
- Coelho, A. (2021, October 26). *Magusto: a festa da castanha*. EscapaRuralMag. <https://www.escapadarural.pt/blog/magusto-a-festa-da-castanha/>
- Conedera, M., Tinner, W., Krebs, P., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Castanea sativa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, & A. Mauri (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species* (pp. 78–79). Publication Ofce of the European Union.
- Correia, P., Leitão, A., & Beirão-da-Costa, M. L. (2009). The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnuts flours. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.040>
- Costa, R. L. (2021). *Manual de Boas Práticas de Fruticultura: castanheiro* (6º fascículo). Revista Frutas Legumes e Flores. [https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros-manuais/manual\\_de\\_fruticultura\\_castanheiro.pdf](https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros-manuais/manual_de_fruticultura_castanheiro.pdf)
- Costa, R., Ribeiro, C., Valdivieso, T., Afonso, S., Borges, O., Soeiro, J., & Lima, M. J. (2008). *Projecto Agro 448: Variedades de Castanha das Regiões Centro e Norte de Portugal*.
- 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), 233–239. <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. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 90, Issue 10, pp. 1578–1589). <https://doi.org/10.1002/jsfa.4016>

- Delgado, T., Pereira, J. A., Baptista, P., Casal, S., & Ramalhosa, E. (2014). Shell's influence on drying kinetics, color and volumetric shrinkage of castanea sativa Mill.fruits. *Food Research International*, 55, 426–435.
- Demiate, I. M., Oetterer, M., & Wosiacki, G. (2001). Characterization of chestnut (Castanea sativa, mill) starch for industrial utilization. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44(1), 69–78. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132001000100010>
- Demirkesen, I., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S., & Hamaker, B. R. (2014). A Study on Staling Characteristics of Gluten-Free Breads Prepared with Chestnut and Rice Flours. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 806–820. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1099-3>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.07.017>
- Desmaison A.M., & Adrian J. (1986). La place de la châtaigne en alimentation. *Medicine et Nutrition*, 22(3), 174–180.
- Dias, L. G., Hacke, A., Bergara, S. F., Villela, O. V., Mariutti, L. R. B., & Bragagnolo, N. (2021). Identification of volatiles and odor-active compounds of aromatic rice by OSME analysis and SPME/GC-MS. *Food Research International*, 142, 110206. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110206>
- Engel, B., Bacchar, N. D. M., Marquardt, L., de Oliveira, M. S. R., & Rohlfes, A. L. B. (2016). Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. *Revista Jovens Pesquisadores*, 6(1). <https://doi.org/10.17058/rjp.v6i1.7345>
- Esteller, M. S., & Lannes, S. C. S. (2008). Production and characterization of sponge dough bread using scalded rye. *Journal of Texture Studies*, 39(1), 56–67.
- FAOSTAT. (2020a). *Crops and livestock products*. FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- FAOSTAT. (2020b). *Rankings: Countries by commodity*. FAO. [https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)
- Ferrão, T. dos S. (2012). *Compostos voláteis e parâmetros de qualidade de diferentes genótipos de frutos de butia odorata* [Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos]. Universidade Federal de Santa Maria.



- Forum Florestal. (n.d.). *Estudo Económico de Desenvolvimento da Fileira da Castanha*. <https://projects.inia.pt/NewCastRootstocks/images/Relatorio-Global-Castanha.pdf#:~:text=O%20Estudo%20Econ%C3%B3mico%20de%20Desenvolvimento%20da%20Fileira%20da,fileira%20da%20castanha%20e%20compreender%20a%20sua%20rentabilidade>.
- Franco, M. R. B., & Janzantti, N. S. (2004). Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In M. R. B. Franco (Ed.), *Aroma e sabor de alimentos: temas atuais* (pp. 17–28). Livraria Varela.
- Freitas J.B., & Naves M.M.V. (2011). Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a saúde. *Revista de Nutrição*, 23(2), 269–279.
- García, Y. M., Lemos, E. E. P. de, Ramos, A. L. C. C., Reina, L. D. C. B., Oliveira, A. F. de, Paula, A. C. C. F. F. de, Melo, A. C. de, Augusti, R., Araújo, R. L. B. de, & Melo, J. O. F. (2021). Extração e análise de compostos orgânicos voláteis por SPME-HS e GC-MS – Um breve referencial teórico. In *Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil* (Vol. 1, pp. 68–83). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/210504640>
- Gomes-Laranjo, J., Ferreira-Cardoso, J., Portela, E., & Abreu, C. G. (2007). *Castanheiros* (Programa Agro 499). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Gonçalves, B., Borges, O., Costa, H. S., Bennett, R., Santos, M., & Silva, A. P. (2010). Metabolite composition of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) upon cooking: Proximate analysis, fibre, organic acids and phenolics. *Food Chemistry*, 122(1), 154–160. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.02.032>
- Gonçalves, B., Borges, O., Rosa, E., Coutinho, J., & Silva, A. P. (2012). Effect of cooking on free amino acid and mineral profiles of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Fruits*, 67(3), 201–214. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012013>
- Gordon Pritchard. (2010, April 21). *Tolerancing color in presswork - CIE L\*a\*b\* and Delta E*. The Print Guide.
- Guiné, R. P. F., Pinho, S., & Barroca, M. J. (2011). Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Food and Bioproducts Processing*, 89, 422–428.
- Henriques, A. dos S. (2015). *Contributo para o Estudo da Produtividade do Castanheiro “Martainha” em Penela da Beira (DOP ‘Soutos da Lapa’)* [Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica]. Instituto Politécnico de Castelo Branco.

- INE. (2021, March 21). *Base de Dados*.  
[https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados&contexto=bd&selTab=tab2)
- Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2017). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology (Brazil)*, 37(4), 604–612.  
<https://doi.org/10.1590/1678-457x.28316>
- Junior, S. A. de C. (2020). *Produção de pães hipermacios com farinha de Castanea sativa Mill. para re-des de fast-food* [Dissertação de Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar]. Instituto Politécnico de Viseu.
- Korel, F., & Balaban, M. Ö. (2009). Chemical composition and health aspects of chestnut (*Castanea* spp.). In C. Alasalvar & F. Shahidi (Eds.), *ree nuts: composition, phytochemicals, and health effects*. Boca Raton: CRC Press.
- Krist, S., Unterweger, H., Bandion, F., & Buchbauer, G. (2004). Volatile compound analysis of SPME headspace and extract samples from roasted Italian chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) using GC-MS. *European Food Research and Technology*, 219(5), 470–473. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0983-5>
- Lang, P., Dane, F., Kubisiak, T., & Huang, H. (2007). Molecular evidence for an Asian origin and a unique westward migration of species in the genus *Castanea* via Europe to North America. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43, 49–59.
- Larbi, S. (2020). *Differentiation of bee pollen origin through phenolic and volatile profiles* [Dissertação de Mestrado em Engenharia Biotecnológica]. Instituto Politécnico de Bragança.
- Li, Q., Shi, X., Zhao, Q., Cui, Y., Ouyang, J., & Xu, F. (2016). Effect of cooking methods on nutritional quality and volatile compounds of Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume). *Food Chemistry*, 201, 80–86.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.068>
- Lindsay, R. C. (2019). Sabor. In S. Damodaran & K. L. Parkin (Eds.), *Química de Alimentos de Fennema* (5th ed., pp. 749–797). ARTMED EDITORA LTDA.
- Littardi, P., Paciulli, M., Carini, E., Rinaldi, M., Rodolfi, M., & Chiavaro, E. (2020). Quality evaluation of chestnut flour addition on fresh pasta. *LWT*, 126.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109303>

- Liu, Y., Cadwallader, D. C., & Drake, M. (2023). Identification of predominant aroma components of dried pea protein concentrates and isolates. *Food Chemistry*, 406, 134998. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134998>
- Ljubica Dokić, Ivana Nikolić, Dragana Šoronja–Simović, Biljana Pajin, & Nils Juul. (2014). Sensory Characterization of Cookies with Chestnut Flour . *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 8(5), 416–419.
- Lopes, N. do N. (2018). *A vespa das galhas dos castanheiros - relação com os parâmetros ambientais* [Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente]. Universidade Nova de Lisboa.
- Lund, D. (1984). Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 20, 249–273.
- Maarse, H. (1991). *Volatile Compounds in Food and Beverages*. Marcel Dekker.
- Matos, A. (2006). *A comercialização da castanha (VII)*.
- Matos, A. M. v. (2003). *O Sistema De Comercialização De Castanha Da Terra Fria Transmontana E Sua Cadeia De Valor* [Dissertação de Mestrado em Instrumentos de Técnicas de Apoio ao Desenvolvimento Rural]. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Melgarejo, P., Salazar, D. M., & Artés, F. (2000). Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *European Food Research and Technology*, 211(3), 185–190. <https://doi.org/10.1007/s002170050021>
- Mellano, M. G., Beccaro, G. L., Donno, D., Marinoni, D. T., Boccacci, P., Canterino, S., Cerutti, A. K., & Bounous, G. (2012). Castanea spp. biodiversity conservation: Collection and characterization of the genetic diversity of an endangered species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8), 1727–1741. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9794-x>
- Míguez Bernárdez, M. M., De la Montaña Miguélez, J., & García Queijeiro, J. (2004). HPLC determination of sugars in varieties of chestnut fruits from Galicia (Spain). *J. Food Compos. Anal.*, 17, 63–67.
- Decreto-lei 65/92, de 23 de Abril, Pub. L. No. Diário da República n.º 95/1992, Série I-A (1992).

- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D., & Prieto, D. M. (2012). Technological Assessment of Chestnut Flour Doughs Regarding to Doughs from Other Commercial Flours and Formulations. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2301–2310. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0524-8>
- Morini, G., & Maga, J. A. (1995). Volatile compounds in roasted and boiled Chinese chestnuts (*Castanea molissima*). *LWT - Food Science and Technology*, 28(6), 638–640. [https://doi.org/10.1016/0023-6438\(95\)90014-4](https://doi.org/10.1016/0023-6438(95)90014-4)
- Motevali, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M. H., & Amirnejat, H. (2011). Comparison of energy consumption and specific energy requirements of different methods for drying mushroom slices. *Energy*, 36(11), 6433–6441. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.024>
- Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A. Z., Sokół-Łętowska, A., & Biesiada, A. (2009). Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*, 94(1), 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.02.025>
- Parker, R. (2003). *Introduction to food science*. Thomson Learning.
- Pereira, A. S., & Aquino Neto, F. R. (2000). Estudo da arte da cromatografia gasosa de alta resolução. *Química Nova*, 23(3), 370–379.
- Pereira-Lorenzo, S., Costa, R. M. L., Ramos-Cabrer, A. M., Ribeiro, C. A. M., da Silva, M. F. S., Manzano, G., & Barreneche, T. (2010). Variation in grafted European chestnut and hybrids by microsatellites reveals two main origins in the Iberian Peninsula. *Tree Genetics & Genomes*, 6(5), 701–715. <https://doi.org/10.1007/s11295-010-0285-y>
- Pino, J. A., & Quijano, C. E. (2012). Study of the volatile compounds from plum (*Prunus domestica* L. cv. Horvin) and estimation of their contribution to the fruit aroma. *Food Science and Technology*, 32(1), 76–83. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000006>
- Pires, C. R. F., de Lima, J. P., Nassur, R. de C. R., Lima, L. C. de O., & Vilas Boas, E. V. de B. (2013). Caracterização do perfil volátil de abóboras comerciais brasileiras (*Curcubita* spp.) utilizando HS/SPME e GC/MS. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer*, 9(17), 597–609.

- Pombo, D. A., & Aguiar, A. M. F. (2018). *A cultura do castanheiro na Madeira: Manual Prático* (D. A. Pombo & A. M. F. Aguiar, Eds.; 1st ed.). Universidade da Madeira.
- Pontes, A. C. B. (2018). *Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas* [Dissertação de Mestrado em Ciências Gastrónomicas]. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Portaria n.º 254/2003. Diário da República n.º 66 — 19 de Março de 2003, Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. (2003).
- Queiroga, R. de C. R. do E. (2004). *Caracterização nutricional, microbiológica, sensorial e aromática do leite de cabras SAANEN, em função do manejo do rebanho, higiene da ordenha e fase de lactação* [Tese de Doutoramento em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco].  
[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/9011/1/arquivo8861\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/9011/1/arquivo8861_1.pdf)
- 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(15), 4641.  
<https://doi.org/10.3390/molecules26154641>
- Ramos, S. A., Silva, M. R., Siuves, I. O., Carvalho, M. L. V. G. M. de, Dias, C. N., Augusti, R., Melo, J. O. F., & Capobianco, M. (2021). Desenvolvimento e caracterização do perfil de compostos voláteis de casquinha de sorvete produzida com farinha da casca e amêndoa de manga Tommy Atkins. *Research, Society and Development*, 10(3).  
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13006>
- Ribeiro, B., Rangel, J., Valentão, P., Andrade, P. B., Pereira, J. A., Bölke, H., & Seabra, R. M. (2007). Organic acids in two Portuguese chestnut (*Castanea sativa* Miller) varieties. *Food Chemistry*, 100(2), 504–508.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.073>
- Rojas S, M., Chejne, F., Ciro, H., & Montoya, J. (2020). Roasting impact on the chemical and physical structure of Criollo cocoa variety (*Theobroma cacao* L). *Journal of Food Process Engineering*, 43(6). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13400>
- Roland, W. S. U., Pouvreau, L., Curran, J., van de Velde, F., & de Kok, P. M. T. (2017). Flavor Aspects of Pulse Ingredients. *Cereal Chemistry Journal*, 94(1), 58–65.  
<https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>

- Sacchetti, G., Pinnavaia, G. G., Guidolin, E., & Dalla-Rosa, M. (2004). Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. *Food Research International*, *37*, 527–534.
- Silva, A. B. S., Silva, E. G., Rigo, L., Oliveira, M. P., Loss, R. A., Guedes, S. F., de Paula, J. M., & Queli Geraldi, C. A. (2021). Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, *14*(10). <https://doi.org/10.36560/141020211424>
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R. M., & Ferreira, M. A. (2004). Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Fruit (Pulp, Peel, and Seed) and Jam: Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(15), 4705–4712. <https://doi.org/10.1021/jf040057v>
- Silva, M. R., Bueno, G. H., Araújo, R. L. B., Lacerda, I. C. A., Freitas, L. G., Morais, H. A., Augusti, R., & Melo, J. O. F. (2019). Evaluation of the Influence of Extraction Conditions on the Isolation and Identification of Volatile Compounds from Cagaita (*Eugenia dysenterica*) using HS-SPME/GC-MS. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *30*(2), 379–387. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20180187>
- Šoronja-Simović, D., Pajin, B., Šubarić, D., Dokić, L., Šereš, Z., & Nikolić, I. (2017). Quality, Sensory and Nutritional Characteristics of Cookies Fortified with Chestnut Flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1), e12887. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12887>
- Sykut-Domańska, E., Zarzycki, P., Sobota, A., Teterycz, D., Wirkijowska, A., Blicharz-Kania, A., Andrejko, D., & Mazurkiewicz, J. (2020). The potential use of by-products from coconut industry for production of pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(7). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14490>
- Taylor, A. J., & Linfoth, R. S. T. (2010). *Food flavour technology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell Publishing Ltd.
- Torra, M., Belorio, M., Ayuso, M., Caroch, M., Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., & Gómez, M. (2021). Chickpea and chestnut flours as non-gluten alternatives in cookies. *Foods*, *10*(5). <https://doi.org/10.3390/foods10050911>
- Zhu, F. (2016). Effect of Processing on Quality Attributes of Chestnut. *Food and Bioprocess Technology*, *9*(9), 1429–1443. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1749-3>

## ANEXOS

ANEXOS I - Ficha do teste de percepção, primeira etapa da análise sensorial das massas de farinha de castanha.

### TESTE DE PERCEÇÃO

Você está recebendo 1 amostra de Massa Fresca codificada juntamente com 5 ingredientes codificados aleatoriamente. Por favor, prove, da direita para esquerda, cada ingrediente e 1 porção da massa e nos diga em uma escala de 0 ("Não sinto este sabor"), 1 ("Sinto este sabor e é leve") e 2 ("Sinto este sabor e é intenso") se identifica o sabor do ingrediente na amostra de massa disponível a sua frente.  
**\*Obrigatório:** a cada ingrediente e massa provado, beber um gole de água.

#### Massa código 355 \*

0 ("Não sinto este sabor") 1 ("Sinto este sabor e é l... 2 ("Sinto este sabor e é i...

882	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
728	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
643	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
379	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
231	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANEXOS II - Fichas de teste afetivo e intenção de compra, segunda etapa da análise sensorial das massas de farinha de castanha

**TESTE AFETIVO**

Dentre as 3 amostras de Massa Fresca apresentadas, preencha os campos abaixo considerando o seu **grau de satisfação** nos quesitos apresentados a seguir, segundo os critérios de avaliação de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente):

Resposta código 340 \*

	9 Gostei extremamente	8 Gostei muito	7 Gostei moderadamente	6 Gostei ligeiramente	5 Indiferente	4 Desgostei ligeiramente
Aparência visual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aroma geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Doçura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impressão global	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

◀ ▶

**Compraria este produto (amostra 340)? \***

- Certamente compraria
- Provavelmente compraria
- Tenho dúvidas se compraria
- Provavelmente não compraria
- Certamente não compraria