**Universidade do Minho**
Escola de Engenharia

Maria Rita Rodrigues Dias

# Efeito da adição de fibra de ervilha ao recheio de rissóis de carne

outubro de 2019

Efeito da adição de fibra de ervilha ao recheio de rissóis de carne

Mário Rui Costa Azevedo

UMinho | 2019

**Universidade do Minho**
Escola de Engenharia

Maria Rita Rodrigues Dias

# Efeito da adição de fibra de ervilha ao recheio de rissóis de carne

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação do
**Professor José Maria Marques Oliveira António Novais**

outubro de 2019

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual**
**CC BY-NC-SA**

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

# AGRADECIMENTOS

Queria agradecer a todos aqueles que me apoiaram na realização desta dissertação e que me ajudaram a manter o foco, acreditando na minha capacidade e esforço.

Ao Prof. José Maria Oliveira pela sua orientação, disponibilidade e ajuda.

Ao Sr. António Novais pela oportunidade.

Ao Eng. Eduardo Martins pelo apoio, pela partilha de conhecimentos e pelo acompanhamento necessário ao longo do estágio.

Às funcionárias da A.R. Novais, Lda. pela simpatia e pela cooperação sempre que foi necessário.

Aos meus colegas pela partilha de conhecimentos e experiências.

Ao João, ao Tiago e ao Sérgio que me acompanharam durante esta fase, pela troca de ideias, pela força e pelo apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos, Cristina, Joana e Pedro, pela amizade, pelos momentos divertidos, pelo companheirismo e pelas palavras de motivação.

Aos meus pais e ao meu tio, pelo exemplo que são, pelo incentivo, apoio e paciência que sempre demonstraram e pela ajuda a superar as dificuldades que surgiram nesta etapa académica.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

# Efeito da adição de fibra de ervilha ao recheio de rissóis de carne

## RESUMO

Ao longo dos últimos anos, devido aos novos padrões de consumo e ao aumento da competição no mercado dos produtos alimentares, surgiu a necessidade das empresas melhorarem os seus produtos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de diferentes conteúdos em fibra de ervilha (FE) ao recheio de rissóis de carne, nas suas propriedades químicas e sensoriais, a fim de conseguir melhorias no produto. Para o efeito, foram produzidas quatro amostras com diferentes conteúdos de FE adicionada, nomeadamente E1 com 0 % de FE (amostra controlo) e E2, E3 e E4 com 1 %, 1,5 % e 3 % de FE adicionada, respetivamente.

Inicialmente, realizou-se uma análise química das amostras produzidas que recaiu sobre os teores em humidade, lípidos, proteínas e fibra alimentar das mesmas. Posteriormente, as amostras foram testadas quanto às suas propriedades sensoriais. As amostras E1, E2 e E4 foram escolhidas para realizar um teste de aceitação relativamente aos atributos sabor, aroma, suculência, firmeza, gordura, aceitabilidade geral e intenção de compra, de modo a estudar o efeito, em termos sensoriais, da adição de FE ao recheio de rissóis de carne.

A análise química permitiu concluir que a adição de FE levou a uma redução dos teores em humidade, lípidos e proteínas, sendo que quanto maior o conteúdo, mais baixos os valores dos referidos parâmetros. A fibra alimentar, tal como esperado, foi o único parâmetro que se mostrou superior nas amostras com adição de FE.

A prova sensorial permitiu verificar que, regra geral, o aumento do conteúdo em FE afeta negativamente os atributos referidos, pelo que a amostra com 3 % de fibra de ervilha foi a menos aceite pelos provadores e a que mais se distanciou do produto controlo, que foi o produto melhor pontuado entre os três avaliados. A amostra E2 foi pontuada de modo semelhante à amostra controlo, o que mostrou que a adição de 1 % de FE foi bem aceite por parte dos provadores.

Palavras-Chave: Produtos cárneos, Rissóis de carne, Fibra alimentar, Fibra de ervilha

# Effect of pea fiber adding in filling of meat patties


## Abstract

Over de last few years, due to new consumption patterns and the increasing competition in the food market, companies need to improve their products.

The objective of this work was to evaluate the effects of the addition of different pea fiber (PF) contents to the filling of meat patties, on their chemical and sensorial properties, in order to achieve product improvements. For this purpose, four samples were produced with different contentes of PF, namely E1 with 0 % PF (control sample), E2, E3 and E4 with 1 %, 1,5 % and 3 % PF, respectively.

Initially, a chemical analysis of the produced samples was performed which fell on the moisture, lipids, proteins and alimentary fiber contents. Then, E1, E2 and E4 samples was chosen to perform an acceptance test for flavor, aroma, juiciness, firmness, fat, general acceptability and purchase intention attributes, to determine the effects, in sensory terms, of the addition of PF to the meat patties filling.

The chemical analysis allowed to conclude that the addition of pea fiber led to a reduction of moisture, lipids and proteins contents, since higher the content, lower the values of these parameters. The alimentary fiber, as expected, was the only parameter which proves higher in fiber added samples.

The sensorial proof allows to verify that, as a rule, the increase in PF content affects negatively there referred attributes, so the sample with 3 % PF was the least accepted by the tasters and the one that most distanced from the control sample, which was the product best scored among the three The E2 samples was scored similar to control sample, which showed that the addition of 1 % PF was well accepted by the tasters.



Keywords: Meat products, Meat patties, Alimentary fiber, Pea fiber

# ÍNDICE

Agradecimentos ..... iii
Resumo ..... v
Abstract ..... vi
Lista de Figuras ..... ix
Lista de Tabelas ..... xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos ..... xii
1. Enquadramento e objetivos do trabalho ..... 1
1.1 A A. R. Novais, Lda ..... 2
1.2 Organização da dissertação ..... 3
2. Introdução ..... 5
2.1 Produtos congelados à base de carne ..... 5
2.2 Produção de rissóis de carne ..... 6
2.3 Fritura ..... 10
2.3.1 Meios de fritura ..... 11
2.3.2 Métodos de fritura ..... 11
2.3.3 Absorção de óleo ..... 12
2.3.4 Tempo e temperatura de fritura ..... 13
2.4 Fibras alimentares ..... 13
2.4.1 Classificação das fibras alimentares ..... 14
2.4.2 Propriedades das fibras alimentares ..... 24
Propriedades tecnológicas ..... 24
Propriedades fisiológicas ..... 27
2.4.3 Adição de fibra alimentar a produtos à base de carne ..... 28
2.4.4 Fibra de ervilha ..... 31
2.5 Análise sensorial ..... 34
2.5.1 Teste de aceitação ..... 35
3. Materiais e métodos ..... 36
3.1 Preparação das amostras ..... 37

3.2 Análise química ..... 39
3.3 Análise sensorial ..... 40
3.4 Análise estatística ..... 42
4. Resultados e discussão ..... 43
4.1 Análise química ..... 43
4.2 Análise sensorial ..... 47
5. Conclusões e trabalho futuro ..... 54
Bibliografia ..... 55
Anexos ..... 63
Anexo I – Análises químicas ..... 63
Anexo II – Análise sensorial ..... 64

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logótipo A.R. Novais, Lda. 2
Figura 2. Fluxograma geral de produção de rissóis de carne. 6
Figura 3. Panela de confeção do recheio da A. R. Novais, Lda. 7
Figura 4. Processos de mistura e cozimento da massa (A), de laminagem da massa (B) e de dispensa automática do recheio (C). 8
Figura 5. Diferentes etapas do processo de panagem. 9
Figura 6. Esquema representativo de um túnel de congelação em espiral. 9
Figura 7. Esquema representativo do equipamento horizontal de selagem a quente 10
Figura 8. Esquematização das transferências de calor e de massa nos processos de fritura superficial (A) e fritura por imersão (B). 12
Figura 9. Estrutura química da celulose. 16
Figura 10. Estrutura química geral da hemicelulose. 17
Figura 11. Principais componentes das cadeias principais e das cadeias laterais das hemiceluloses. 17
Figura 12. Estrutura do arabinoxilano. 18
Figura 13. Estrutura do β–D–glucanos presentes nos cereais. 19
Figura 14. Estrutura química da pectina. 21
Figura 15. Estrutura química da lenhina. 23
Figura 16. Celulose cercada por hemicelulose e lenhina. 23
Figura 17. Processo de obtenção de fibra de ervilha. 32
Figura 18. Esquema geral da apresentação das amostras para a realização de um teste de aceitação. 35
Figura 19. Organograma geral do trabalho prático desenvolvido. 36
Figura 20. Recheios com adição de 1 % (A), 1,5 % (B) e 3 % (C) de fibra de ervilha. 37
Figura 21. Molde de formato médio usado para o processo de moldagem dos rissóis de carne. 38
Figura 22. Aparência da fibra de ervilha utilizada. 39
Figura 23. Ficha de prova usada no teste de aceitação. 41
Figura 24. Organização da mesa de prova. 42
Figura 25. Teor em humidade, como percentagem mássica ($H_{pm}$), das diferentes amostras estudadas. 44

Figura 26. Teor em fibra alimentar, como percentagem mássica ($F_{pm}$), das diferentes amostras estudadas. ..... 45
Figura 27. Teor em lípidos, como percentagem mássica ($L_{pm}$), das diferentes amostras estudadas. .... 46
Figura 28. Teor em proteínas, como percentagem mássica ($P_{pm}$), das diferentes amostras estudadas. 46
Figura 29. Classificações médias atribuídas pelos provadores para o atributo sabor. ..... 48
Figura 30. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo aroma. ..... 49
Figura 31. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo suculência. ..... 50
Figura 32. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo firmeza. ..... 50
Figura 33. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo gordura. ..... 51
Figura 34. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para a aceitabilidade geral das amostras. 52
Figura 35. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para a intenção de compra das amostras. ..... 53

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais alterações na composição dos alimentos durante a fritura ..... 10
Tabela 2. Classificação dos componentes da FA com base na sua solubilidade/fermentescibilidade .. 15
Tabela 3. Exemplos da fermentescibilidade, em percentagem (*p*), de fibras alimentares no cólon ..... 16
Tabela 4. Fontes de β–glucano e respetivos conteúdos em percentagem (*p*) ..... 19
Tabela 5. Classificação de tipos de amido resistente (AR), fontes alimentares e fatores que afetam sua resistência à digestão no cólon (adaptado de Nugent, 2005) ..... 22
Tabela 6. Propriedades tecnológicas e fisiológicas das fibras alimentares ..... 24
Tabela 7. Efeitos fisológicos das fibras alimentares ..... 27
Tabela 8. Conteúdo adicionado de fibra de ervilha ($C_{FE}$), em percentagem mássica, aos recheios de rissóis de carne ..... 37
Tabela 9. Composição nutricional, em percentagem mássica ($C_N$), da fibra de ervilha usada no trabalho ..... 39
Tabela 10. Metodologias usadas para a determinação dos parâmetros químicos das amostras, incluindo a incerteza expandida ($IE_{K=2}$) para cada um ..... 40
Tabela I.1. Valores dos parâmetros químicos analisados .....67
Tabela II.1. Ordem de prova das amostras para cada provador .....68
Tabela II.2. Valores atribuídos pelos provadores a cada parâmetro sensorial estudado .....69
Tabela II.3. Resultados médios, e respetivo desvio padrão, da análise sensorial às amostras selecionadas de rissóis de carne .....70
Tabela II.4. Valores de *p* resultantes da análise ANOVA aos valores atribuídos pelos provadores aos atributos sensoriais.....70
Tabela II.5. Valores de *p* obtidos no teste *post-hoc* de Tukey para os atributos avaliados .....71

# Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

## Siglas

AR – amido resistente

AX – arabinoxilano

CRA – capacidade de retenção de água

CRG – capacidade de retenção de gordura

FA – fibra alimentar

FAT – fibra alimentar total

FE – fibra de ervilha

## Variáveis

$C_{N}$ – composição nutricional da fibra de ervilha

$IE_{(K=2)}$ – incerteza expandida (K=2)

$C_{FE}$ – conteúdo adicionado de fibra de ervilha

$H_{pm}$ – teor em humidade, em percentagem mássica

$F_{pm}$ – teor em fibra alimentar, em percentagem mássica

$L_{pm}$ – teor em lípidos, em percentagem mássica

$P_{pm}$ – teor em proteínas, em percentagem mássica

$p$ – concentração, em percentagem mássica

## Expressões do latim

*e.g.* – *exempli gratia* (por exemplo)

*et al.* – *et alii* (e outros)

# 1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO TRABALHO

Os rissóis de carne congelados integram-se na lista de produtos alimentares convenientes, devido à facilidade e rapidez com que são confecionados (Varela *et al.*, 2008). São considerados alimentos panados com uma estrutura em camadas, devendo apresentar um interior macio, coberto por uma massa e uma crosta exterior crocante, seca e firme (Albert *et al.* 2014; Dogan *et al.*, 2005).

A fritura por imersão é o método de confeção mais tradicional para este tipo de alimentos, uma vez que lhes confere cor dourada, textura crocante e uma sensação distintiva na boca (Fellows, 2016; Gadiraju *et al.*, 2015). A grande desvantagem deste processo está no aumento da gordura e do teor calórico do produto final, devido à absorção de óleo ou gordura usados na fritura (Brannan *et al.*, 2014; Ufheil e Escher, 1996).

Ao longo da última década, tem havido um movimento crescente ligado ao melhoramento nutricional destes produtos. Assim, as mudanças na demanda do consumo e a crescente competição global a nível industrial têm levado à adoção de novas técnicas e ingredientes no setor de produtos à base de carne (Salvador *et al.*, 2005; Weiss *et al.*, 2010).

A adição de fibra alimentar à carne, e a produtos à base de carne, tem sido sugerida como uma forma de melhorar a qualidade nutricional e as propriedades reológicas dos produtos, ao mesmo tempo que promove o aumento de ingestão de fibras (Mehta *et al.*, 2013; Mudgil e Barak, 2013). Entre estas destaca-se a fibra de ervilha, uma fibra alimentar extraída da ervilha amarela (Martens *et al.*, 2017), que tem sido usada devido às suas características tecnológicas, nomeadamente sua capacidade de reter água e gordura, aumentar o rendimento e, consequentemente, diminuir o custo da formulação (Anderson e Berry, 2000; Damian e Olteanu, 2014), bem como pelas melhorias sensoriais que promove nos alimentos aos quais é adicionada (EG, 2018).

Assim, tendo em conta o interesse da A. R. Novais, Lda. em melhorar os rissóis de carne, os objetivos específicos iniciais do trabalho foram:

- Aplicação da fibra de ervilha, em diferentes percentagens (1 %, 1,5 % e 3 %), ao recheio de rissóis de carne;
- Comparação dos rissóis produzidos na empresa (controlo) com rissóis com adição de fibra de ervilha em termos de teor de humidade, lípidos, fibra alimentar e proteína;
- Escolha de duas das amostras com adição da fibra produzidas com base nos resultados dos testes analíticos realizados.

- Análise sensorial das amostras escolhidas e do produto controlo (0 % de fibra de ervilha), e comparação entre os mesmos.

## 1.1 A A. R. Novais, Lda.

A A.R. Novais, Lda, é uma empresa sediada no Parque Industrial de Adaúfe (Braga) que se dedica, desde 1997, por meio da sua marca própria Joval (Figura 1), à produção e comercialização de produtos alimentares ultracongelados. Esta, desenvolve a sua atividade tendo sempre em vista a inovação, o desenvolvimento e melhoria de produtos e, sobretudo, a qualidade e satisfação do cliente. Para alcançar estas metas, a empresa apoia-se em fatores como a rápida e eficiente distribuição, a qualidade do produto final e a flexibilidade para produzir de acordo com as exigências e especificações do cliente.

A empresa centra-se na produção de duas gamas de produtos, nomeadamente, pastelaria salgada (como por exemplo, pastéis de bacalhau, croquetes, rissóis variados, coxinhas, panamistos, entre outros) e refeições prontas (tais como, lasanha e bacalhau à Brás). O seu mercado-alvo engloba grossistas, retalhistas (super e hipermercados) e a área da restauração, conseguindo satisfazer as necessidades de cada um destes por meio da variedade de *gramagem* (isto é, de peso) dos produtos e dimensões das embalagens disponíveis.

A área de produção da empresa, ocupada por cerca de 20 colaboradores, está dividida em três zonas, sendo elas a cozinha, o fabrico e a embalagem, cuja disposição permite uma organização "marcha em frente" de modo a evitar retrocessos ou cruzamentos.




Figura 1. Logótipo A.R. Novais, Lda.

## 1.2 Organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos. No primeiro capítulo encontra-se uma contextualização do trabalho desenvolvido e as motivações do mesmo, bem como uma breve descrição da empresa na qual o trabalho foi desenvolvido. No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica que recaí sobre temas como os produtos congelados à base de carne, a produção dos rissóis de carne, o processo de fritura, as fibras alimentares e a análise sensorial de produtos alimentares. O terceiro capítulo é dedicado à descrição do trabalho prático realizado e das metodologias adotadas no mesmo. No quarto capítulo são expostos e analisados os resultados obtidos. Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões gerais do trabalho desenvolvido, e propostas algumas ideias a ser trabalhadas no futuro.

# 2. INTRODUÇÃO

## 2.1 Produtos congelados à base de carne

O sucesso dos alimentos congelados começou há mais de meio século, e o rápido crescimento das vendas reflete, desde então, a satisfação do consumidor na alta qualidade dos produtos, disponibilidade durante todo o ano e a sua conveniência geral. Devido à valorização destes produtos pelos consumidores, mais alimentos congelados são vendidos a cada ano e novos produtos são introduzidos no mercado para aumentar a variedade e as vendas. A qualidade dos alimentos congelados depende fundamentalmente da qualidade das matérias–primas utilizadas e do processo de fabrico do produto, mas pode ser prejudicada por quebras da cadeia de frio durante o armazenamento, transporte, distribuição e exposição. Tais falhas operacionais podem levar à insatisfação do cliente e danos às indústrias (WFLO, 2008).

A conveniência é um fator fundamental no mercado alimentar, sendo identificada como uma das principais tendências de estilo de vida entre os consumidores (Grunert, 2006). Segundo algumas projeções para o futuro, acredita-se que a tendência para a escolha de produtos convenientes represente cerca de 16 % a 18 % do impulso para a inovação alimentar na Europa (Chamorro *et al.*, 2012).

A conveniência alimentar é obtida através do elevado grau de processamento industrial e é impulsionada por uma demanda para a facilidade de compra, preparação e consumo (Belasco, 2008). Além disto, motores subjacentes, tais como entrada em força das mulheres no mundo do trabalho, surgimento de famílias monoparentais ou pequenas, diferentes horários de refeições dentro de uma família, falta de habilidade culinária, rapidez de confeção, também contribuem na escolha de alimentos convenientes (Bernués *et al.*, 2012; Chamorro *et al.*, 2012). Entre estes alimentos, destacam-se as refeições e produtos à base de carne, uma vez que esta proteína é um ingrediente central na dieta ocidental (Font-i-furnols e Guerrero, 2014). Entre os consumidores europeus, a conveniência destes produtos mostrou ser um dos fatores determinantes na sua compra (Resano *et al.*, 2011). Devido a isto, a conveniência tem sido a base de várias inovações no setor dos produtos à base de carne, congelados ou não (Troy e Kerry, 2010). À semelhança do que acontece com outros produtos, também a conveniência dos produtos à base de carne é gerada pelo processamento industrial, tendo em conta os requisitos como o tempo de prateleira, a confeção e a preferência dos consumidores. Além disso, a ampla

disponibilidade de salgadinhos de carne (isto é, rissóis, croquetes, *nuggets*, entre outros) tornou-se um componente importante nos padrões alimentares atuais (Grunert, 2006).

Os alimentos convenientes à base de carne têm sido alvo de desafios por razões nutricionais, devido às crescentes ocorrências de doenças ligadas à alimentação, como a obesidade (Celnik *et al.*, 2012; Santarelli *et al.*, 2010). A adição de compostos funcionais ou a remoção de ingredientes supostamente prejudiciais para a saúde aos produtos à base de carne, é tida como uma forma parcial de elaborar refeições mais saudáveis e balanceadas, sendo também uma potencial inovação do mercado (Leroy e Degreef, 2015). Contudo, este tipo de ações nem sempre é bem visto pelos consumidores que, maioritariamente, não estão dispostos a comprometer a qualidade sensorial do produto em função da saúde, tendo a indústria de trabalhar no sentido de preservar as características dos produtos, melhorando-os nutricionalmente (Chamorro *et al.*, 2012; Font-i-furnols e Guerrero, 2014).

## 2.2 Produção de rissóis de carne

Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma geral de produção de rissóis de carne Joval, de acordo com o plano HACCP da A.R. Novais, Lda., uma vez que este representa bem o processo genérico. As matérias-primas necessárias são recebidas em zonas adequadas onde, antes de serem armazenadas, se verifica a conformidade das suas condições à chegada (ARN, 2013).

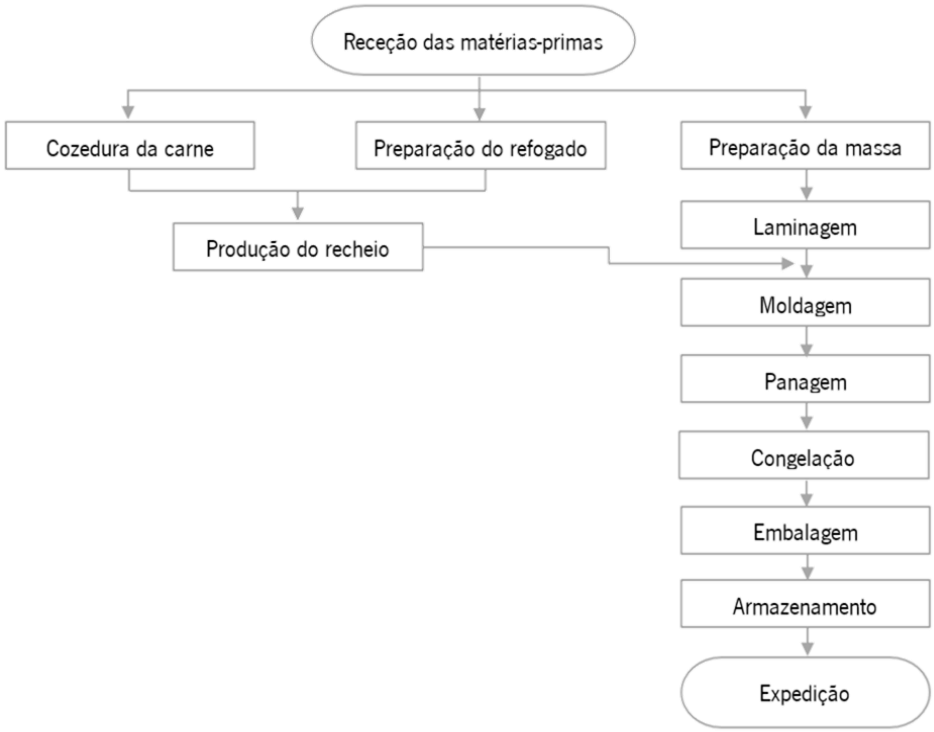



Figura 2. Fluxograma geral de produção de rissóis de carne (adaptado de ARN, 2013)

A produção dos rissóis inicia-se com a cozedura da carne. Para tal, a carne é cortada em pequenos pedaços e picada numa picadora, sendo, de seguida, levada a cozer em água. Em simultâneo, ocorre a preparação do refogado que se inicia com a pesagem dos ingredientes necessários (cebola e chouriço de colorau) e, posteriormente, a sua picagem. Uma vez picados, estes ingredientes são colocados numa panela que contém água de cozedura da carne e temperos (e.g. sal, pimenta, alho em pó, molho inglês, entre outros) (Figura 3). Estando no ponto certo, a carne previamente cozida é adicionada a esta mistura, obtendo-se o recheio.



Figura 3. Panela de confeção do recheio da A. R. Novais, Lda.

De seguida, procede-se à preparação da massa. Para isso são utilizados farinha, água, sal e margarina, sendo estes ingredientes misturados, nas quantidades adequadas, numa batedeira industrial, com gancho, que vai envolvendo a massa enquanto se dá a cozedura (Figura 4A). Uma vez preparada, a massa passa por uma laminadora (Figura 4B) para ficar com aspeto mais uniforme e espessura desejada. Após a laminagem, o recheio é colocado na massa por um equipamento de dispensa automática (Figura 4C) e, de seguida, dá-se a moldagem dos rissóis na sua forma tradicional em meia lua (ARN, 2013).




Figura 4. Processos de mistura e cozimento da massa (A), de laminagem da massa (B) e de dispensa automática do recheio (C).

Uma vez prontos, os rissóis passam por um processo de panagem que envolve três fases, nomeadamente o polvilhamento, a adição do colante ou *batter* e a adição do pão ralado (Barbut, 2015). O polvilhamento consiste na aplicação de um ingrediente seco sobre o substrato antes da adição de qualquer cobertura, tendo como principal objetivo melhorar a adesão desta à superfície do substrato (Guerrero-Lagarreta e Hui, 2010). Assim, os rissóis são envolvidos em farinha de trigo (ARN, 2013), que é o ingrediente mais comum para este processo a nível industrial (Albert *et al.*, 2009), de modo a que a sua superfície fique menos húmida e haja uma melhor adesão do colante (Guerrero-Lagarreta e Hui, 2010). De seguida, é adicionado o colante, que, por definição, é uma mistura líquida composta por farinha, água, temperos e, por vezes, aditivos, na qual os alimentos são mergulhados antes da adição do pão ralado ou da fritura (Dogan *et al.*, 2005; Fiszman e Salvador, 2003). O colante usado, como é comum para processos de grande escala (Kulp *et al.*, 2011), chega sob a forma de mistura seca composta por farinha de trigo, sal e aditivos (ARN, 2013) à qual é adicionada água numa quantidade que permita obter a estrutura e viscosidade pretendidas (Barutcu *et al.*, 2009). Por fim, dá-se a adição do pão ralado, que consiste numa mistura de migalhas de pão seco processado termicamente (Brannan *et al.*, 2014). Os três processos envolvidos na panagem estão presentes na Figura 5.




Figura 5. Diferentes etapas do processo de panagem.

Depois da panagem, os rissóis são conduzidos para um túnel de congelação de ar forçado. Este equipamento consiste num cilindro vertical que contém no interior cintos que circulam em espiral (Figura 6) (ARN, 2013). Os rissóis são colocados nestes cintos e ao seu redor circula ar frio que provoca o seu congelamento rápido devido às baixas temperaturas a que funciona (–30 °C a –40 °C), que levam a que seja rapidamente atingida a temperatura de –18 °C no interior dos mesmos. Estas condições vão então impedir a formação de cristais de grande dimensão e vão inibir reações de oxidação responsáveis por alterações de textura, sabor e cor (Hundy *et al.*, 2016; Pruthi, 1999).

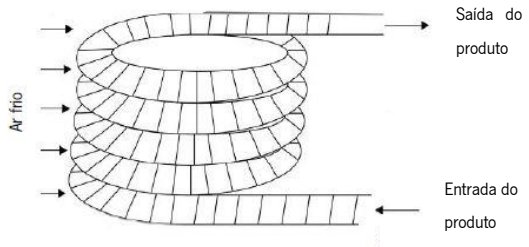



Figura 6. Esquema representativo de um túnel de congelação em espiral (adaptado de Hundy *et al.*, 2016).

Após saírem do túnel de congelação, os rissóis são levados por uma esteira até à zona de embalamento. Aqui, são colocados em cuvetes de poliestireno que, posteriormente, são colocadas no equipamento horizontal de selagem a quente (*horizontal form-fill-seal*) (ARN, 2013; Fellows, 2000) para serem revestidas por um filme (Figura 7). O embalamento termina com a colocação das cuvetes, devidamente revestidas com filme, a serem colocadas em caixas de cartão que são também seladas no equipamento adequado (ARN, 2013).

A produção termina com a colocação das caixas de cartão câmaras de frio a uma temperatura de –18 °C, das quais saem seguindo o método FEFO (*first expired, first out*) (ARN, 2013).

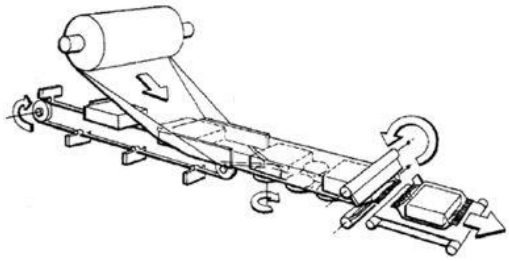


Figura 7. Esquema representativo do equipamento horizontal de selagem a quente (adaptado de Fellows, 2000).

## 2.3 Fritura

Após a produção dos rissóis é necessária a sua confeção. A fritura é dos métodos mais antigos de confeção de alimentos (Rimac-Brnčić *et al.*, 2004) usada extensivamente às escalas doméstica e industrial (Fellows, 2016), consistindo no uso de óleo ou gordura alimentar como meio de transferência de calor, sendo que, seja qual for a técnica de fritura usada, o calor é transferido para a superfície do alimento por convecção, e por condução para o interior do mesmo (Fellows, 2000). Este processo envolve várias mudanças químicas e físicas, tal como mostra a Tabela 1. Os atributos organoléticos e sensoriais únicos dos produtos fritos, incluindo sabor, cor, textura e aroma, tornam-nos populares e desejados entre os consumidores (Rimac-Brnčić *et al.*, 2004).

Tabela 1. Principais alterações na composição dos alimentos durante a fritura (adaptado de Bordin *et al.*, 2013)

| **Componente** | **Mudança durante a fritura** |
|---|---|
| Gordura | Aumento significativo |
| Água | Perda significativa |
| Açúcares redutores | Reação de *Maillard* |
| Amido | Gelatinização |
| Proteínas | Alteração da conformação |
| Aminoácidos | Formação de substâncias que conferem aroma |
| Substâncias aromatizantes | Resultado de reações oxidativas, de *Maillard* e da interação com o meio de fritura |
| Vitaminas | Perda moderada |
| Minerais | Perda reduzida |
| Antioxidantes | Perda moderada |

### 2.3.1 Meios de fritura

Devido à natureza da sua composição, alguns óleos e gorduras tendem a ser mais sensíveis ao calor e estragar-se mais rapidamente do que outros. É, portanto, mais seguro usar as gorduras e óleos que foram especificamente projetados e processados com a finalidade de serem aplicados em fritura. Existe uma vasta gama de meios de fritura no mercado, podendo estes ser divididos de acordo com a sua aparência à temperatura ambiente: sólidos (*e.g.* óleo de palma, banha) e líquidos (tais como óleo de amendoim, óleo de soja, óleo de colza, óleo de milho, misturas de óleos).

As gorduras líquidas de fritura são geralmente muito estáveis se tiverem sido refinadas e armazenadas adequadamente. Já as gorduras sólidas de fritura devem ser retiradas da embalagem e o procedimento correto é fundi-las suavemente (em temperaturas que não excedam 13 ℃) antes de aquecer à temperatura de fritura. Caso contrário, elas podem queimar antes de derreterem (NEODA, 2013).

### 2.3.2 Métodos de fritura

Existem dois métodos principais de fritura que são distinguidos pelo modo como ocorre a transferência de calor: a fritura superficial ou de contacto e, a fritura profunda ou por imersão.

A fritura superficial é a técnica de fritura mais usada para alimentos que possuam uma grande relação superfície/volume, como é o caso dos produtos cárneos, tais como o bacon, as salsichas e os hambúrgueres. O calor é transferido para o alimento principalmente por condução da superfície quente através de uma fina camada de óleo (Figura 8A). A espessura da camada de óleo varia consoante as irregularidades da superfície do alimento, o que, aliado à ação das bolhas de vapor libertadas, conduz a um levantamento do alimento enquanto a fritura prossegue, resultando no acastanhamento irregular característico dos alimentos confecionadas com esta técnica (Fellows, 2000 e 2016).

A fritura profunda ou fritura por imersão envolve a imersão de alimentos em óleo quente, entre 150 ℃ e 190 ℃, sob condições atmosféricas (Pankaj e Keener, 2017). Esta técnica de confeção é vantajosa porque é rápida e confere um sabor característico. A imersão em material quente leva a uma selagem do alimento, conferindo maior sabor, e a gordura ou óleo absorvidos durante o processo de fritura intervêm na qualidade (NEODA, 2013). Neste tipo de fritura, todas as superfícies do alimento recebem um tratamento térmico similar, pelo que estes, contrariamente à situação anterior, ficam com uma aparência e cor mais uniformes. A imersão de alimentos em óleo quente envolve a transferência

simultânea de calor do óleo para a comida, a transferência de massa da humidade dos alimentos e a subsequente absorção de óleo pelo produto (Figura 8B) (Fellows, 2016).

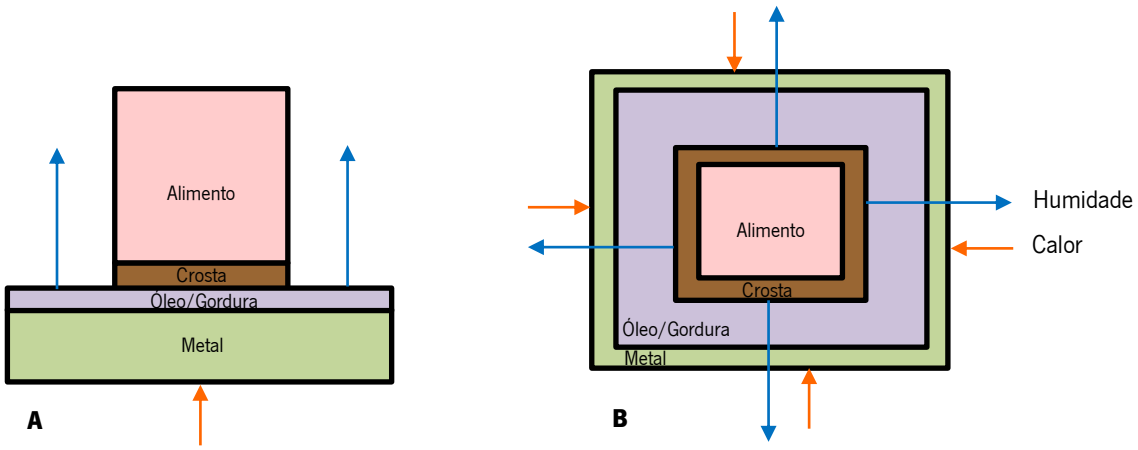



Figura 8. Esquematização das transferências de calor e de massa nos processos de fritura superficial (A) e fritura por imersão (B) (adaptado de Fellows, 2000).

### 2.3.3 Absorção de óleo

Embora o óleo absorvido contribua para o sabor dos alimentos fritos, há uma série de problemas causados pelas altas taxas de óleo absorvido, nomeadamente o aumento dos custos operacionais relacionadas com o reabastecimento do óleo perdido. Pode ainda afetar o prazo de validade e a estabilidade do produto, e pode causar um desequilíbrio no valor nutritivo entre gorduras e outros componentes sem gordura. Além disto, o consumo excessivo de gordura representa uma fonte importante de problemas de saúde (Fellows, 2016). A absorção de óleo depende, essencialmente, de fatores como o tempo de fritura (quanto maior o período de fritura, maior a absorção), a área total do alimento (quanto maior a área, maior absorção), o tipo de superfície do alimento (superfícies ásperas ou porosas absorvem mais), a temperatura de fritura (quanto menor a temperatura, maior a absorção), a natureza do alimento e a natureza e condição da gordura utilizada (NEODA, 2013).

As alterações dos produtos resultantes da absorção de óleo, e a tendência dos consumidores para produtos com baixo teor de gordura, deram maior importância ao teor de óleo nos alimentos fritos e levaram a pesquisas consideráveis sobre os fatores que afetam a absorção do mesmo. Isto refletiu-se numa pressão sobre as indústrias de produtos à base de carne para fritura, que começaram a ter em conta as condições de processamento para reduzir a quantidade de óleo absorvida nos seus produtos (Rimac-Brnčić *et al.*, 2004).

### 2.3.4 Tempo e temperatura de fritura

O tempo de fritura é dependente do tipo e da espessura do alimento em causa, da temperatura do óleo e do método de fritura. A combinação de tempo e temperatura de fritura para um alimento é determinada pelas mudanças pretendidas na qualidade organolética e pela quantidade de calor que tem de chegar ao centro do produto de modo a destruir microrganismos contaminantes. Isto toma especial importância em produtos com baixa acidez, como peixes, carnes e produtos à base de carne, que são capazes de suportar o crescimento de microrganismos patogénicos (Fellows, 2000).

Além das especificações impostas pelos alimentos, as questões económicas também entram na determinação da temperatura a usar no processo de fritura, pois temperaturas mais elevadas (180 °C a 200 °C) reduzem os tempos de processamento e aumentam as taxas de produção. Contudo, esta prática conduz a uma deterioração mais acelerada do óleo e à formação de ácidos gordos livres que alteram a sua viscosidade, sabor e cor, e promovem a formação de espuma. Todos estes fatores levam ao aumento da frequência com que o óleo tem de ser mudado, o que representa um aumento de custos (Fellows, 2000 e 2016).

## 2.4 Fibras alimentares

Segundo a Direção Geral de Saúde, a fibra alimentar (FA) ou fibra dietética é descrita como uma classe de compostos de origem vegetal constituída sobretudo por polissacáridos e substâncias associadas que, quando ingeridos, não sofrem hidrólise, digestão e absorção no intestino delgado dos humanos. O seu consumo tem diversos efeitos benéficos para a saúde e proporciona uma sensação de saciedade mais prolongada. Atualmente, recomenda-se uma ingestão diária de, no mínimo, 25 g para que haja uma ação benéfica (Anderson *et al.*, 2004; DGS, 2018), contudo este valor oscila de acordo com a idade e estado do indivíduo, isto é, situações de doença, gravidez, lactação, entre outros. Os grupos de alimentos que mais contribuem para a ingestão diária de fibra são os vegetais (30 %), as frutas (16 %) e os cereais de pequeno-almoço (12 %) (Nestlé, 2013).

As fibras alimentares podem ser classificadas, com base na sua funcionalidade, em insolúveis e solúveis, e também com base na sua fermentabilidade (pouco fermentescíveis ou altamente fermentescíveis) no intestino grosso (Dhingra *et al.*,2012; Peris *et al.*, 2002).

As FA têm a capacidade de intervir nas propriedades reológicas dos produtos alimentares através das suas características tecnológicas, nomeadamente a solubilidade, a viscosidade, a formação de gel,

a retenção de água/gordura e o aumento do volume devido à ligação entre moléculas (Mudgil e Barak, 2013). Entre as propriedades referidas, a solubilidade é a mais relevante quando o assunto é fibras, uma vez que permite definir os efeitos fisiológicos e tecnológicos das mesmas (Fruet *et al.*, 2014). Devido a isto, as fibras têm diversas aplicações em formulações de alimentos e tem crescido a sua adição a produtos à base de carne. Nestes, as fibras são adicionadas com o intuito de promover o aumento do seu teor nos produtos, de desempenhar função de ligante, de atuar como substitutas parciais de carne ou gordura, e como agente de melhoramento das características sensoriais (Talukder, 2015).

### 2.4.1 Classificação das fibras alimentares

O sistema de classificação mais aceite para as FA baseia-se na sua solubilidade num tampão, a um pH definido, que leva a que estas sejam divididas em duas categorias: fibras insolúveis em água, onde se incluem a celulose, as hemiceluloses e a lenhina, e fibras solúveis em água, tais como a pectina, as gomas e as mucilagens (Dhingra *et al.*, 2012).

As fibras insolúveis apresentam porosidade, baixa densidade e melhoramento do trânsito intestinal devido à sua capacidade de hidratação e à promoção de movimentos intestinais regulares. Estas fibras representam um desafio significativo para as bactérias do trato gastrointestinal devido à reduzida área de superfície que apresentam e às redes de ligação por pontes de hidrogénio que mantêm as cadeias fortemente unidas. Contrariamente a estas, as fibras solúveis caracterizam-se sobretudo pela sua capacidade de formação de gel, ação emulsificante e por sofrer fermentação. Além disto, estas têm efeitos sobre a viscosidade de soluções, dependendo da sua estrutura química e peso molecular que são fatores que intervêm na conformação dos polímeros. Todas estas características tornam as fibras solúveis mais relevantes para a saúde, uma vez que atuam na redução dos níveis de colesterol, na manutenção do índice glicémico, colaboram com o sistema imunitário, auxiliam na prevenção de doenças e contribuem na diminuição do esvaziamento gástrico (Fruet *et al.*, 2014; Williams *et al.*, 2017).

Além desta classificação baseada na solubilidade, também a classificação com base na fermentescibilidade num sistema *in vitro* usando uma solução enzimática representativa das enzimas presentes no trato gastrointestinal humano, é usada para categorizar as fibras. A fermentescibilidade está relacionada com as alterações que a fibra sofre por ação das bactérias do cólon, que têm capacidade de fermentar mais de metade das fibras consumidas. Assim, de acordo com a fermentescibilidade, as fibras podem ser divididas em altamente fermentescíveis, onde se incluem as gomas, as mucilagens, a pectina, as hemiceluloses e alguns amidos resistentes, e em pouco fermentescíveis, tais como a celulose,

as hemiceluloses, a lenhina e alguns amidos resistentes. Na Tabela 2 e na Tabela 3 apresentam-se, de forma sumária, as principais fontes e características de algumas fibras e exemplos da percentagem de fermentescibilidade, respetivamente (Caprita *et al.*, 2010; FAO e WHO, 1998; Peris *et al.*, 2002).

Tabela 2. Classificação dos componentes da FA com base na sua solubilidade/fermentescibilidade (adaptado de Caprita *et al.*, 2010; Gray, 2006; Kay, 1982)

| **Constituinte** | **Fibra** | **Cadeia principal** | **Solubilidade/ fermentescibilidade** | **Fontes** |
|---|---|---|---|---|
| Polissacarídeos não-amiláceos | Celulose | Glucose | Insolúvel/pouco fermentescível | Plantas, cereais, vegetais |
| | Hemiceluloses | Xilose, manose, glucose, galactose | Variável | Cereais (aveia, centeio, cevada) |
| | Mucilagens | Galactose-manose, glucose-manose, arabino-xilose | Solúveis/altamente fermentescíveis | Exsudados de plantas |
| | Gomas | Galactose, Ácido glucorónico-manose | Solúveis/altamente fermentescíveis | Legumes, algas marinhas |
| Hidratos de carbono análogos | Pectinas | Ácido galacturónico | Solúveis/altamente fermentescíveis | Frutos, vegetais, batata |
| | Amidos resistentes | Amilose e amilopectina | Solúveis/altamente fermentescíveis | Batata, ervilha, milho, banana verde |
| Lenhina | Lenhina | Unidades fenólicas | Insolúvel/pouco fermentescível | Plantas lenhosas, cascas de legumes e arroz, farelos de cereais |

### Celulose

A celulose é um componente estrutural das paredes celulares de plantas e vegetais, sendo constituída por uma cadeia linear de monómeros de D-glucose ligados entre si por ligações β–(1→4), sem ramificações e com conformação rígida e inflexível (Figura 9). As cadeias de celulose dispõem-se de forma justaposta e estão ligadas por pontes de hidrogénio e forças de *Van der Waals*, o que leva à criação estruturas fibrosas designadas microfibrilas (Lattimer e Haub, 2010). Estas apresentam uma estrutura

tridimensional resultante da ligação entre resíduos de açúcares de diferentes cadeias em formação (Mišurcová *et al.*, 2012).

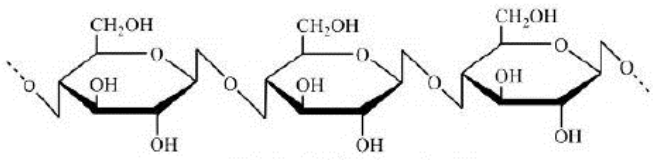


Figura 9. Estrutura química da celulose.

A celulose é uma fibra insolúvel em água e resistente à ação das enzimas digestivas presentes no intestino delgado, devido à sua estrutura compacta. No entanto, pode sofrer alguma fermentação microbiana no intestino grosso, produzindo ácidos gordos de cadeia curta (Gray, 2006; Lattimer e Haub, 2010).

A celulose natural pode ser divida em dois grupos: cristalina e amorfa. A componente cristalina, constituída por ligações de hidrogénio não covalentes intra e intermoleculares, tornam a celulose insolúvel em água. Contudo, muitas celuloses modificadas, tais como celulose em pó, celulose microcristalina e hidroxipropilmetilcelulose, foram desenvolvidas e são usadas como ingredientes para alimentos. A diferença entre as celuloses naturais e as modificadas assenta na extensão da cristalização e as ligações de hidrogénio. Quando estas últimas são rompidas, a cristalinidade é perdida e o derivado de celulose torna-se solúvel em água (Lattimer e Haub, 2010).

A nível da indústria alimentar, a celulose tem grande aplicação em produtos dietéticos com baixo conteúdo energético devido à sua capacidade de retenção de água (cerca de 0,4 g de água por grama de celulose) e ao efeito que tem sobre a textura dos alimentos (Belitz *et al.*, 2009; Southgate *et al.*, 1992).

Tabela 3. Exemplos da fermentescibilidade, em percentagem (*p*), de fibras alimentares no cólon (adaptado de FAO e WHO, 1998)

| **Fibra alimentar** | ***p*/%** |
|---|---|
| Celulose | 20 a 80 |
| Hemiceluloses | 60 a 90 |
| Pectinas | 100 |
| Goma de guar | 100 |

## Hemiceluloses

As hemiceluloses (Figura 10) são um grupo heterogéneo de estruturas químicas solúveis e insolúveis, geralmente ramificadas, que ocupam os espaços entre as fibrilas de celulose presentes na parede celular da planta, juntamente com a pectina, funcionando como um "cimento".

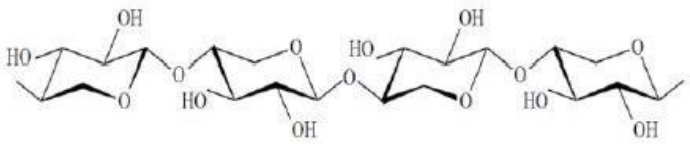


Figura 10. Estrutura química geral da hemicelulose.

Dentro deste grupo, cuja fonte principal são os cereais, incluem-se substâncias de composição variada que apresentam como monómeros predominantes a glucose, a arabinose, a xilose, a manose, a ramnose e a galactose (Figura 11). Dentro do grupo das hemiceluloses destacam-se os arabinoxilanos e os β–glucanos (Cui *et al.*, 2011; Gray, 2006; Kay, 1982).

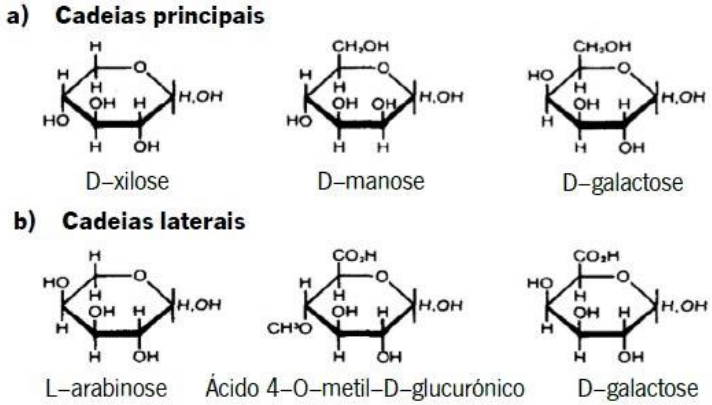



Figura 11. Principais componentes das cadeias principais e das cadeias laterais das hemiceluloses (adaptado de Kay, 1982).

Os arabinoxilanos (AX) são polissacarídeos não-amiláceos estruturais localizados nas paredes celulares de cereais. São considerados fibras alimentares e podem proporcionar vários benefícios para a saúde quando consumidos regularmente (Anderson e Simsek, 2018). Estes possuem um esqueleto de β–D–xilose, cujas unidades estão ligadas por ligações β–(1→4) a cadeias laterais compostas por α–L–arabinose (Williams *et al.*, 2017) (Figura 12).

Por vezes, ocorrem substituições dos monómeros que compõem a cadeia principal por ácido ferúlico, o que tem efeitos sobre a solubilidade e reologia do AX. A maioria dos AX das paredes celulares de gãos como o trigo e o centeio são solúveis em água, contrariamente aos que se encontram nas camadas mais externas do grão que, devido às ligações covalentes estabelecidas entre o ácido ferúlico e as lenhinas e proteínas, são insolúveis (Cui *et al.*, 2011).

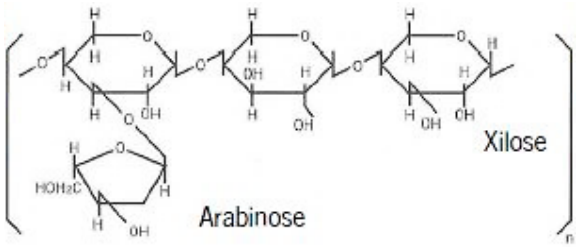



Figura 12. Estrutura do arabinoxilano.

O arabinoxilano é conhecido pelos seus efeitos benéficos para a saúde, intervindo na prevenção de doenças como a diabetes tipo II, cancros associados ao sistema digestivo e doenças cardiovasculares. Isto deve-se, sobretudo, ao facto de esta fibra alimentar resistir à digestão no intestino delgado e ser fermentada pela microbiota do intestino grosso. Isto leva a que o AX seja visto como um prebiótico que auxilia na produção e crescimento de bactérias benéficas no intestino (Anderson e Simsek, 2018).

Em alimentos, os AX têm a capacidade de alterar muitas das suas propriedades, tais como a textura, o prazo de validade (associado, sobretudo, a alimentos cozidos no forno como o pão, uma vez que retardam a cristalização do amido), a capacidade de ligação à água e a estabilidade de espumas (Anderson e Simsek, 2018).

Os β–glucanos são polissacarídeos não ramificados de β–D–glucose, cujos monómeros são ligados entre si por ligações β–(1→3) e β–(1→4). São bem conhecidos pelas suas propriedades de retenção da água, estabilização e texturização. O uso de β–glucano em produtos alimentares como substituto de gordura fornece uma maneira de desenvolver produtos menos calóricos e para diabéticos. Isso não só aumentará a variedade de produtos alimentícios para uso especializado, mas também proporcionará alguns benefícios para a saúde da população em geral. O consumo regular de alimentos que contenham β–glucano mostrou ter efeitos positivos na doença coronária, na diabetes e no controlo dos níveis de colesterol (Ahmad e Kaleem, 2018; Havrlentová e Kraic, 2006). Assim, na indústria alimentar, os β–glucanos podem ser incorporados em vários produtos, como pão, *muffins*, massas,

macarrão, saladas, bebidas, sopas e produtos lácteos e carne com baixo teor de gordura (Cui *et al.*, 2011).

Convencionalmente, os cereais são tidos como as principais e mais antigas fontes de β–glucano (Figura 13), contudo estes polissacarídeos são agora extraídos de leveduras, algas, fungos, cogumelos, bactérias e animais marinhos. Cevada, aveia, centeio e arroz são os cereais comuns que têm estado em foco de pesquisa para a extração de β–glucanos. No entanto, a cevada e a aveia são consideradas mais ricas em termos de β–glucanos, apresentando um conteúdo de 4 % a 7 %. Os β–glucanos estão também presentes no trigo, mas em menores quantidades. Estas fontes, juntamente com o seu conteúdo em β–glucano, são apresentadas na Tabela 4 (Ahmad e Kaleem, 2018; Akramienė *et al.*, 2007; Piñero *et al.*, 2008)

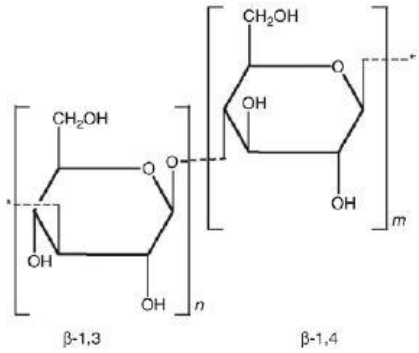



Figura 13. Estrutura do β–D–glucanos presentes nos cereais (Ahmad e Kaleem, 2018).

Os β–glucanos são considerados fibras insolúveis em água, altamente fermentados no cólon, e a sua estrutura química depende da fonte vegetal associada e a capacidade de formar uma solução viscosa está dependente da sua concentração e peso molecular.

Tabela 4. Fontes de β–glucano e respetivos conteúdos em percentagem mássica (*p*) (adaptado de Ahmad e Kaleem, 2018)

| **Fonte** | ***p*/%** |
|---|---|
| Arroz | 0,4 a 0,9 |
| Aveia | 3 a 7 |
| Centeio | 0,7 a 2,4 |
| Cevada | 5 a 10 |
| Ervilha | 0,3 a 0,7 |
| Espelta | 0,6 a 1,1 |
| Milho | 0,1 a 1,3 |
| Trigo | 0,4 a 1,4 |

A presença de ligações β–(1→3) torna as moléculas flexíveis e contribui para a sua alta ligação com a água, para a viscosidade e para a solubilidade. Regra geral, β–glucanos com maior peso molecular formam soluções viscosas e pseudoplásticas, enquanto as de peso molecular menor podem formar géis suaves em concentrações elevadas (Mišurcová *et al.*, 2012).

## Gomas e mucilagens

São os tipos de fibras vegetais que não são componentes da parede celular, mas que são formados em células vegetais secretoras especializadas. As gomas e as mucilagens são descritas como polissacarídeos altamente ramificados, de elevado peso molecular, que formam géis e promovem a ligação da água e de outros compostos. As gomas são exsudações pegajosas formadas em resposta a uma lesão ou a condições desfavoráveis. Entre elas, destacam-se a goma de guar e a goma arábica. A primeira é um galactomanano (ou seja, é um polissacarídeo com cadeia principal de manose e grupos laterais de galactose) isolado da semente de *Cyamopsis tetragonolobus* (guar), e a sua hidrólise enzimática parcial leva à obtenção de um produto que pode ser usado como fibra alimentar solúvel. A goma arábica é exsudada da árvore da acácia e é um polissacárido de arabinogalactano complexo em mistura com glicoproteína. As mucilagens são secretadas no endosperma das sementes das plantas, onde atuam para evitar a desidratação excessiva. São consideradas produtos normais do metabolismo (Aspinall, 2005; Choudhary e Pawar, 2014; Dhingra *et al.*, 2012).

As gomas e as mucilagens são, geralmente, extraídas com água quente, secas e comercializadas na forma de pó, e a sua aplicação a nível industrial tira partido das suas propriedades físicas, especialmente da viscosidade e natureza coloidal. Na indústria alimentar, as gomas e as mucilagens têm várias aplicações, sendo amplamente usadas como estabilizantes em gelados, produtos à base de carne, laticínios, molhos e produtos de confeitaria. No caso das gomas, estas também são usadas em alimentos como agentes gelificantes, agentes de revestimento, intensificadoras de espumas, agentes de suspensão e, algumas delas, têm ainda função antioxidante e conservante (Bhosale *et al.*, 2014; Choudhary e Pawar, 2014).

## Pectina

As substâncias pécticas dividem-se em três grupos: ácidos pécticos, ácidos pectínicos e pectinas (subproduto dos ácidos pectínicos) (Belitz *et al.*, 2009). As pectinas são descritas como um polímero linear e não ramificado composto por unidades de ácido D-galacturónico ligadas entre si por ligações

α–(1→4) (Mišurcová *et al.*, 2012), como mostra a Figura 14. Em alguns locais do esqueleto da cadeia, as unidades deste ácido são substituídas por unidades de ramnopiranose, que formam cadeias laterais de açúcares neutros como galactose, manose, glucose e xilose (Lattimer e Haub, 2010).

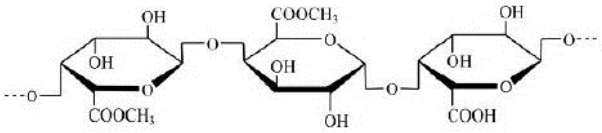



Figura 14. Estrutura química da pectina.

A pectina é uma fibra solúvel em água, com capacidade de formar géis e com alta capacidade de ligação a iões. Ultrapassa a digestão enzimática que ocorre no intestino delgado. Contudo, é facilmente fermentada pelas bactérias que compõem a microflora do cólon. Dentro do trato gastrointestinal, as pectinas mantêm a capacidade de formar um gel, sendo esta característica associada aos efeitos benéficos que a pectina tem na saúde, como o melhoramento do metabolismo do colesterol e dos lípidos, na prevenção e controlo da diabetes, obesidade e infeções intestinais (Lattimer e Haub, 2010; Mišurcová *et al.*, 2012).

Relativamente às fontes de pectina, verifica-se que esta fibra é extraída maioritariamente da casca de frutos cítricos que contém, regra geral, de 0,5 % a 3,5 % de pectina (Lattimer e Haub, 2010). Uma outra fonte de pectina é o bagaço de maçã (Tungland e Meyer, 2002).

Em termos de aplicações alimentares, a pectina é sobretudo usada como agente espessante e gelificante em produtos como iogurtes, geleias, compotas, entre outros (Belitz *et al.*, 2009).

## Amidos resistentes

Amido resistente (AR) é a designação dada a qualquer amido ou produto de degradação do mesmo que resista à digestão no intestino delgado humano, mas que sofre fermentação pela microflora do cólon. Vários fatores contribuem para a resistência do amido à digestão, o que levou à sua divisão em quatro subtipos designados de AR1 a AR4, tal como é apresentado na Tabela 5 (Haralampu, 2000; Mišurcová *et al.*, 2012; Nugent, 2005).

Resumidamente, o AR1 é o termo dado ao amido que é fisicamente inacessível à digestão, devido à presença de paredes celulares intactas em grãos, sementes ou tubérculos que não permitem uma ação das enzimas. O AR2 descreve grânulos de amido nativos que são protegidos da digestão pela conformação ou estrutura dos mesmos, tal como se verifica em batatas cruas e bananas verdes. Um

tipo particular de AR2 é o amido de milho que devido ao seu alto teor de amilose mantém a sua estrutura e resistência mesmo durante o processamento e preparação de muitos alimentos. O AR3 refere-se a materiais derivados de amido não granulares que resistem à digestão. As formas de AR3 são geralmente formadas durante a retrogradação dos grânulos de amido. Alguns exemplos de AR3 são batatas cozidas e arrefecidas e os flocos de milho. O AR4 descreve um grupo de amidos que foram quimicamente modificados e incluem amidos que foram eterizados, esterificados ou reticulados com produtos químicos de modo a diminuir a sua digestibilidade. O AR4 pode ser subdividido em quatro subcategorias de acordo com sua solubilidade em água e os métodos experimentais pelos quais eles podem ser analisados (Brown, 2004; Goldring, 2004).

Tabela 5. Classificação de tipos de amido resistente (AR), fontes alimentares e fatores que afetam sua resistência à digestão no cólon (adaptado de Nugent, 2005)

| **Tipo de AR** | **Descrição** | **Fonte** | **Resistência reduzida por** |
|---|---|---|---|
| AR1 | Protegido fisicamente | Grãos inteiros ou parcialmente moídos, leguminosas | Moagem |
| AR2 | Grânulos resistentes não gelatinizados | Batatas cruas, bananas verdes, algumas leguminosas, amidos ricos em amilose | Processamento e cozimento de alimentos |
| AR3 | Sofreu retrogradação | Batatas cozidas e resfriadas, pão, flocos de milho, produtos alimentícios com tratamento térmico húmido prolongado e/ou repetido | Condições de processamento |
| AR4 | Quimicamente modificado | Algumas bebidas de fibra, alimentos nos quais foram utilizados amidos modificados (por exemplo, certos pães e bolos) | Menos suscetível à digestão *in vitro* |

O conteúdo em amido pode sofrer alteração durante o armazenamento, que depende da temperatura e da quantidade de água disponível, bem como durante o processo de confeção dos produtos. Devido a esta suscetibilidade do amido a sofrer alterações, é difícil quantificar, com exatidão, o seu teor no momento de consumo de um alimento (IOM, 2002).

Regra geral, alimentos que contêm grãos integrais e leguminosas apresentam naturalmente um elevado teor em AR. Contudo, este teor nos alimentos é variável, sendo dependente do processamento, de variações das condições de armazenamento, bem como da fonte de amido (Perera *et al.*, 2010).

## Lenhina

A lenhina é um polímero tridimensional de cadeia muito ramificada composta por unidades fenólicas com forte ligação intramolecular (Figura 15). Nas plantas, intervém na formação de compostos estruturais (Mišurcová *et al.*, 2012).

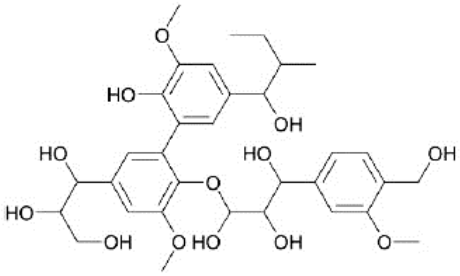



Figura 15. Estrutura química da lenhina (Nikafshar *et al.*, 2017).

A lenhina não é um polissacarídeo, contudo é incluída nas fibras alimentares porque surge associada a outras fibras, como a hemicelulose e celulose (Figura 16). Uma das suas propriedades mais interessantes é a sua capacidade de ligação a ácidos biliares e ao colesterol, diminuindo a sua absorção no intestino delgado (Álvarez e Sánchez, 2006; Cho e Dreher, 2001).

A lenhina faz parte das fibras insolúveis e não fermentescíveis pela microflora bacteriana do cólon. O seu consumo diário é estimado como sendo inferior a 1 % na dieta humana, sendo encontrada em alimentos com componente lenhoso, como por exemplo o aipo (Álvarez e Sánchez, 2006; Cui *et al.*, 2011; Williams *et al.*, 2017).

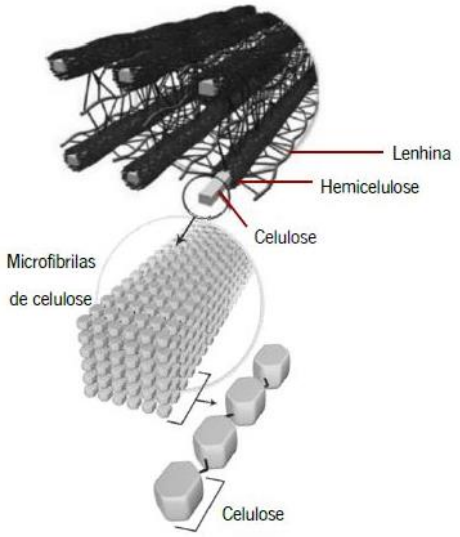



Figura 16. Celulose cercada por hemicelulose e lenhina (adaptado de Ozyurt e Ötles, 2016).

### 2.4.2 Propriedades das fibras alimentares

As propriedades das fibras são responsáveis pelas suas inúmeras aplicações na indústria alimentar, mais concretamente pelo facto de estas possuírem funcionalidades fisiológicas para cada uma das suas propriedades tecnológicas, tal como é apresentado na Tabela 6 (Elleuch *et al.*, 2011).

Tabela 6. Propriedades tecnológicas e fisiológicas das fibras alimentares (adaptado de Elleuch *et al.*, 2011)

| **Propriedade tecnológica** | **Funcionalidade fisiológica** |
|---|---|
| • Capacidade de retenção de água (CRA)<br>• Capacidade de inchamento<br>• Solubilidade em água | • Laxante<br>• Redução do colesterol<br>• Redução da glucose no sangue<br>• Redução do risco de doenças crónicas (e.g. diabetes, obesidade, doença cardíaca) |
| • Viscosidade<br>• Capacidade de retenção de gorduras (CRG)<br>• Texturizante<br>• Estabilizante<br>• Capacidade de formação de gel (CFG)<br>• Capacidade antioxidante | |

## Propriedades tecnológicas

Os efeitos tecnológicos das fibras alimentares dependem principalmente das suas propriedades físico-químicas, tais como a solubilidade, a capacidade de retenção de água, a viscosidade, a formação de gel, a fermentescibilidade, entre outros (Mudgil e Barak, 2013). Estes fatores intervêm no melhoramento das propriedades nutricionais e da aparência dos produtos alimentares que sofrem adição de fibra (Kim e Paik, 2012).

### Solubilidade

A solubilidade tem efeitos profundos na funcionalidade das fibras, sendo afetada pela composição química. A existência de ramificações, a presença de grupos iónicos e o potencial de ligação entre unidades aumenta a solubilidade. Além disso, mudanças nas unidades monossacarídicas e a sua

forma molecular (forma α ou β) também aumentam a solubilidade. Como referido anteriormente (subcapítulo 2.4.1), existem dois tipos de fibras alimentares definidas pelo seu comportamento físico na água: fibras insolúveis, abundantes em cereais integrais, e fibras solúveis, presentes especialmente em legumes frescos, frutas, aveia, cevada e algumas leveduras (Salas-Salvadó *et al.*, 2006).

### Hidratação e capacidade de retenção de água

A hidratação da fibra refere-se ao processo em que esta quando em contacto com a água começa a absorvê-la devido à sua natureza hidrofílica. A taxa de hidratação é determinada pela estrutura química, peso molecular, morfologia e tamanho da partícula da fibra alimentar. A capacidade de retenção da água (CRA) é definida como a quantidade de água retida por determinado peso de fibras nas condições de uso. As fibras alimentares apresentam alta CRA devido à abundância de grupos hidrofílicos existentes na sua estrutura (Cui *et al.*, 2011; Guillon e Champ, 2000).

A CRA é considerada a propriedade tecnológica mais importante das fibras, estando relacionada com a estrutura porosa da matriz e o tamanho das suas partículas. Uma redução moderada da dimensão das partículas ajuda a aumentar a taxa de absorção e, possivelmente, a CRA. Contudo, isto não é linear, pois o estudo de diferentes técnicas de redução de tamanho de partículas para as mesmas fibras mostrou ter diferentes efeitos ao nível da absorção de água. Exemplo disso são os tratamentos de redução de tamanho de partícula que usam altas pressões. Estas técnicas causam o colapso da estrutura porosa da matriz, tornando-a mais condensada o que, consequentemente, diminui a permeabilidade à água (Cui *et al.*, 2011; Thebaudin *et al.*, 1997; Zhu *et al.*, 2010).

Tendo em conta a solubilidade das fibras, verifica-se que as fibras solúveis, com as pectinas e as gomas, apresentam maior CRA comparativamente às fibras insolúveis, como a celulose (Borderías *et al.*, 2005)

A CRA é, ainda, uma propriedade que pode sofrer alterações em resultado de variações de temperatura, de pH e dos processos de confeção a que os alimentos que contêm fibras são submetidos (Guillon e Champ, 2000).

### Capacidade de retenção de gordura

A capacidade de retenção de gordura (CRG) é uma propriedade que depende, sobretudo, da porosidade das partículas que compõem a fibra. É alvo de atenção na indústria alimentar quando se pretende evitar a absorção de gordura, pelo que, para o efeito, a fibra é submetida a um processo de

hidratação para que a água preencha os poros, evitando, assim, a entrada de gordura. Esta propriedade toma especial importância quando se pretende evitar a absorção excessiva de óleo durante processos de fritura, sendo a fibra aplicada nas massas que revestem a matriz do alimento (Borderías *et al.*, 2005).

### Viscosidade

De modo simplista, a viscosidade refere-se à resistência de um líquido ao fluxo. Mais formalmente, consiste na relação entre a taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento. A viscosidade é causada por interações físicas (entrelaçamentos) entre polissacarídeos em solução. Exceto em soluções muito diluídas, a viscosidade diminui à medida que a taxa de cisalhamento aumenta (Guillon e Champ, 2000).

A viscosidade depende das características intrínsecas dos polissacarídeos, da sua concentração e da temperatura. Quando a concentração é baixa, as moléculas estão bem separadas umas das outras e, por isso, livres para se moverem. Quando ocorre o inverso, as moléculas estão próximas, e outras moléculas forçam a entrada entre os pequenos espaços existentes, formando uma rede entrelaçada. Neste ponto em que ocorre o entrelaçamento, designado por concentração crítica, o aumento da viscosidade é mais acentuado e mais dependente da taxa de cisalhamento (Guillon e Champ, 2000).

Conferir ou modificar a viscosidade é uma das funções básicas das fibras alimentares. A viscosidade de uma fibra, especialmente das solúveis, é determinada pela sua estrutura e peso molecular. Regra geral, para a mesma estrutura e condições idênticas, verifica-se que polissacarídeos de maior peso molecular conferem maior viscosidade; polissacarídeos lineares aumentam mais a viscosidade que os ramificados; e polissacarídeos com conformação rígida conferem maior viscosidade comparativamente aos de conformação flexível (Cui *et al.*, 2011).

### Capacidade de formação de gel

Gel é o nome dado a uma associação de unidades poliméricas que formam uma rede, na qual a água e/ou outros solutos são incluídos. Muitas fibras solúveis formam géis, tais como as pectinas. A formação de um gel depende da concentração de polissacarídeo (fibra solúvel), da temperatura, da presença de iões específicos e do pH. O facto de os géis conseguirem imobilizar água e outros solutos é de grande importância para a indústria alimentar, pois confere rigidez a muitos produtos. O exemplo mais clássico é a aplicação de pectina a compotas (Borderías *et al.*, 2005).

### Capacidade texturizante

De acordo com Borderías *et al.* (2005), as fibras têm a capacidade de auxiliar na restruturação de produtos à base de carne e de peixe, sendo que, na maioria destes produtos, a aplicação das fibras é feita com o objetivo de obter a textura desejada. Além disto, o uso de fibras em alimentos ajuda a evitar reduções de tamanho e deformações dos mesmos aquando do cozimento, ajudando ainda a retardar a rancificação em produtos mais propícios a este processo, devido à capacidade antioxidante que algumas delas apresentam.

## Propriedades fisiológicas

As propriedades fisiológicas das fibras alimentares estão relacionadas com o seu ao nível da saúde, sobretudo a nível do sistema gastrointestinal. A este nível, as fibras solúveis e insolúveis têm diferentes ações. As fibras solúveis estão maioritariamente ligadas à redução do colesterol e pressão arterial, prevenção de distúrbios gastrointestinais e prevenção de alguns tipos de cancro, nomeadamente o colorretal. As fibras insolúveis são mais ligadas ao seu efeito do aumento do volume das fezes (Zhang *et al.*, 2011). Na Tabela 7, são apresentados os efeitos fisiológicos de acordo com a solubilidade das fibras.

Tabela 7. Efeitos fisiológicos das fibras alimentares (adaptado de Almeida e Afonso, 1997)

| **Fibras** | **Efeitos fisiológicos** |
|---|---|
| Insolúveis (celulose, lenhina, algumas hemiceluloses) | • Aumento do volume do bolo fecal e consequente diminuição da consistência das fezes devido à retenção de água.<br>• Aceleração do trânsito intestinal. |
| Solúveis (pectinas, gomas, mucilagens, algumas hemiceluloses) | • Atraso do esvaziamento gástrico e consequente promoção da saciedade.<br>• Atraso na absorção de glucose.<br>• Contribuição para a normalização dos lípidos sanguíneos. |

### 2.4.3 Adição de fibra alimentar a produtos à base de carne

De acordo com Guillon e Champ (2000), a adição de fibras a alimentos pode ter influência na sua consistência, textura, comportamento reológico e, consequentemente, nas suas propriedades sensoriais. Com o crescente conhecimento sobre as funcionalidades das FA e o surgimento de novas fontes das mesmas, a sua utilização pela indústria alimentar tem vindo a crescer, não só pelo seu efeito nutricional, mas também por questões económicas e tecnológicas. Devido a estas últimas, o uso de FA pode ter vários objetivos, desde o aumento do volume até à substituição total ou parcial de gordura.

Carne e produtos à base de carne têm efeitos positivos e negativos na saúde. São fontes importantes de proteína, minerais, vitaminas, aminoácidos, no entanto apresentam altos níveis de gordura saturada, colesterol, sódio e nitritos. O perfil nutricional deste tipo de alimentos pode ser melhorado através da adição de ingredientes potencialmente benéficos para a saúde. Nestes, incluem-se as fibras alimentares, que além de melhorar o produto nutricionalmente, por aumentarem o teor em fibra, também intervêm no rendimento do cozimento, no teor de gordura e nas propriedades organoléticas (Biesalski, 2005; Cui *et al.*, 2011; Mendoza *et al.*, 2001).

A incorporação de fibras em produtos de carne atrai muitos consumidores conscientes em busca de produtos com baixo teor de gordura. O uso de fibras alimentares nestes produtos surge como alternativa à gordura e/ou como substitutas parciais da carne (Talukder, 2015), uma vez que apresentam propriedades tecnológicas que auxiliam na textura e aumentam a capacidade de retenção de água e a estabilidade da emulsão, o que resulta num produto com maior rendimento após a cozedura e, consequentemente, na diminuição do custo da formulação. Além disto, a adição de fibras melhora a qualidade nutricional do produto final e conduz a uma maior ingestão de fibras por parte dos consumidores (Álvarez e Barbut, 2013; Mehta *et al.*, 2013).

A redução de gordura em produtos cárneos representa um desafio, pois a gordura animal contribui para a textura, a sensação na boca, o sabor e a suculência. A redução de gordura por si só resulta, geralmente, em produtos secos e menos aceitáveis. Um substituto ideal de gordura deve ser um ingrediente que possua baixo conteúdo energético e que não altere significativamente a textura, o sabor, a suculência ou outras propriedades organoléticas e de processamento (Barbut, 2011).

Os efeitos de vários tipos de FA têm sido avaliados, de forma isolada ou combinada, em produtos cárneos com o intuito de obter formulações com menores conteúdos em gordura, de melhorar as propriedades sensoriais dos produtos, sobretudo a textura, ou ainda de aumentar o rendimento de cozimento devido às CRA e CRG que as fibras possuem (Anderson e Berry, 2000; Weiss *et al.*, 2010).

As FA provenientes de cereais são mais usadas do que aquelas que provêm de frutos, pelo que têm sido muito usadas por autores nas suas experiências.

Yılmaz (2004) estudou o uso de farelo de centeio em almôndegas como substituto de gordura, com teores entre os 5 % e os 20 %. Concluiu que a esta adição permitiu obter almôndegas com maior valor nutricional e benefícios para a saúde. Além disto, também concluiu que o uso de farelo de centeio não condicionava a aceitabilidade geral do produto em termos sensoriais, quando comparado com as amostras controlo.

A fibra de aveia tem sido intensivamente usada em produtos cárneos. Neste sentido, Steenblock *et al.* (2001) avaliaram os efeitos da adição de fibra de aveia nas características sensoriais de mortadela light. Com este estudo verificaram que esta adição levou a melhores rendimentos, textura mais firme e cor vermelha menos intensa. García *et al.* (2002) fizeram uso da fibra de aveia como ingrediente em salsichas fermentadas com baixo teor de gordura a fim de verificar os seus efeitos nos atributos sensoriais da mesma. Para isso, produziram amostras com adição de 1,5 % e 3 % de fibra, a partir das quais concluíram que esta favoreceu o aroma, a textura e a suculência. Troy *et al.* (1999) também fizeram uso da fibra de aveia no seu estudo, combinando-a com amido de mandioca, carragenano, pectina e proteína do soro de leite. Estas combinações foram adicionadas a hambúrgueres de bovino. Com isto, concluíram que algumas combinações tiveram efeitos negativos na textura dos hambúrgueres, mas mostraram bons resultados em termos de aumento do rendimento de cozimento e CRA. Piñero *et al.* (2008) estudaram o efeito da fração solúvel da aveia como substituta de gordura em reestruturados de carne bovina, nas suas propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. Disto, concluíram que esta adição fez aumentar os valores do rendimento de cozimento e da retenção de água e da gordura, o que explicaram com a capacidade que o β–glucano tem de se ligar à água. Quanto aos parâmetros microbiológicos verificaram que a estabilidade das amostras congeladas se manteve por 60 dias, e as avaliações sensoriais realizadas mostraram que as amostras com adição de fibra apresentavam maior suculência comparativamente às amostras controlo.

Campagnol *et al.* (2012) estudaram o efeito da adição de fibra de soja na qualidade do produto final. Para isto, produziram amostras com 1 % e 2 % de fibra de soja, submetendo-as a análises físico–-químicas que mostraram que esta adição conduziu a uma redução de gordura no produto final de quase 40 %. A nível sensorial, notaram que a adição de 2 % de fibra de soja foi prejudicial. Concluíram, por fim, que usando 1 % de fibra de soja era possível obter um produto final mais saudável sem comprometer as características sensoriais do mesmo.

Huber *et al.* (2016) avaliaram o efeito sensorial das fibras de aveia, bambu, batata e ervilha como substitutas da gordura animal em hambúrgueres de frango. As fibras de aveia, trigo e bambu apresentaram maior teor de fibra alimentar total. Todas as fibras apresentaram bons resultados, mas as fibras de bambu, trigo e ervilha mostraram melhores resultados em termos higroscópicos, boa estabilidade emulsificante e cor compatível com a aplicação em produtos cárneos. Como conclusões gerais, verificaram que o uso de fibras vegetais nos hambúrgueres de frango resultou em valores de dureza menores ou iguais à amostra controlo, e que os parâmetros elasticidade, adesividade, coesividade e mastigabilidade eram semelhantes à amostra controlo. Tudo isto levou a uma boa aceitação dos produtos enriquecidos com fibra.

Como referido anteriormente neste subcapítulo, as FA provenientes de frutos têm uma aplicação menor, comparativamente às de origem em cereais. Contudo, algumas das fibras obtidas a partir de frutos apresentam melhores propriedades tecnológicas devido aos seus maiores conteúdos em fibra alimentar total (FAT) e fibra solúvel, às suas melhores CRA e CRG e ainda apresentam menor valor calórico (Anderson e Berry, 2000; Weiss *et al.*, 2010). Assim, alguns autores centraram os seus trabalhos nestas fibras, como por exemplo Grigelmo-Miguel *et al.* (1999) que usaram fibra de pêssego em salsichas, García *et al.* (2002) que adicionaram fibras de pêssego e maçã a salsichas fermentadas, e os mesmos autores (García *et al.*, 2009) usaram fibra de pele de tomate seca em hambúrgueres.

Por fim, uma outra importante fonte de FA são os subprodutos. Cascas de vegetais e frutas podem ser aproveitadas para extrair fibras para posteriormente serem incorporadas em produtos cárneos. Tal foi mostrado por Fernández-López *et al.* (2008) que adicionaram fibra proveniente da casca da laranja a linguiças cozidas e curadas, tendo obtido bons resultados em termos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. Além disto, também verificaram que o uso desta fibra reduziu os níveis de nitritos e apresentou efeito antioxidante. Em 2004, Fernández-Ginés *et al.* avaliaram os efeitos da adição de FA proveniente do albedo de limão em mortadela. Daqui, concluíram que esta adição promoveu melhorias em termos nutricionais e uma redução dos nitritos, a qual foi justificada pela presença de compostos ativos no albedo. Por fim, Kaack *et al.* (2006) testaram a funcionalidade da fibra da casca da batata em patê de fígado de suíno. Nesta experiência, verificaram que esta fibra, quando usada em teores até 8 %, em substituição da farinha de trigo, habitualmente usada na confeção do produto em estudo, promovia melhorias ao nível da textura e da coloração.

É ainda de realçar que, a nível industrial, a classificação dos alimentos em termos de conteúdo em fibra alimentar segue regras para que determinadas alegações possam transparecer nos rótulos. Assim, classifica-se um produto como fonte de fibra quando este apresenta um conteúdo mínimo de 3 g

de fibra por 100 g de produto ou 1,5 g de fibra por 100 kcal, e como sendo de alto teor em fibra quando apresenta um teor mínimo de 6 g por 100 g de produto ou 3 g de fibra por 100 kcal. Estas alegações podem aumentar o potencial de mercado para produtos de carne e fornecer aos consumidores uma escolha de alimentos saudáveis (APN, 2017; Nestlé, 2013; Petersson *et al.*, 2014).

### 2.4.4 Fibra de ervilha

As ervilhas têm uma ampla aplicação na dieta humana devido à sua disponibilidade, baixo custo e valor nutricional. Estas são fontes importantes de proteína, amido, fibra, minerais e vitaminas (Martens *et al.*, 2017).

A fibra de ervilha (FE) é extraída da ervilha amarela (*Pisum sativum)* e pode ser dividida em fibra externa (extraída do revestimento da semente) e a fibra interna ou cotiledonar (retirada da estrutura interna). A primeira contém polissacarídeos não solúveis, principalmente celulose, e segundo Sosulski e Wu (1988) apresenta, em média, 82,3 % de FAT. Por outro lado, a fibra cotiledonar consiste numa mistura fibras solúveis e insolúveis (hemiceluloses, celulose, pectina, amido). Devido a estas diferenças composicionais, a fibra de ervilha interna demonstrou possuir propriedades nutricionais e funcionais benéficas para a indústria alimentar, tendo, por isso, maior aplicação (EG, 2018; Martens *et al.*, 2017; Perera, 2015). O processo geral de obtenção de fibra de ervilha encontra-se representado na Figura 17.

O uso deste tipo de fibra em alimentos está ligado às suas características que permitem o melhoramento dos mesmos. A fibra interna de ervilha tem alta capacidade de ligação à água e de absorção de óleo, promove o aumento do teor de fibra, melhora a textura, a suculência e a sensação na boca, ajuda na manutenção da vida útil do produto e da sua estabilidade durante armazenamento, entre outros aspetos importantes. Além disto, a sua cor pálida e sabor neutro permitem que esta fibra seja aplicada a vários produtos como sopas e molhos, produtos à base de carne ou peixe, produtos de confeitaria e massas (EG, 2018).

No que toca a produtos à base de carne, esta fibra é considerada um ingrediente com alta capacidade de reter água em carne moída e que permite diminuir o teor de gordura ou quantidade de carne e melhorar o produto em termos de macieza e rendimento (Anderson e Berry, 2000). Para ser incorporada neste tipo de produtos, é necessário ter em conta a dimensão das partículas da fibra, sendo que esta deve estar entre os 100 μm e os 400 μm. Esta redução das partículas está sobretudo relacionada com a necessidade de tornar insípido o sabor da fibra (Focant *et al.*, 2005; Petracci *et al.*, 2013).

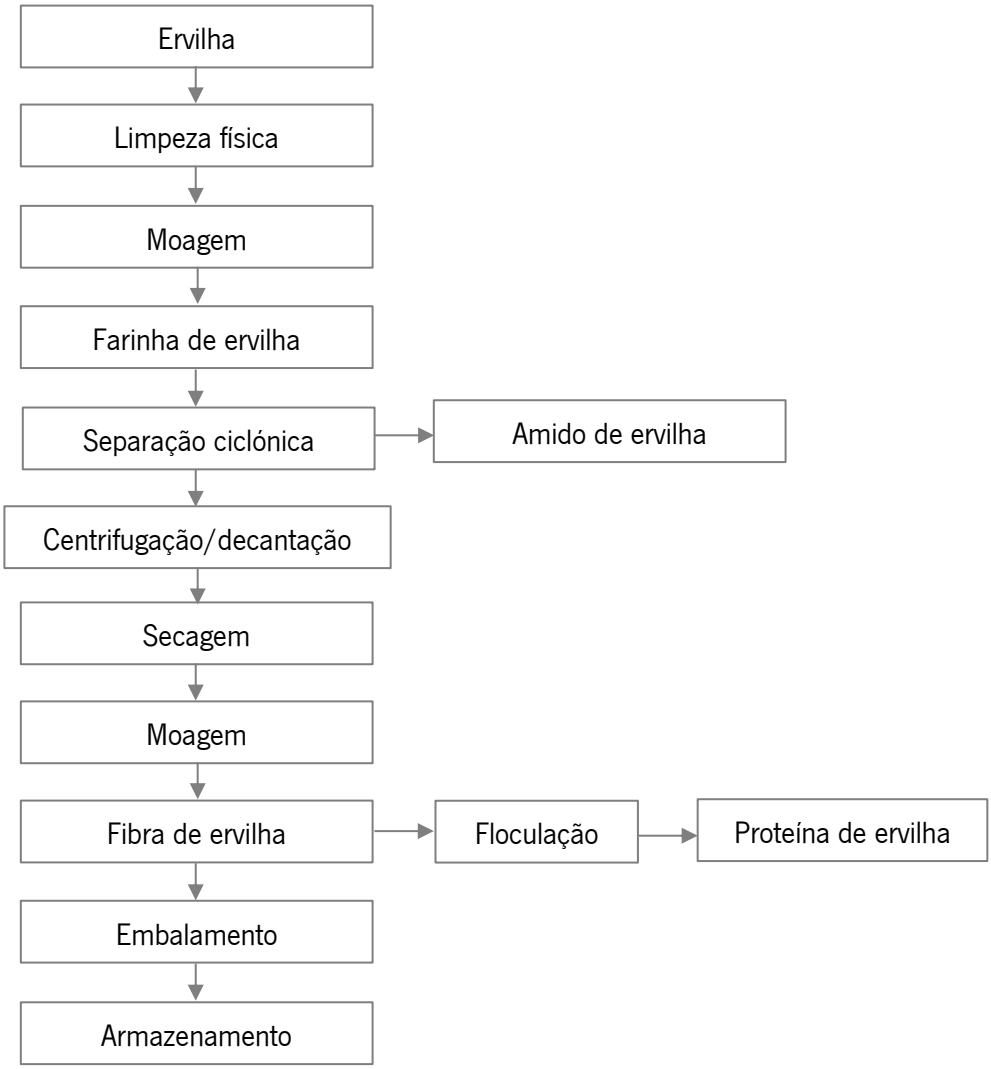



Figura 17. Processo de obtenção de fibra de ervilha (adaptado de Roquette©, 2017).

Vários autores avaliaram os efeitos do uso de FE em produtos à base de carne. Anderson e Berry (2001) estudaram os efeitos da adição de fibra interna de ervilha na retenção de gordura e no rendimento de cozedura de carne de vaca moída rica em gordura. Para isto, produziram amostras de carne moída rica em gordura (40 % e 50 % de gordura) com a adição de 0 %, 10 %, 12 %, 14 % e 16 % de fibra de ervilha, as quais foram pesadas e analisadas em termos de teores de humidade, proteína e gordura, antes e após o cozimento. Posteriormente, a retenção de gordura e o rendimento de cozimento foram calculados.

Por análise das amostras produzidas, verificaram que a adição de FE promoveu um aumento da retenção de gordura de 33 % para valores entre 85 % e 98 %, bem como melhorou o rendimento de cozimento comparativamente à amostra controlo (0 % de fibra adicionada).

Com este estudo, os autores concluíram que a fibra interna de ervilha é um ingrediente potencialmente útil para o desenvolvimento ou melhoramento de produtos que requerem o máximo de retenção de gordura durante a confeção, bem como em situações em que se pretende melhorar o rendimento da formulação.

Besbes *et al.* (2007) avaliaram o uso de FE e fibra de trigo como substitutas de carne em hambúrgueres de bovino, com o objetivo de reduzir os custos da formulação e melhorar as propriedades tecnológicas, sensoriais e funcionais dos mesmos. Para o efeito, foram fixados valores de 0,5 % para a fibra de ervilha e de 0,5 %, 1 % e 1,5 % para a fibra de trigo. Com este estudo, os autores concluíram que a capacidade de retenção de água da carne crua aumentou significativamente com a adição de fibras, e que o uso destas mesmas fibras alimentares aumentou o rendimento durante a cozedura (minimizando os custos de produção), sem degradar as propriedades sensoriais do produto final.

Pietrasik e Janz (2010) analisaram a aplicação frações de ervilha, nomeadamente farinha, fibra e amido de ervilha, como substitutas da farinha de trigo em mortadela. Os autores pretenderam avaliar os efeitos destas frações nas propriedades de hidratação, características texturais e aceitabilidade do consumidor, tendo concluído que, em geral, a fibra e o amido de ervilha mostraram um desempenho semelhante à farinha de trigo, alterando pouco o produto final e a sua aceitação por parte do consumidor. O mesmo não se verificou para a farinha de ervilha.

Assim, concluíram que o uso de frações de ervilha pode ser vantajoso em produtos cárneos, promovendo melhorias aos níveis da textura e do processamento, havendo necessidade de as explorar melhor.

Polizer *et al.* (2015) estudaram os efeitos da substituição parcial de carne e gordura por FE em *nuggets* de frango, de modo a desenvolver e avaliar possíveis novas formulações para o referido produto. Para o efeito, usaram três formulações: (a) controlo, cuja formulação era semelhante à comercial; (b) fibra/menos carne, onde a carne sofreu redução de 10 % e houve adição de 2 % de fibra de ervilha; (c) fibra/menos gordura, na qual a gordura foi reduzida em 10 % e houve adição de 2 % de fibra de ervilha. Os produtos obtidos foram caracterizados quanto ao pH, cor, textura, perda de peso após fritura e análise sensorial. Após as devidas análises, os autores concluíram que o pH da formulação controlo era inferior comparativamente às restantes que continham fibra de ervilha, a perda de peso após fritura não foi significativa em nenhuma das formulações, a formulação em que houve substituição parcial da gordura apresentou uma textura mais dura em relação às outras e, quanto à avaliação sensorial, concluíram que não se verificaram diferenças significativas entre a aceitação das três formulações, denotando-se uma aceitabilidade geral. Com este estudo, os autores verificaram que a adição da fibra não tem efeitos

negativos nas características físico-químicas dos *nuggets* de frango, nem na aceitação por parte do consumidor.

## 2.5 Análise sensorial

A análise sensorial consiste numa disciplina científica usada para medir, analisar e interpretar reações desencadeadas pelos alimentos à medida que as mesmas são percebidas pelos sentidos do olfato, do tato, do paladar, da visão e da audição. O uso dos sentidos para avaliar atributos de um produto, tais como, o sabor, o aroma, a cor, a suculência, a crocância, entre outros, pode ser feito de forma combinada ou individual (Meilgaard *et al.*, 2016; PDST, 2017; Stone e Sidel, 2004).

A análise sensorial tornou-se parte integral da indústria alimentar, sendo frequentemente aplicada em processos de melhora ou desenvolvimento de produto, na medição da resposta do consumidor face a um produto, na verificação da existência de diferenças entre produtos similares, na análise de atributos específicos, entre outros. Além destas aplicações mais centradas nas características dos produtos, a análise sensorial é também essencial no controlo da qualidade e no marketing dos mesmos (PDST, 2017; Stone e Sidel, 2004).

Devido à ampla aplicação dos testes sensoriais, foram desenvolvidos vários métodos capazes de atender a uma série de objetivos específicos. Estes testes podem ser agrupados em três grandes categorias: testes afetivos, testes discriminativos ou de diferenciação e testes descritivos. Os primeiros são usados para determinar a preferência ou o grau de aceitação de produtos, pelo que, a nível industrial, são usados para verificar se o provador gosta ou prefere mais um produto em detrimento de outros. Neste grupo destacam-se os testes de aceitação, os testes de preferência e os testes de aceitação/expectativa. Os testes discriminativos são aplicados quando se pretende detetar diferenças entre produtos, sendo largamente aplicados em situações de desenvolvimento ou reformulação de produtos. Estes englobam várias metodologias, entre as quais os testes de comparação emparelhados, os testes triangulares, os testes duo-trio, entre outros. Por último, os testes descritivos são usados para obter respostas relacionadas com o sabor dos produtos, a atributos percebidos, à identificação de mudanças em consequência de alterações no processamento, embalamento ou armazenamento e que se refletem na qualidade sensorial do produto. Este grupo inclui testes descritivos simples, testes de perfil sensorial e testes de perfil sensorial de criação livre (Lawless e Heymann, 2010; PDST, 2017).

### 2.5.1 Teste de aceitação

Os testes de aceitação são aplicados com a finalidade de quantificar o grau de aceitação de um produto, podendo ser aplicados em situações como a otimização ou desenvolvimento do produto ou na análise do potencial de um produto em termos de mercado. Este tipo de teste é de fácil organização e aplicação. As amostras devem ser apresentadas aos provadores de forma monádica (isto é, em separado), de modo a que a avaliação de cada amostra seja independente, e identificadas com códigos de três dígitos (Figura 18). De seguida, os provadores devem pontuar as amostras apresentadas numa escala hedónica de 5, 7 ou 9 pontos, sendo esta última a mais comummente aplicada. Através da média das pontuações atribuídas a cada amostra, pode inferir-se sobre a sua aceitação. Por ser um teste simples, o teste de aceitação pode ser realizado tanto por provadores especializados, como por consumidores, e os locais de prova podem ir desde a sala de prova apropriada até às casas dos consumidores. O local escolhido para a prova tem implicações no número de provadores mínimos a usar, sendo que este número pode variar entre os 25 e os 100 indivíduos (Lawless e Heymann, 2010; Stone e Sidel, 2004).

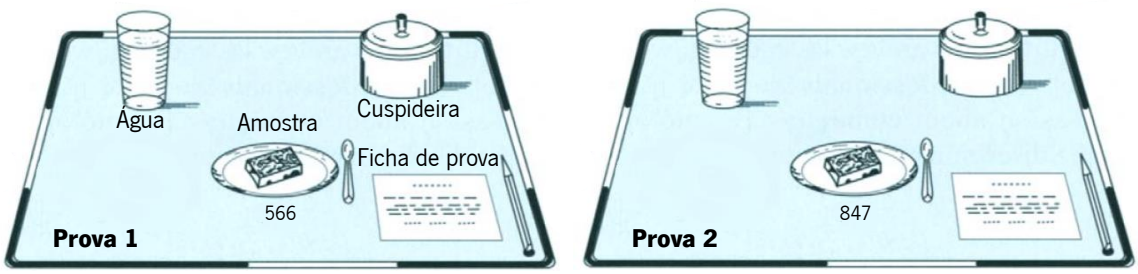



Figura 18. Esquema geral da apresentação das amostras para a realização de um teste de aceitação (adaptado de Stone e Sidel, 2004).

Uma vez terminada a prova e recolhidas as respostas dos provadores, é necessário proceder à análise e tratamento estatístico das mesmas. De acordo com Lawless e Heymann (2010), os resultados obtidos são analisados com testes paramétricos, nomeadamente o teste–$t$ quando se estão a avaliar dois produtos ou análise de variância em situação de comparação entre dois ou mais produtos.

# 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de avaliar os efeitos em termos químicos e sensoriais da adição de fibra de ervilha (FE) ao recheio de rissóis de carne, procedeu-se à preparação de amostras com diferentes conteúdos de fibra adicionados (0 %, 1 %, 1,5 % e 3 %). Os rissóis foram posteriormente analisadas em termos de teor de humidade, fibra alimentar total, lípidos e proteína, bem como a nível sensorial, nomeadamente em termos de sabor, aroma, suculência, firmeza, gordura, aceitabilidade geral e intenção de compra.

A parte experimental deste trabalho foi desenvolvida na A.R. Novais, Lda., e pela empresa ALS ControlVet, que ficou encarregue das análises químicas aos produtos obtidos.

Assim, neste capítulo, encontram-se descritos os procedimentos envolvidos na obtenção das amostras, os métodos e técnicas usados nas análises químicas e o procedimento adotado para a análise sensorial das amostras. O organograma geral do trabalho desenvolvido é apresentado na Figura 19.

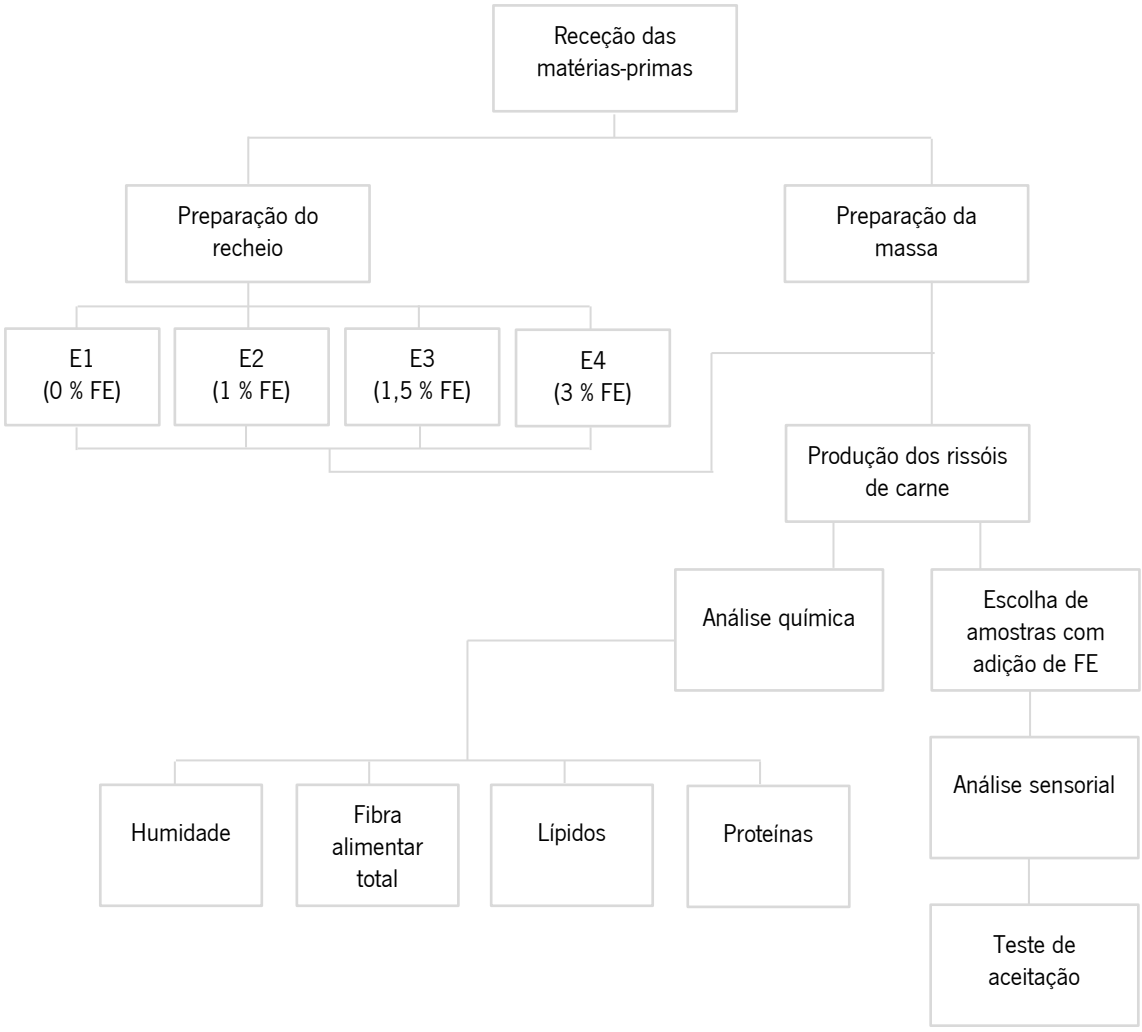



Figura 19. Organograma geral do trabalho prático desenvolvido.

## 3.1 Preparação das amostras

As amostras usadas neste estudo da foram produzidas na instalação fabril da A.R. Novais, Lda. A preparação iniciou-se com a produção de um recheio (aproximadamente 65 kg), usando carne, farinha, especiarias variadas, água do cozimento da carne, molho demiglace e molho inglês como ingredientes. O processo de obtenção do recheio seguiu o procedimento comum, tal como se encontra descrito no ponto 2.2 deste trabalho. Deste recheio, foram separados 4 kg que se dividiram em iguais quantidades por 4 recipientes resistentes à temperatura do recheio após confeção, para se proceder à adição de fibra de ervilha (Tabela 8). Esta foi devidamente pesada e adicionada a três dos recipientes (Figura 20) de acordo com as indicações do fornecedor. Uma vez finalizados os recheios, procedeu-se à preparação da massa, utilizando água, farinha de trigo, margarina e sal.

Tabela 8. Conteúdo adicionado de fibra de ervilha ($C_{FE}$), em percentagem mássica, aos recheios de rissóis de carne

| **Ensaio** | **E1** | **E2** | **E3** | **E4** |
|---|---|---|---|---|
| $C_{FE}$/% | 0,0 | 1,0 | 1,5 | 3,0 |

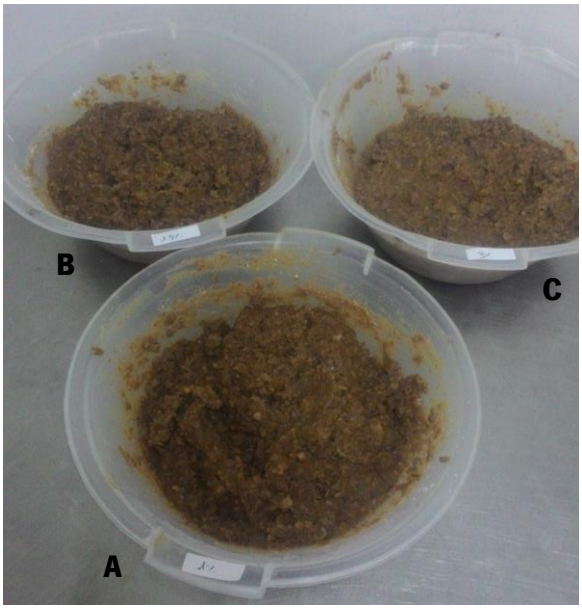



Figura 20. Recheios com adição de 1 % (A), 1,5 % (B) e 3 % (C) de fibra de ervilha.

Finalizados os recheios e a massa, estes componentes foram encaminhados para a área do fabrico para se proceder à moldagem dos rissóis. Como se produziu somente 1 kg de cada um dos

diferentes recheios optou-se por uma moldagem manual, a fim de evitar que o recheio se perdesse no equipamento de enchimento, e também para que não houvesse contacto entre recheios de modo a não comprometer análises posteriores.

Assim, a massa foi colocada na laminadora para ficar com a espessura desejada, colocou-se o recheio e fechou-se a massa sobre si mesma para, por fim, ser cortada com o molde (Figura 21). Este procedimento foi usado para os 4 recheios produzidos.



Figura 21. Molde de formato médio usado para o processo de moldagem dos rissóis de carne.

Terminada a moldagem, as amostras obtidas passaram pelas etapas de panagem, congelamento, embalamento e, por fim, foram armazenadas nas câmaras de congelação (T = –20 °C). Todas as embalagens foram identificadas com lote, dia de produção e indicação do conteúdo em fibra de ervilha.

A fibra de ervilha usada no estudo foi a *Pea Fiber I 50 M* da Roquette®, fornecida pela empresa F. Duarte, que se dedica ao fornecimento de especiarias e condimentos. Esta foi adquirida sob a forma de pó (Figura 22) de coloração amarelada, sabor e odor neutros e partículas com dimensão aproximada de 200 μm.



Figura 22. Aparência da fibra de ervilha utilizada.

A composição nutricional desta fibra de ervilha, de acordo com a sua ficha técnica, é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9. Composição nutricional, em concentração mássica ($C_N$), da fibra de ervilha usada no trabalho

| **Parâmetro** | | $C_N$/% |
|---|---|---|
| Humidade | | 6 |
| Fibra | | 57 |
| Proteína | | 8 |
| Lípidos | | <0,1 |
| Cinzas | | 3 |
| Hidratos de carbono | Açúcares | <0,1 |
| | Polióis | <0,1 |
| | Amido | 25 |
| Sódio | | 0,35 |
| Potássio | | 0,80 |

## 3.2 Análise química

As análises químicas realizadas neste trabalho ficaram a cargo da empresa ControlVet, empresa de serviços de biotecnologia aplicada à segurança alimentar, saúde animal e controlo ambiental com a

qual a A.R. Novais, Lda. trabalha. Esta procedeu à recolha das amostras para determinar os seus teores em humidade, fibra alimentar total, lípidos e proteínas. Na Tabela 10 são apresentados os métodos e técnicas usados pela empresa para determinar os parâmetros químicos referidos, bem como os valores de incerteza expandida assumidos.

Tabela 10. Metodologias usadas para a determinação dos parâmetros químicos das amostras, incluindo a incerteza expandida ($IE_{(K=2)}$) para cada um

| **Ensaio** | **Método** | **Técnica** | $\boldsymbol{IE_{(K=2)}}$ |
|---|---|---|---|
| Humidade | MI LAQ 96.06 | Perda de massa a 103 ℃ até peso constante | 3 % ⟶ > 10 g/100 g<br>4 % ⟶ ≤ 10 g/100 g |
| Fibras alimentares totais | MI LAQ 102.03 | Gravimétrica com tratamento enzimático (baseado na norma AOAC 985.29) | 20 % ⟶ > 5 g/100 g<br>1,4 g/100 g ⟶ ≤ 5 g/100 g |
| Lípidos | MI LAQ 208.03 | Ressonância magnética nuclear | 7 % |
| Proteínas | MI LAQ 132.05 | Método de Dumas (combustão) | 6 % |

## 3.3 Análise sensorial

Para avaliar sensorialmente as amostras produzidas, optou-se por usar apenas três das quatro amostras do estudo, nomeadamente a amostra controlo (E1) e as amostras E2 e E4, sendo a amostra E3 deixada de parte devido à proximidade de valores dos parâmetros químicos com a E2. Esta análise teve como finalidade verificar como os provadores classificavam as amostras de acordo com determinados atributos, de modo a avaliar se a adição de FE ao recheio de rissóis de carne é positiva ou negativa em termos sensoriais, bem como a percentagem de fibra mais aceite.

A avaliação sensorial dos rissóis foi feita através de um teste de aceitação, usando uma escala hedónica de 5 pontos para avaliar as amostras em termos de sabor (extremamente desagradável – extremamente agradável), aroma (extremamente desagradável – extremamente agradável), suculência (extremamente seco – extremamente suculento), firmeza (extremamente mole – extremamente duro), gordura (muito pouco gorduroso – muito gorduroso), aceitabilidade geral (extremamente desagradável –

extremamente agradável) e intenção de compra (definitivamente não compraria – definitivamente compraria). Esta avaliação foi feita por 30 provadores não treinados com idades compreendidas entre os 23 e os 52 anos, sendo essencialmente estudantes e funcionários da A.R. Novais, Lda. A seleção destes provadores foi feita com base na disponibilidade e vontade dos mesmos em participar no estudo.

As amostras a serem avaliadas foram fritas, sem descongelar, em óleo bem quente e abundante (100 % girassol, ≈ 180 °C), tal como é indicado na embalagem do produto controlo comercializado pela A. R. Novais, Lda. Após serem fritas, as amostras foram apresentadas de forma monádica e identificadas com códigos de três dígitos (E1 – 121, E2 – 539, E4 – 487) aos provadores, sendo que cada provador tinha uma ordem de prova atribuída (Tabela II.1, Anexo II). Foi também fornecida a ficha de prova (Figura 23) na qual os provadores caracterizaram as amostras assinalando com uma cruz (X) a sua resposta/opinião de acordo com o atributo em causa.

**Teste de aceitação**

**Nome:**_____ **Sexo:** ☐ M ☐ F **Idade:**_____ **Nº provador:**____

Caro provador,

Prove cada amostra fornecida pela ordem indicada e avalie-as quanto aos parâmetros sabor, aroma, suculência, firmeza, gordura, aceitabilidade geral e intenção de compra, assinalando com uma cruz (X) na respetiva escala. A resposta é obrigatória.

**Código da amostra:** _____

**Sabor**

- ☐ Extremamente agradável
- ☐ Agradável
- ☐ Indiferente
- ☐ Desagradável
- ☐ Extremamente desagradável

**Aroma**

- ☐ Extremamente agradável
- ☐ Agradável
- ☐ Indiferente
- ☐ Desagradável
- ☐ Extremamente desagradável

**Suculência**

- ☐ Extremamente suculento
- ☐ Suculento
- ☐ Indiferente
- ☐ Seco
- ☐ Extremamente seco

**Firmeza**

- ☐ Extremamente duro
- ☐ Duro
- ☐ Indiferente
- ☐ Mole
- ☐ Extremamente mole

**Gordura**

- ☐ Muito gorduroso
- ☐ Gorduroso
- ☐ Indiferente
- ☐ Pouco gorduroso
- ☐ Muito pouco gorduroso

**Aceitabilidade geral**

- ☐ Extremamente agradável
- ☐ Agradável
- ☐ Indiferente
- ☐ Desagradável
- ☐ Extremamente desagradável

**Intenção de compra**

- ☐ Definitivamente compraria este produto
- ☐ Provavelmente compraria este produto
- ☐ Talvez comprasse, talvez não comprasse
- ☐ Provavelmente não compraria este produto
- ☐ Definitivamente não compraria este produto

Figura 23. Ficha de prova usada no teste de aceitação.

Foi disponibilizada água aos provadores para que pudessem limpar o palato entre amostras (Figura 24).



Figura 24. Organização da mesa de prova.

## 3.4 Análise estatística

Para um melhor entendimento dos resultados obtidos na análise sensorial das amostras desenvolvidas, procedeu-se à análise estatística dos mesmos. Para isso, usou-se o programa estatístico *Statistica* versão10.0 (Statsoft, 2010) para realizar análises de variância (ANOVA) sobre os resultados para verificar a existência de diferenças globais entre as amostras, bem como o teste *post-hoc,* de Tukey, sempre que se verificaram diferenças significativas a fim de perceber entre quais amostras se centravam essas mesmas diferenças. Foi assumido um grau de confiança de 95 % ($p = 0,05$).

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção são apresentados e discutidos os resultados obtidos na realização deste estudo, estando separada em duas subsecções. Na primeira subsecção são analisados os resultados obtidos na sequência das análises aos parâmetros químicos realizadas pela ControlVet às amostras produzidas (E1 a E4). Na segunda subsecção são apresentados e analisados os resultados decorrentes da análise sensorial às amostras E1, E2 e E4.

Ao longo desta secção, os resultados relativos à análise dos parâmetros químicos são apresentados com a média dos ensaios e a incerteza expandida associada, fornecida pela Controlvet, e os resultados obtidos na prova sensorial são apresentados com a média e um intervalo de confiança de 95 %.

Para melhor compreender os resultados, recorreu-se à análise estatística dos mesmos, de modo a avaliar a existência de diferenças significativas entre os parâmetros químicos, bem como entre as respostas dadas pelos provadores no teste de aceitação realizado. Em ambos os casos, foi aplicado o teste ANOVA, usando o programa estatístico *Stastistica.* Nestes testes considerou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas sempre que o valor de $p$ se mostrou inferior a 0,05.

## 4.1 Análise química

Como descrito na subsecção 3.2 deste trabalho, as quatro amostras produzidas na empresa foram analisadas quanto aos seus teores em humidade, em fibra alimentar total, em lípidos e em proteína. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela I.1 do Anexo I sob a forma de média ± incerteza expandida.

É ainda de referir que, por apenas terem sido fornecidos os valores médios obtidos para cada parâmetro de cada uma das amostras, as diferenças entre as mesmas são discutidas com base nos valores médios e respetivas incertezas, não sendo possível realizar uma análise com programa estatístico.

### 4.1.1 Humidade

Na Figura 25 são apresentados graficamente os valores médios, em termos de percentagem mássica (isto é, g/100 g) do teor em humidade das amostras produzidas, sendo eles (54,8 ± 1,64) %,

(53,1 ± 1,59) %, (52,9 ± 1,59) % e (52,6 ± 1,58) % para as amostras E1, E2, E3 e E4, respetivamente. É possível observar uma redução da humidade com a adição de fibra de ervilha, sendo que quanto maior o conteúdo adicionado, menor o valor do teor em humidade.

A diminuição mais acentuada ocorre entre as amostras E1 e E2, sendo esta de 1,7 %. Já dentro do conjunto de amostras com FE adicionada, isto é, de E2 a E4, o teor em humidade varia pouco, o que pode estar relacionado com a proximidade dos conteúdos em FE adicionados.

Tendo em conta as incertezas, verifica-se que, apesar dos valores médios da humidade em E2 serem inferiores a E1, existe um pequeno intervalo de valores comum entre as duas amostras, o que permite concluir que não há diferenças significativas. Em relação às restantes amostras pode-se concluir que as variações são insignificantes.

Apesar de não ser acentuada, a redução do teor de humidade vai de encontro ao descrito por Anderson e Berry (2001) no seu estudo sobre adição de FE a carne moída, no qual verificaram que um aumento do conteúdo em fibra adicionado levava a uma redução da humidade, muito provavelmente devido à capacidade de retenção de água que a fibra apresenta.

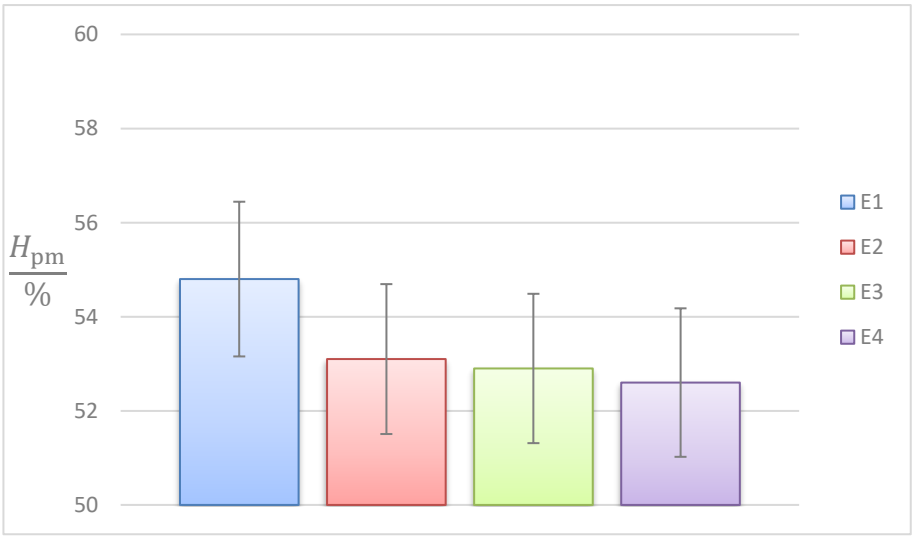



Figura 25. Teor em humidade, como percentagem mássica ($H_{pm}$), das diferentes amostras estudadas.

### 4.1.2 Fibra alimentar

Na Figura 26 encontram-se representados os valores médios do conteúdo em fibra alimentar (FA) das amostras estudadas. Através desta, observa-se que a adição de FE ao recheio promoveu um aumento do conteúdo em fibra no produto final, verificando-se valores médios de (1,2 ± 0,24) % para

E1, (1,4 ± 0,28) % para as amostras E2 e E3 e (1,6 ± 0,32) % para E4. Entre as amostras com FE adicionada, o conteúdo em FA aumentou pouco, o que pode estar relacionado com a proximidade das quantidades de FE usadas.

Se forem tidas em conta as incertezas expandidas, as variações entre as amostras são pequenas, notando-se apenas um maior destaque entre as amostras E1 e E4.

É ainda de referir que, apesar do aumento em FA nas amostras produzidas com FE adicionada, nenhuma delas pode ser classificada com as alegações fonte de fibra ou alto teor em fibra, uma vez que não atingem os conteúdos mínimos estipulados de 3 % e 6 %, respetivamente.

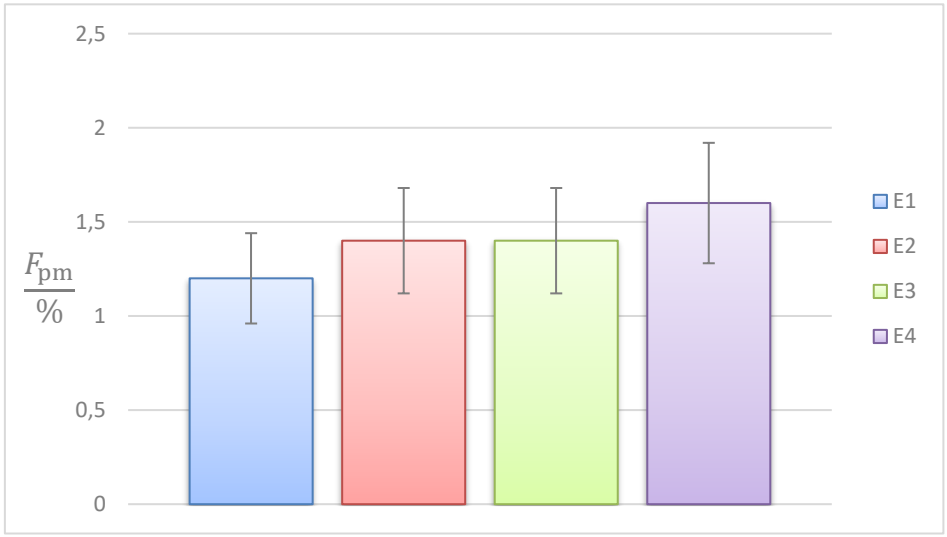



Figura 26. Teor em fibra alimentar, como percentagem mássica ($F_{pm}$), das diferentes amostras estudadas.

### 4.1.3 Lípidos

Na Figura 27 estão representados os valores médios do teor em lípidos das amostras estudadas. Pode verificar-se que a adição de FE conduziu a uma redução do conteúdo em lípidos, como se vê comparando a amostra controlo (5,4 ± 0,38) % com as amostras que sofreram adição de fibra [(4,4 ± 0,31 % para E2 e E3, e 4,3 ± 0,30 % para E4)].

Dentro do conjunto de amostras com adição de FE, o conteúdo em lípidos varia pouco, sendo as reduções notadas muito pequenas. No entanto, é possível verificar, por meio da representação gráfica, que a amostra E1 apresenta valores estatisticamente superiores às restantes.

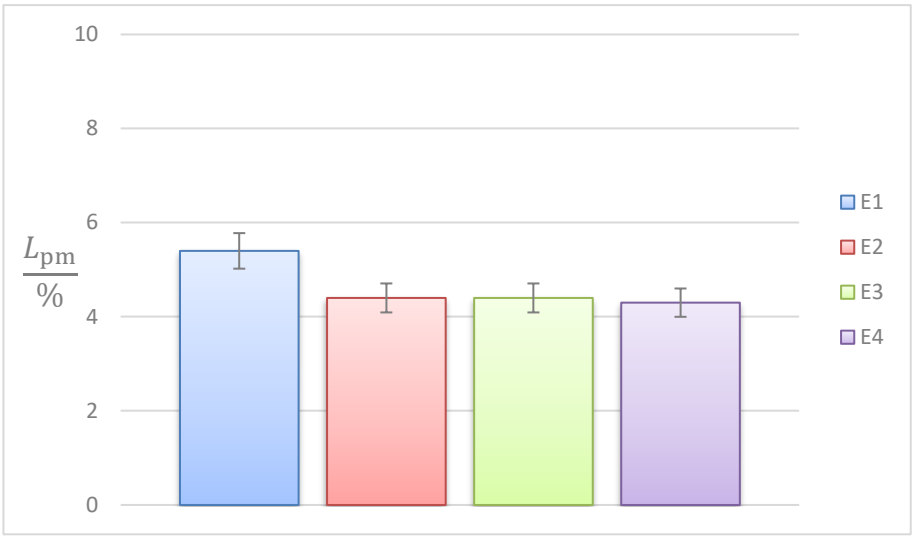



Figura 27. Teor em lípidos, como percentagem mássica ($L_{pm}$), das diferentes amostras estudadas.

### 4.1.4 Proteínas

Na Figura 28 encontra-se o gráfico relativo aos valores médios do teor em proteína para cada uma das amostras. Por meio deste, verifica-se que o teor em proteína sofreu uma redução com a adição de FE, sendo esta mais acentuada entre a amostra controlo, (8,8 ± 0,53) %, e a amostra com 1 % de FE adicionada, (8,4 ± 0,50) %.

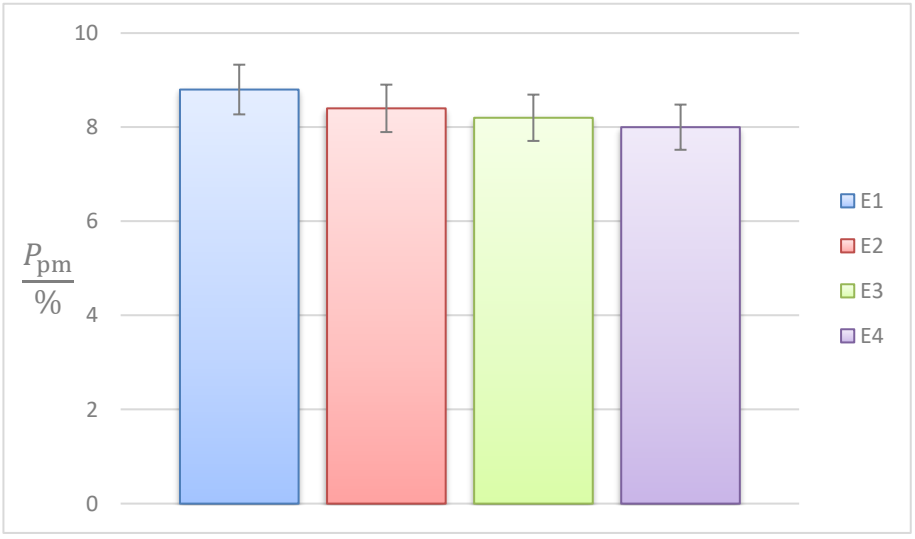



Figura 28. Teor em proteínas, como percentagem mássica ($P_{pm}$), das diferentes amostras estudadas.

Entre as amostras as amostras E2, E3 e E4, apesar de ser notórias uma diminuição no conteúdo em proteínas, esta é pequena, tendo sido obtidos valores de (8,4 ± 0,50) %, (8,2 ± 0,49) % e (8,0 ± 0,48) %, respetivamente.

Como referido, os valores médios são muito próximos, verificando-se o mesmo quando se tem em conta a incerteza expandida do método de análise, o que leva a concluir que as variações entre as amostras não são significativas.

## 4.2 Análise sensorial

Como referido anteriormente na subsecção 3.3, as amostras E1, E2 e E4 foram usadas para realizar um teste de aceitação, no qual 30 provadores foram solicitados a avaliar, numa escala hedónica de 5 pontos, as referidas amostras em termos de sabor, aroma, suculência, firmeza, gordura, aceitabilidade geral e intenção de compra. Deste teste resultaram os valores apresentados na Tabela II.2 do Anexo II, na qual são apresentados os valores entre 1 e 5 atribuídos pelos provadores para cada uma das amostras consoante o atributo.

Os valores obtidos foram usados para calcular os valores médios das classificações atribuídas pelos provadores, encontrando-se apresentados na Tabela II.3 sob a forma de média ± intervalo de confiança de 95 %. Além disto, os resultados foram ainda tratados estatisticamente através de uma análise de variância (Tabela II.4) para verificar a existência de diferenças gerais entre as amostras e, sempre que se verificaram diferenças significativas, teste *post-hoc* de Tukey para comparações múltiplas entre a amostras E1 – E2 e E1 – E4 (Tabela II.5).

### 4.2.1 Sabor e aroma

O sabor e o aroma são os atributos que mais influenciam o consumo ou a rejeição de um produto por parte dos consumidores. Estes atributos são influenciados pelos ingredientes usados na formulação do produto (tais como, os tipos de carne e condimentos), pelo revestimento aplicado e pelo tempo, e ainda pela temperatura e características do óleo usado no processo de fritura (Mallikarjunan *et al.*, 2010).

Para o atributo sabor verifica-se, através da Figura 29, que houve, em termos médios, uma redução da aceitação de E1 para E4, sendo esta última a que apresenta menor valor (2,40 ± 0,33). Isto mostra que o aumento do conteúdo em FE adicionado ao recheio afeta negativamente o sabor do produto final.

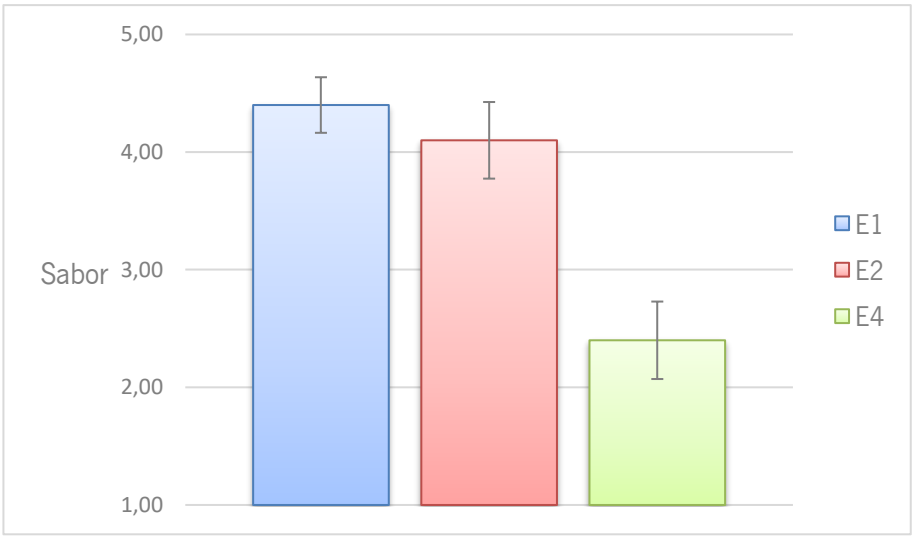



Figura 29. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo sabor.

A análise estatística dos valores relativos ao sabor mostrou existirem diferenças significativas entre as amostras, pelo que se recorreu ao teste *post-hoc* de Tukey para verificar entre quais amostras se centravam essas diferenças. Deste teste obteve-se um valor de *p* de 0,364 entre as amostras E1 e E2, pelo que não se verificam diferenças significativas entre estas, o que mostra que os provadores as classificaram de modo semelhante. Isto é positivo, uma vez que indica que o conteúdo em FE adicionado na amostra E2 não causou alterações extensivas em termos de sabor. Para as amostras E1 e E4 o valor de *p* obtido foi inferior a 0,05 o que indica que estas amostras são significativamente diferentes, o que, relacionando com as classificações médias atribuídas pelos provadores, revela que a adição de 3 % de FE ao recheio prejudica o sabor do produto final.

No que toca ao aroma das amostras avaliadas (Figura 30), verifica-se que, à semelhança observado para o atributo sabor, os provadores mostraram menores valores de aceitação para a amostra E4 (2,50 ± 0,30) comparativamente às restantes amostras (4,17 ± 0,25 e 4,03 ± 0,24 para E1 e E2, respetivamente), o que mostra que a adição de 3 % de FE ao recheio afetou negativamente o aroma do produto final.

O teste ANOVA realizados sobre as classificações atribuídas pelos provadores às amostras para o aroma mostrou existirem diferenças significativas entre as mesmas, realizando-se, por isso, o teste *post-hoc*. Com este, concluiu-se que entre E1 e E2 não se verificam diferenças significativas ($p = 0{,}770$), mas entre E1 e E4 o valor de *p* obtido foi inferior ao nível de confiança assumido.

Assim, parece poder-se afirmar que a adição de 3 % de FE além de afetar negativamente o sabor, também afeta o aroma.

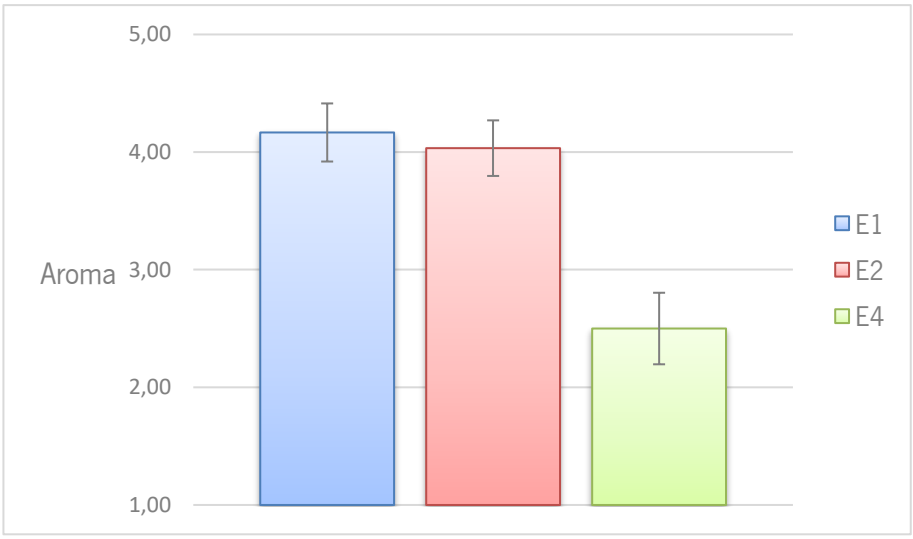



Figura 30. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo aroma.

### 4.2.2 Suculência

Segundo Mallikarjunan *et al.* (2010), a suculência define-se como a quantidade de suco que é libertada pelo produto aquando do consumo. Produtos panados, como é o caso dos rissóis, não devem ser demasiado secos, nem devem conter demasiado suco para que o produto não fique húmido ao ponto de afetar a textura esperada. Assim, com a avaliação da suculência pretendeu-se saber qual o efeito da adição de FE sobre a humidade característica do produto estudado, pelo que os provadores foram solicitados a classificar as amostras quanto a este atributo numa escala de extremamente seco até extremamente suculento.

Relativamente às classificações médias atribuídas pelos provadores para este atributo, apresentadas na Figura 31, verifica-se que a adição de FE fez com que as amostras E2 e E4 fossem percebidas como mais secas (3,63 ± 0,33 e 2,13 ± 0,33, respetivamente). Observa-se também que a amostra E4 foi a que obteve pior classificação média, pelo que a adição de 3 % de FE mostrou ser desvantajosa em termos de suculência do produto final.

A análise de variância mostrou existirem diferenças significativas entre os ensaios E1, E2 e E4 ($p < 0,05$) e o teste *post-hoc* mostrou que as diferenças permanecem significativas quando comparada a amostra E1 à E2 e a amostra E1 à E4.

Com isto, conclui-se que a adição de fibra afeta significativamente a suculência do rissol.

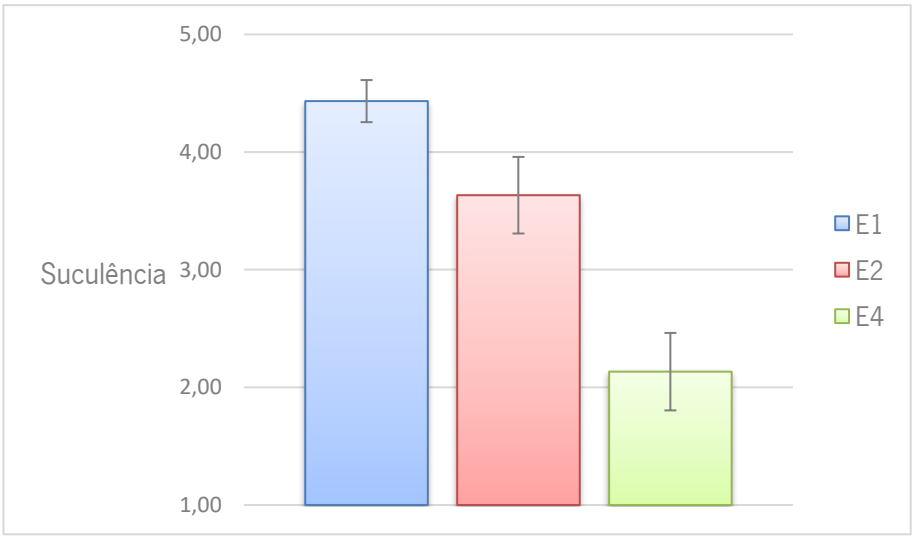



Figura 31. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo suculência.

### 4.2.3 Firmeza

De acordo com as classificações médias apresentadas na Figura 32 para o atributo firmeza, verifica-se que os provadores consideraram as amostras E2 e E4 mais firmes (2,97 ± 0,31 e 2,97 ± 0,34, respetivamente), ou sejas, mais duras comparativamente à amostra controlo.

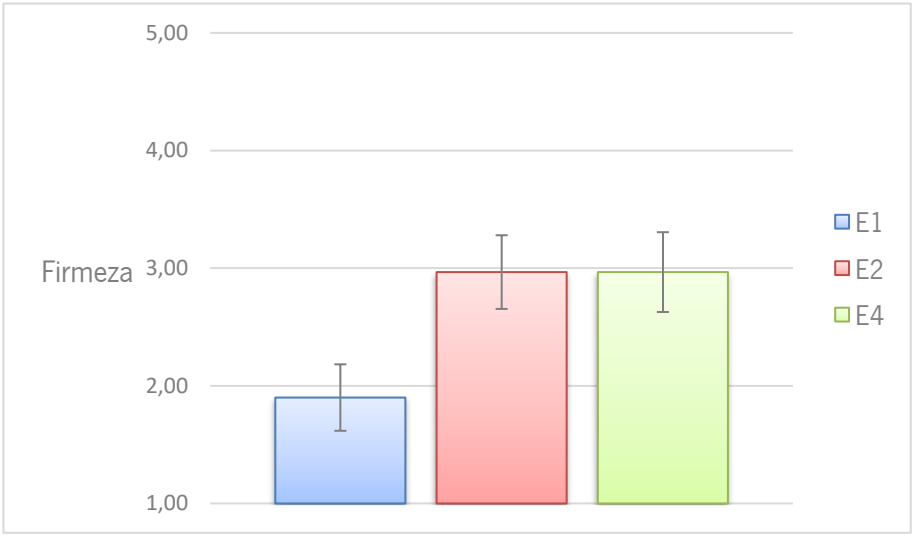



Figura 32. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo firmeza.

A análise dos valores mostrou existirem diferenças significativas entre as amostras, pelo que se procedeu ao teste *post-hoc* para avaliar a significância dessas mesmas diferenças. Assim, verificou–se

que entre a amostra controlo e as amostras com FE adicionada E2 e E4 as diferenças eram estatisticamente significativas.

Isto, permitiu concluir que a adição de fibra tem efeitos na firmeza do recheio, tornando-o mais firme, mas, aparentemente, essa firmeza não aumenta com o aumento do conteúdo em fibra.

### 4.2.4 Gordura

Com a avaliação da gordura pretendeu-se que os provadores classificassem as amostras fornecidas consoante a sensação de gordura na boca durante a mastigação.

De acordo com a Figura 33 a amostra E1 foi classificada, em termos médios, como menos gordurosa comparativamente às restantes. Entre as amostras com FE adicionada, a amostra E2, com 1 % de FE adicionada, foi percebida como mais gordurosa que a amostra E4 (3,70 ± 0,42 e 2,50 ± 0,41, respetivamente).

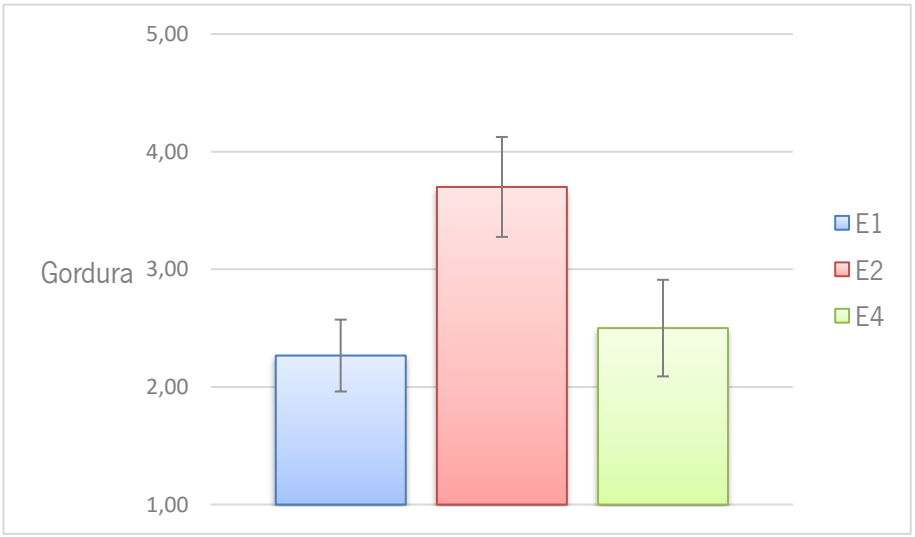



Figura 33. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para o atributo gordura.

A análise se variância aos valores obtidos mostrou existirem diferenças significativas entre as amostras. O teste *post-hoc* mostrou existirem diferenças estatisticamente significativas entre as amostras E1 e E2, já entre E1 e E4 o valor de *p* obtido foi de 0,687, o que mostrou não existirem diferenças significativas entre elas.

Assim, conclui-se que quando se adiciona 1 % de fibra existe uma maior sensação de gordura, no entanto com 3 % de fibra essa sensação de gordura é semelhante ao controlo.

Com o aumento do conteúdo em FE adicionado ao recheio verificou-se uma diminuição do teor em humidade (Tabela I.1) o que, de acordo com o descrito por Mallikarjunan *et al.* (2010), se deveria traduzir numa menor absorção de gordura durante o processo de fritura e, consequentemente, numa menor sensação de gordura na boca quando o produto é avaliado sensorialmente. Posto isto, seria de esperar que os provadores classificassem a amostra E1 como sendo a mais gordurosa, seguindo-se as amostras E2 e E4, uma vez que estas últimas apresentam valores de teor em humidade menores (53,1 ± 1,59 % e 52,6 ± 1,58 %, respetivamente).

Contudo, tal não foi verificado neste estudo, o que pode estar relacionado com a perceção de cada provador quanto à sensação de gordura.

### 4.2.5 Aceitabilidade geral

O estudo da aceitabilidade geral foi feito para conhecer a aceitação das três amostras como um todo, sem remeter para um atributo específico. Para o efeito, foi pedido aos provadores que classificassem as amostras de extremamente desagradável até extremamente agradável.

Pela Figura 34 conclui-se que a amostra controlo é a que apresenta maior aceitabilidade (4,27 ± 0,21) e a amostra E4 mostrou ser a menos aceite pelos provadores (2,63 ± 0,42).

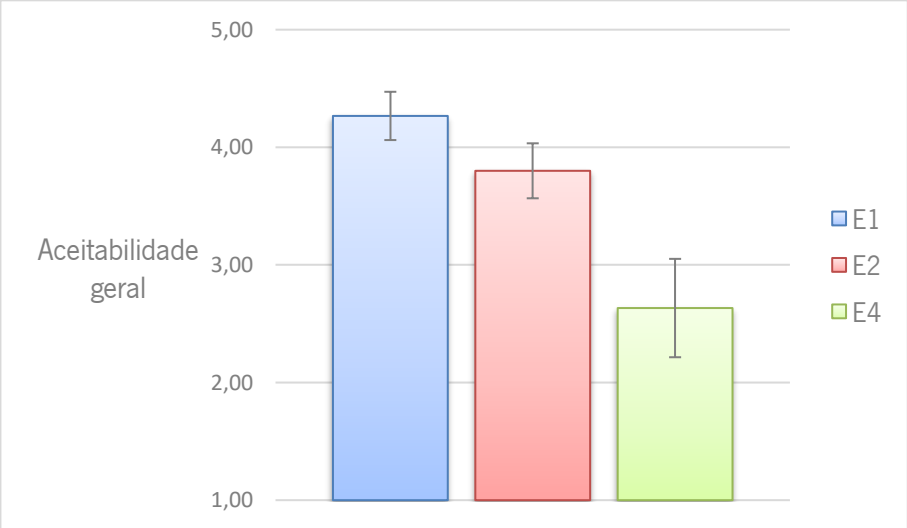



Figura 34. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para a aceitabilidade geral das amostras.

O teste ANOVA sobre os dados relativos à aceitabilidade geral o valor de *p* obtido foi inferior a 0,05, o que revela existirem diferenças significativas entre as amostras. Posto isto, procedeu-se ao teste *post-hoc* de Tukey, o qual mostrou que entre as amostras E1 e E2 as diferenças não eram significativas

($p$ = 0,093). Isto indica que os provadores aceitaram estes produtos de modo semelhante. Já entre E1 e E4 o valor de $p$ obtido foi inferior a 0,05, pelo que as diferenças entre elas são estatisticamente significativas.

### 4.2.6 Intenção de compra

Com a avaliação da intenção de compra pretendeu-se saber qual seria o produto que os provadores estariam mais dispostos a adquirir numa situação de compra.

De acordo com a Figura 35, os provadores demonstraram, em média, uma maior intenção de compra para a amostra controlo (4,47 ± 0,22) comparativamente às restantes, sendo a amostra E4 aquela que menos comprariam (2,27 ± 0,28).

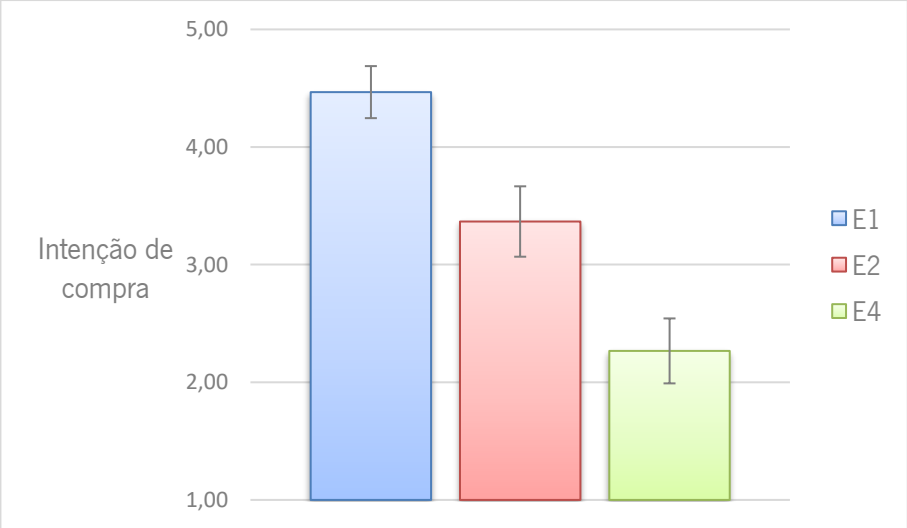



Figura 35. Pontuações médias atribuídas pelos provadores para a intenção de compra das amostras.

Pelo teste ANOVA verificou-se que existem diferenças entre as amostras e através do teste *post-hoc* concluiu-se que entre E1 e E2 e E1 e E4 essas diferenças eram estatisticamente significativas, uma vez que se obtiveram para ambos os conjuntos de amostras valores de $p$ inferiores a 0,05.

Assim, denota-se que a adição de fibra altera a intenção de compra dos consumidores, sendo que os mesmos mostraram menor intenção de compra dos rissóis à medida que o conteúdo em fibra era maior.

# 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O trabalho desenvolvido teve como principal objetivo a avaliação das alterações químicas e sensoriais provocadas pela adição de fibra de ervilha ao recheio dos rissóis de carne produzidos na empresa A. R. Novais, Lda.

Posto isto, numa primeira etapa procedeu-se à caracterização química de todas as amostras estudadas (isto é, de E1 a E4), de modo a verificar alterações das amostras com diferentes percentagens de fibra de ervilha comparativamente à amostra controlo. Daqui, verificou-se uma diminuição generalizada de todos os parâmetros químicos estudados, com exceção do teor em fibra alimentar que sofreu um ligeiro aumento.

Na segunda parte do trabalho, procedeu-se à análise sensorial das amostras selecionadas (nomeadamente, E1, E2 e E4), realizando-se um teste de aceitação com 30 provadores. Após a análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a amostra com adição de 3 % de fibra de ervilha foi a menos aceite e a que mais se distanciou do produto controlo. Já a amostra com 1 % de fibra adicionada foi bem aceite pelos provadores, tendo sido pontuada de modo semelhante à amostra controlo em alguns dos atributos. Assim, de acordo com os provadores, verificou-se que um maior conteúdo em fibra de ervilha adicionado afetou, negativamente os atributos sensoriais estudados (sabor, aroma, suculência, firmeza, gordura). Isto pode-se traduzir em perda de mercado e quebra de vendas, uma vez que os parâmetros aceitabilidade geral e intenção de compra também diminuíram com o aumento em fibra de ervilha.

De futuro, considera-se relevante o estudo da aplicação de fibras alimentares provenientes de outras fontes (*e.g.* soja, aveia, trigo, entre outras) que mostraram ser vantajosa em termos físico-químicos e sensoriais em produtos cárneos. Explorar a capacidade das fibras como substituintes parciais de carne e/ou gordura pode também ser interessante na medida que permite criar produtos com menores teores em gordura e de formulação mais económica para a empresa. Por fim, a utilização de fibra alimentar numa quantidade que permita a presença de determinadas alegações no rótulo poderia abrir novas portas de mercado, sendo que seria interessante aliar estes valores de fibra com um produto mais saudável, como por exemplo um produto para confeção em forno.

# BIBLIOGRAFIA


ARN - A.R. Novais, Lda. 2013. "Modelo de Aplicação Do Sistema HACCP: Processo Produtivo de Rissóis de Carne." : 9.

Ahmad, A e Muhammad, K. 2018. "β -Glucan as a Food Ingredient." In *Biopolymers for Food Design*, Elsevier Inc., 351–81.

Akramienė, D, Kondrotas, A, Didžiapetrienė, J e Kėvelaitis, E. 2007. "Effects of B-Glucans on the Immune System." *Medicina (Kaunas)* 43(8): 597–606.

Albert, A *et al.* 2009. "Adhesion in Fried Battered Nuggets : Performance of Different Hydrocolloids as Predusts Using Three Cooking Procedures." *Food Hydrocolloids* 23: 1443–48.

Albert, A, Salvador, A, Hough, G e Fiszman, S. 2014. "Influence of Outer Layer Formulation on the Sensory Properties of Microwaved Breaded Nuggets." *International Journal of Food Properties* 17(4): 829–41.

Almeida, M e Afonso, C. 1997. *Princípios Básicos de Alimentação e Nutrição*. Universidade Aberta.

Álvarez, D e Barbut, S. 2013. "Effect of Inulin , β -Glucan and Their Mixtures on Emulsion Stability , Color and Textural Parameters of Cooked Meat Batters." Meat Science 94: 320–27.

Álvarez, E e Sánchez, P. 2006. "La Fibra Dietética." *Nutrución Hospitalaria.* 21(2): 61–72.

Anderson, C e Simsek, S. 2018. "What Are the Characteristics of Arabinoxylan Gels?" *Food and Nutrition Sciences* 09(07): 818–33.

Anderson, E e Berry, B. 2000. "Sensory, Shear, and Cooking Properties of Lower-Fat Beef Patties Made with Inner Pea Fiber." *Journal of Food Science* 65(5): 805–10.

Anderson, E e Berry, B. 2001. "Effects of Inner Pea Fiber on Fat Retention and Cooking Yield in High Fat Ground Beef." *Food Research International* 34: 689–94.

Anderson, J, Randles, K, Kendall, C e Jenkins, D. 2004. " Carbohydrate and Fiber Recommendations for Individuals with Diabetes : A Quantitative Assessment and Meta-Analysis of the Evidence." *Journal of the American Collage of Nutrition* 23(1): 5–17.

Aspinall, G. 2005. "Gums and Mucilages." *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry* 24: 333–79.

Barbut, S. 2011. "Reducing Fats in Processed Meat Products." In *Processed Meats: Improving Safety, Nutrition and Quality*, Woodhead Publishing Limited, 346–71.

Barbut, S. 2015. "Battering and Breading - Production under HACCP." In *The Science of Poultry and Meat Processing*, University of Guelph, 85–100.

Barutcu, I, Sahin, S e Sumnu, G. 2009. "Effects of Microwave Frying and Different Flour Types Addition on the Microstructure of Batter Coatings." *Journal of Food Engineering* 95(4): 684–92.

Belasco, W. 2008. *Food: The Key Concepts*. 1st ed. Berg.

Belitz, H, Grosch, W e Schieberle, P. 2009. *Food Chemistry*. 4th ed. Springer.

Bernués, A, Ripoll, G e Panea, B. 2012. "Consumer Segmentation Based on Convenience Orientation and Attitudes towards Quality Attributes of Lamb Meat." *Food Quality and Preference* 26: 211–20.

Besbes, S *et al*. 2007. "Partial Replacement of Meat by Pea Fiber and Wheat Fiber: Effect on the Chemical Composition, Cooking Characteristics and Sensory Properties of Beef Burgers." *Journal of Food Quality* 31(2008): 480–89.

Bhosale, R, Osmani, R e Moin, A. 2014. "Natural Gums and Mucilages: A Review on Multifaceted Excipients in Pharmaceutical Science and Research." *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 6(4): 901–12.

Biesalski, H. 2005. "Meat as a Component of a Healthy Diet - Are There Any Risks or Benefits If Meat Is Avoided in the Diet?" *Meat Science* 70(3): 509–24.

Borderías, A, Sánchez-Alonso, I e Pérez-Mateos, M. 2005. "New Applications of Fibres in Foods: Addition to Fishery Products." *Trends in Food Science and Technology* 16(10): 458–65.

Bordin, K, Kunitake, M, Aracava, K e Trindade, C. 2013. "Changes in Food Caused by Deep Fat Frying - A Review." *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 63(1): 5–13.

Brannan, R *et al.* 2014. "Influence of Ingredients That Reduce Oil Absorption during Immersion Frying of Battered and Breaded Foods." *European Journal of Lipid Science and Technology* 116(3): 240–54.

Brown, I. 2004. "Applications and Uses of Resistant Starch." *Journal of AOAC International* 87(3): 727–32.

Campagnol, P *et al*. 2012. "The Effect of Soy Fiber Addition on the Quality of Fermented Sausages at Low-Fat Content." *Journal of Food Quality* 36: 41–50.

Caprita, A, Caprita, R, Simulesco, V e Drehe, R. 2010. "Dietary Fiber : Chemical and Functional Properties." *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 16(4): 406–16.

Celnik, D, Gillespie, L e Lean, M. 2012. "Time-Scarcity, Ready-Meals, Ill-Health and the Obesity Epidemic." *Trends in Food Science & Technology* 27(1): 4–11.

Chamorro, A, Miranda, F, Rubio, S e Valero, V. 2012. "Innovations and Trends in Meat Consumption : An Application of the Delphi Method in Spain." *Meat Science* 92(4): 816–22.

Cho, S e Dreher, M. 2001. *Handbook of Dietary Fiber*. CRC Press.

Choudhary, P e Pawar, H. 2014. "Recently Investigated Natural Gums and Mucilages as Pharmaceutical

Excipients: An Overview." *Journal of Pharmaceutics* 2014: 1–9.

Cui, S, Nie, S, Roberts, K e Food, G. 2011. "Functional Properties of Dietary Fiber." *Comprehensive Biotechnology*. Second Edi. Elsevier B.V.

Damian, C e Olteanu, A. 2014. "Influence of Dietary Fiber from Pea on Some Quality Characteristics of Yoghurts." *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 20(2): 156–60.

DGS - Direção Geral de Saúde. 2018. "Fibra.". Disponível em: http://www.alimentacaosaudavel.dgs.pt/nutriente/fibra/. Acedido a: 16/11/2018.

Dhingra, D, Michael, M e Rajput, H. 2012. "Dietary Fibre in Foods : A Review." *Journal of Food Science and Technology* 49(3): 255–66.

Dogan, S, Sahin, S e Sumnu, G. 2005. "Effects of Soy and Rice Flour Addition on Batter Rheology and Quality of Deep-Fat Fried Chicken Nuggets." *Journal of Food Engineering* 71(1): 127–32.

Elleuch, M *et al.* 2011. "Dietary Fibre and Fibre-Rich by-Products of Food Processing: Characterisation, Technological Functionality and Commercial Applications: A Review." *Food Chemistry* 124(2): 411–21.

EG - EMSLAND GROUP. 2018. "Pea Fibre". Disponível em: https://www.emsland-group.de/product-solutions/food-innovation/natural-raw-materials/pea-fibre. Acessado a: 20/11/ 2018.

FAO e WHO. 1998. "Carbohydrate in Human Nutrition." Em: FAO Food and Nutrition Paper. Disponível em: http://www.fao.org/3/W8079E/W8079E00.htm. Acedido a: 20/11/2018.

Fellows, P. 2000. "Frying." In *Food Processing Technology. Principles and Practice.*, ed. CRC Press. Woodhead Publishing Limited, 355–62.

Fellows, P. 2016. "Frying." In *Food Processing Technology*, Woodhead Publishing Limited, 783–810.

Fernández-Ginés, J, Fernández-López, J, Sayas-Barberá, E e Pérez-Alvarez, J. 2005. "Meat Products as Functional Foods: A Review." *Journal of Food Science* 70(2): 37–43.

Fernández-López, J *et al.* 2008. "Physico-Chemical and Microbiological Profiles of 'Salchichón' (Spanish Dry-Fermented Sausage) Enriched with Orange Fiber." *Meat Science* 80: 410–17.

Fiszman, S e Salvador, A. 2003. "Recent Developments in Coating Batters." *Trends in Food Science and Technology* 14(10): 399–407.

Focant, M, Van Hoecke, A, Meurens, M e Vanbelle, M. 2005. Dietary Fibre: Chemical and Biological Aspects *Physiological Effects Os Pea Dietary Fibre in the Rat*. Woodhead Publishing Limited.

Font-i-furnols, M e Guerrero, L. 2014. "Consumer Preference , Behavior and Perception about Meat and Meat Products : An Overview." *Meat Science* 98(3): 361–71.

Fruet, A *et al.* 2014. "Incorporation of Dietary Fiber in Meat Products." *Revista Eletrónica em Gestão,*

*Educação e Tecnologia Ambiental/UFSM* 18: 11–17.

Gadiraju, T, Patel, Y, Gaziano, J e Djoussé, L. 2015. "Fried Food Consumption and Cardiovascular Health : A Review of Current Evidence." *Nutrients* 7: 8424–30.

García, M *et al.* 2002. "Utilization of Cereal and Fruit Fibres in Low Fat Dry Fermented Sausages." *Meat Science* 60: 227–36.

Goldring, J. 2004. "Resistant Starch: Safe Intakes and Legal Status." *Journal of AOAC International* 87(3): 733–39.

Gray, J. 2006. *Dietary Fiber: Definitio, Analysis, Physiology and Health*. ISLI Europe.

Grigelmo-Miguel, N, Abadías-Serós, I e Martín-Belloso, O. 1999. "Characterisation of Low-Fat High-Dietary Fibre Frankfurters." *Meat Science* 52: 247–56.

Grunert, K. 2006. "Future Trends and Consumer Lifestyles with Regard to Meat Consumption." *Meat Science* 74: 149–60.

Guerrero-Lagarreta, I e Hui, Y. 2010. *Handbook of Poultry Science Snd Technology*. New Jersey: WILEY.

Guillon, F e Champ, M. 2000. "Structural and Physical Properties of Dietary Fibres, and Consequences of Processing on Human Physiology." *Food Research International* 33(3–4): 233–45.

Haralampu, S. 2000. "Resistant Starch — a Review of the Physical Properties and Biological Impact of RS 3." *Carbohydrate Polymers* 41: 285–92.

Havrlentová, M e Kraic, J. 2006. "Content of β-D-Glucan in Cereal Grains." *Journal of Food and Nutrition Research* 45(3): 97–103.

Huber, E *et al*. 2016. "Characterization of Vegetable Fiber and Its Use in Chicken Burger Formulation." *Journal of Food Science and Technology* 53(7): 3043–52.

Hundy, G, Trott, A e Welch, T. 2016. "Food Refrigeration and Freezing." In *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps*, Butterworth Heinemann, 221–28.

IOM - Institute of Medicine. 2002. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Washington, D.C.: The National Academies Press

Kaack, K, Lærke, H e Meyer, A. 2006. "Liver Paté Enriched with Dietary Fibre Extracted from Potato Fibre Liver Pat e as Fat Substitutes." *European Food Research and Technology* 223: 267–72.

Kay, R. 1982. "Dietary Fiber." *Journal of Lipid Research* 23: 221–42.

Kim, H e Paik, H. 2012. "Functionality and Application of Dietary Fiber in Meat Products." *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 32(6): 695–705.

Kulp, K, Loewe, R, Lorenz, K e Gelroth, J. 2011. 1 AACC International *Batters and Breadings in Food Processing*. 2ed.

Lattimer, J e Haub, M. 2010. "Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health." *Nutrients* 2(12): 1266–89.

Lawless, H e Heymann, H. 2010. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. 2nd ed. Spinger.

Leroy, Frédéric, and Filip Degreef. 2015. "Convenient Meat and Meat Products . Societal and Technological Issues." *Appetite* 94: 40–46.

Mallikarjunan, P, Ngadi, M, e Chinnan, M. 2010. *Breaded Fried Foods*. New York: CRC Press.

Martens, L, Nilsen, M e Provan, F. 2017. "Pea Hull Fibre: Novel and Sustainable Fibre with Important Health and Functional Properties." *EC Nutrition* 10(4): 139–48.

Mehta, N, Ahlawat, S, Sharma, D e Dabur, R. 2013. "Novel Trends in Development of Dietary Fiber Rich Meat Products—a Critical Review." *Journal of Food Science and Technology* 52(2): 633–47.

Meilgaard, M, Civille, F e Carr, T. 2016. *Sensory Evaluation Techniques*. 5th ed. CRC.

Mendoza, E, García, M, Casas, C e Selgas, M. 2001. "Inulin as Fat Substitute in Low Fat, Dry Fermented Sausages." *Meat Science* 57(4): 387–93.

Mišurcová, L *et al.* 2012. "Health Benefits of Algal Polysaccharides in Human Nutrition." In *Advances in Food and Nutrition Research*, Elsevier, 75–145.

Mudgil, D e Barak, S. 2013. "International Journal of Biological Macromolecules Composition , Properties and Health Benefits of Indigestible Carbohydrate Polymers as Dietary Fiber : A Review." *International Journal of Biological Macromolecules* 61: 1–6.

National Edible Oil Distributors Association (NEODA). 2013. "Frying Guidelines." : 16.

Nestlé. 2013. "Dietary Fibre." Disponível em: https://www.nestle.com.au/nhw/nutritionfactsheets/dietaryfibre. Acedido a: 20/03/2019.

Nikafshar, S *et al*. 2017. "A Renewable Bio-Based Epoxy Resin with Improved Mechanical Performance That Can Compete with DGEBA." *RSC Advances* 14(7): 8694–8701.

Nugent, A. 2005. "Health Properties of Resistant Starch." *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin* 30(1): 27–54.

Assosiação Portuguesa dos Nutricionistas (APN). 2017. *Rotulagem Alimentar: Um Guia Para Uma Escolha Consciente*.

Ozyurt, V e Ötles, S. 2016. "Effect of Food Processing on the Physicochemical." *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 15(3): 233–245.

Pankaj, S e Keener, K. 2017. "A Review and Research Trends in Alternate Frying Technologies." In *Current Opinion in Food Science*, Elsevier Ltd, 74–79.

Perera, A., Meda, V. e Tyler, R. 2010. "Resistant Starch: a review of analytical protocols for determining

resistant starch content of foods." Food Research International 43(8):1959-1974.

Perera, C. 2015. "Evaluation of Functionality of Internal Pea Fiber in High Moisture Food Systems." *Roquette America Inc.*

Peris, P, Lesmes, I, Cuerda, C e Álvarez, M. 2002. "Metabolismo Colónico de La Fibra." *Nutrución Hospitalaria* 17(2): 11–16.

Petersson, K, Godard, O, Eliasson, A e Tornberg, E. 2014. "The Effects of Cereal Additives in Low-Fat Sausages and Meatballs. Part 2: Rye Bran, Oat Bran and Barley Fibre." *Meat Science* 96(1): 503-8.

Petracci, M, Sirri, F, Mazzoni, M e Meluzzi, A. 2013. "Comparison of Breast Muscle Traits and Meat Quality Characteristics in 2 Commercial Chicken Hybrids." *Poultry Science* 92(9): 2438–47.

Pietrasik, Z e Janz, J. 2010. "Utilization of Pea Flour , Starch-Rich and Fiber-Rich Fractions in Low Fat Bologna." *Food Research International* 43(2): 602–8.

Piñero, M *et al.* 2008. "Effect of Oat's Soluble Fibre (b -Glucan) as a Fat Replacer on Physical, Chemical, Microbiological and Sensory Properties of Low-Fat Beef Patties." *Meat Science* 80: 675–80.

Polizer, Y *et al.* 2015. "Development and Evaluation of Chicjen Nuggets with Partial Replacement of Meat and Fat by Pea Fiber." *Journal of Food Technology* 18(2): 62–69.

Professional Development Service for Teachers (PDST). 2017. *Sensory Analysis Teacher's Manual*. Dublin.

Pruthi, J. 1999. *Quick Freezing Preservation of Foods*. Allied Publishers.

Resano, H *et al.* 2011. "Consumer Satisfaction with Pork Meat and Derived Products in Five European Countries." *Appetite* 56(1): 167–70.

Rimac-Brnčić, S, Lelas, V, Rade, D e Šimundić, B. 2004. "Decreasing of Oil Absorption in Potato Strips during Deep Fat Frying." *Journal of Food Engineering* 64(2): 237–41.

ROQUETTE. 2017. "Specifications ROQUETTE Pea Fiber I 50M."

Salas-Salvadó, J, Bulló, M, Pérez-Heras, A e Ros, E. 2006. "Dietary Fibre, Nuts and Cardiovascular Diseases." *British Journal of Nutrition* 96(2): 45–51.

Salvador, A., Sanz, T e Fiszman, S. 2005. "Effect of the Addition of Different Ingredients on the Characteristics of a Batter Coating for Fried Seafood Prepared without a Pre-Frying Step." *Food Hydrocolloids* 19(4): 703–8.

Santarelli, R *et al.* 2010. "Meat Processing and Colon Carcinogenesis : Cooked , Nitrite-Treated , and Oxidized High-Heme Cured Meat Promotes Mucin-Depleted Foci in Rats." *Cancer Prevention Research* 3(7): 852–65.

Sosulski, F e Wu, K. 1988. “High-Fiber Breads Containing Field Pea Hulls , Wheat , Corn , and Wild Oat Brans.” *Cereal Chemistry* 65(3): 186–91.

Southgate, D, Spiller, G e Kay, R. 1992. “Glossary Od Dietary Fiber Components.” In *Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*, CRC Press, 29–33.

Steenblock, R, Sebranek, J, Olson, D, e Love J. 2001. “The Effects of Oat Fiber on the Properties of Light Bologna and Fat-Free Frankfurters.” *Journal of Food Science* 66(9): 3–9.

Stone, H, and J Sidel. 2004. *Sensory Evaluation Practices*. 3rd ed. Elsevier.

Talukder, S. 2015. “Effect of Dietary Fiber on Properties and Acceptance of Meat Products: A Review.” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(7): 1005–11.

Thebaudin, J, Lefebvre, A, Harrington M e Bourgeois, C. 1997. “Dietary Fibres: Nutritional and Technological Interest.” *Trends in Food Science and Technology* 8(2): 41–48.

Troy, D, Desmond, M e Buckley, D. 1999. “Eating Quality of Low-Fat Beef Burgers Containing Fat-Replacing Functional Blends.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79: 507–16.

Troy, D e Kerry, J. 2010. “Consumer Perception and the Role of Science in the Meat Industry.” *Meat Science* 86(1): 214–26.

Tungland, B e Meyer, D. 2002. “Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 1(3): 90–109.

Ufheil, G e Escher, F. 1996. “Dynamics of Oil Uptake during Deep-Fat Frying of Potato Slices.” *LWT - Food Science and Technology* 29(7): 640–44.

Varela, P, Salvador, A e Fiszman, A. 2008. “Methodological Developments in Crispness Assessment : Effects of Cooking Method on the Crispness of Crusted Foods.” *LWT - Food Science and Technology* 41(7): 1252–59.

Weiss, J, Gibis, M, Schuh, V e Salminen, H. 2010. “Advances in Ingredient and Processing Systems for Meat and Meat Products.” *Meat Science* 86(1): 196–213.

WFLO. 2008. “Frozen Foods Handling & Storage.” *WFLO Commodity Storage Manual*: 1–12.

Williams, B, Grant, L, Gidley, M e Mikkelsen, D. 2017. “Gut Fermentation of Dietary Fibres: Physico-Chemistry of Plant Cell Walls and Implications for Health.” *International Journal of Molecular Sciences* 18(10): 25.

Yılmaz, I. 2004. “Effects of Rye Bran Addition on Fatty Acid Composition and Quality Characteristics of Low-Fat Meatballs.” *Meat Science* 67: 245–49.

Zhang, N, Huang, C e Ou, S. 2011. “In Vitro Binding Capacities of Three Dietary Fibers and Their Mixture

for Four Toxic Elements , Cholesterol , and Bile Acid." *Journal of Hazardous Materials* 186(1): 236–39.

Zhu, K *et al.* 2010. "Effect of Ultrafine Grinding on Hydration and Antioxidant Properties of Wheat Bran Dietary Fiber." *Food Research International* 43(4): 943–48.

# ANEXOS

## Anexo I – Análises químicas

No presente anexo são expostos os resultados decorrentes da análise aos parâmetros químicos humidade, fibra alimentar, lípidos e proteína das amostras produzidas, os quais são apresentados na (Tabela I.1).

Tabela I.1. Valores dos parâmetros químicos analisados, na forma de média ± incerteza expandida

| **Ensaio** | **E1** | **E2** | **E3** | **E4** | **Unidade** |
|---|---|---|---|---|---|
| Humidade | 54,8 ± 1,64 | 53,1 ± 1,59 | 52,9 ± 1,59 | 52,6 ± 1,58 | % |
| Fibra alimentar | 1,2 ± 0,24 | 1,4 ± 0,28 | 1,4 ± 0,28 | 1,6 ± 0,32 | |
| Lípidos | 5,4 ± 0,38 | 4,4 ± 0,31 | 4,4 ± 0,31 | 4,3 ± 0,30 | |
| Proteína | 8,8 ± 0,53 | 8,4 ± 0,50 | 8,2 ± 0,49 | 8,0 ± 0,48 | |

# Anexo II – Análise sensorial

Neste anexo são inicialmente apresentadas as ordens de prova usadas na realização o teste de aceitação para cada um dos 30 provadores (Tabela II.1), seguidas das pontuações atribuídas pelos mesmos para cada uma das três amostras para os sete atributos estudados (Tabela II.2). As pontuações obtidas foram usadas para calcular as classificações médias de cada amostra de acordo com o atributo (Tabela II.3), estando estes resultados apresentados pela média com um intervalo de confiança de 95 %.

Por último, são apresentados os resultados das análises estatísticas às pontuações atribuídas pelos provadores (Tabelas II.4 e II.5).

Tabela II.1. Ordem de prova das amostras para cada provador

| **Provador** | **Ordem de prova** | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 121 | 539 | 487 |
| 2 | 121 | 487 | 539 |
| 3 | 539 | 121 | 487 |
| 4 | 539 | 487 | 121 |
| 5 | 487 | 121 | 539 |
| 6 | 487 | 539 | 121 |
| 7 | 539 | 487 | 121 |
| 8 | 121 | 539 | 487 |
| 9 | 539 | 121 | 487 |
| 10 | 487 | 121 | 539 |
| 11 | 121 | 487 | 539 |
| 12 | 487 | 539 | 121 |
| 13 | 539 | 121 | 487 |
| 14 | 487 | 121 | 539 |
| 15 | 121 | 539 | 487 |
| 16 | 539 | 487 | 121 |
| 17 | 121 | 487 | 539 |
| 18 | 487 | 121 | 539 |
| 19 | 121 | 487 | 539 |
| 20 | 487 | 539 | 121 |
| 21 | 121 | 539 | 487 |
| 22 | 487 | 121 | 539 |
| 23 | 539 | 121 | 487 |
| 24 | 487 | 539 | 121 |
| 25 | 539 | 121 | 487 |
| 26 | 539 | 487 | 121 |
| 27 | 121 | 539 | 487 |
| 28 | 121 | 487 | 539 |
| 29 | 487 | 539 | 121 |
| 30 | 539 | 487 | 121 |

121 – amostra E1; 539 – amostra E2; 487 – Amostra E4.

Tabela II.2. Valores atribuídos pelos provadores a cada parâmetro sensorial estudado

| Provador | Sabor | | | Aroma | | | Suculência | | | Firmeza | | | Gordura | | | Aceitab. geral | | | Int. de compra | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E1 | E2 | E4 | E1 | E2 | E4 | E1 | E2 | E4 | E1 | E2 | E4 | E1 | E2 | E4 | E1 | E2 | E4 | E1 | E2 | E4 |
| **1** | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| **2** | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| **3** | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| **4** | 5 | 2 | 2 | 5 | 3 | 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 3 |
| **5** | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| **6** | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| **7** | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| **8** | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 2 |
| **9** | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| **10** | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 2 |
| **11** | 4 | 5 | 2 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 4 | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 |
| **12** | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| **13** | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| **14** | 5 | 4 | 1 | 5 | 5 | 1 | 5 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 |
| **15** | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 | 1 | 3 | 5 | 2 | 5 | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| **16** | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 4 | 3 | 1 |
| **17** | 5 | 5 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5 | 2 | 4 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 |
| **18** | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 |
| **19** | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| **20** | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| **21** | 5 | 4 | 1 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| **22** | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| **23** | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 |
| **24** | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 |
| **25** | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 1 | 5 | 2 | 3 |
| **26** | 5 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 2 |
| **27** | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| **28** | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 |
| **29** | 4 | 5 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| **30** | 4 | 5 | 2 | 5 | 5 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 |

Tabela II.3. Resultados médios, e respetivo intervalo de confiança de 95 %, da análise sensorial às amostras selecionadas de rissóis de carne

| **Amostra** / **Parâmetro** | **E1** | **E2** | **E4** |
|---|---|---|---|
| Sabor | 4,40 ± 0,24 | 4,10 ± 0,33 | 2,40 ± 0,33 |
| Aroma | 4,17 ± 0,25 | 4,03 ± 0,24 | 2,50 ± 0,30 |
| Suculência | 4,43 ± 0,18 | 3,63 ± 0,33 | 2,13 ± 0,33 |
| Firmeza | 1,9 ± 0,28 | 2,97 ± 0,31 | 2,97 ± 0,34 |
| Gordura | 2,27 ± 0,31 | 3,70 ± 0,42 | 2,50 ± 0,41 |
| Aceitabilidade geral | 4,27 ± 0,21 | 3,80 ± 0,23 | 2,63 ± 0,42 |
| Intenção de compra | 4,47 ± 0,22 | 3,37 ± 0,30 | 2,27 ± 0,28 |

Tabela II.4. Valores de *p* resultantes da análise ANOVA aos valores atribuídos pelos provadores aos atributos sensoriais

| **Atributo** | ***p*** |
|---|---|
| Sabor | < 0,05 |
| Aroma | |
| Suculência | |
| Firmeza | |
| Gordura | |
| Aceitabilidade geral | |
| Intenção de compra | |

Tabela II.5. Valores de *p* obtidos no Teste *post-hoc* de *Tukey* para os atributos avaliados

| | **Grupos** | |
|---|---|---|
| **Atributo** | **E1 – E2** | **E1 – E4** |
| Sabor | 0,364 | $1{,}07 \times 10^{-4}$ |
| Aroma | 0,770 | $1{,}07 \times 10^{-4}$ |
| Suculência | $8{,}68 \times 10^{-4}$ | $1{,}07 \times 10^{-4}$ |
| Firmeza | $1{,}37 \times 10^{-4}$ | $1{,}37 \times 10^{-4}$ |
| Gordura | $1{,}12 \times 10^{-4}$ | 0,687 |
| Aceitação geral | 0,093 | $1{,}07 \times 10^{-4}$ |
| Intenção de compra | $1{,}07 \times 10^{-4}$ | $1{,}07 \times 10^{-4}$ |

Valor de $p < 0{,}05$.