



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR**

Andreia Sofia Mendes Alves

**Desenvolvimento de snacks de ervilha frita:  
influência da demolha em soluções de diferentes  
compostos de sódio**

Orientador: Rui Manuel Machado da Costa

Coorientador: João Freire de Noronha

Coimbra, 2022



**Escola Superior  
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

**MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR**

Andreia Sofia Mendes Alves

**Desenvolvimento de snacks de ervilha frita:  
influência da demolha em soluções de diferentes  
compostos de sódio**

Trabalho de projecto apresentado à Escola Superior Agrária  
de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de mestre em **ENGENHARIA ALIMENTAR**.

Orientador: Rui Manuel Machado da Costa

Coorientador: João Freire de Noronha

Coimbra, 2022



## **Agradecimentos**

A realização deste relatório não teria sido possível sem o auxílio e apoio de várias pessoas, às quais estarei eternamente grata.

Ao meu orientador, Professor Rui Costa, por toda a disponibilidade, simpatia, apoio e orientação prestada durante o decorrer deste projeto, bem como no auxílio da realização do relatório e artigo, o meu obrigado.

Ao professor João Noronha, por todas as sugestões, acompanhamento e partilha de conhecimentos.

Ao Sr. Viegas pela companhia, apoio e disponibilidade. Foi sem dúvida uma peça fundamental na realização deste projeto.

A todos os envolvidos nas provas de análise sensorial, a vossa participação foi fundamental.

Expresso também o meu agradecimento ao Instituto Pedro Nunes e ao Engenheiro Carlos Patacas pela ajuda prestada no decorrer das análises e imagens partilhadas.

A todos meus amigos e família pela compreensão, atenção e motivação que prestaram nos momentos em que mais foi necessário. Em especial, um grande obrigado à minha colega Sandrine por todo o apoio prestado na execução de algumas tarefas.

Por último, tendo consciência de que sozinha nada disto teria sido possível, dirijo um agradecimento especial aos meus pais, por todo o apoio incondicional e incentivo. Por todas as vezes que me ouviram, pela confiança, amizade e paciência demonstrados ao longo desta caminhada.

## Resumo

Este trabalho teve como objetivos o estudo da influência da demolha de ervilha seca em soluções de diversas fontes de sódio na microestrutura e na qualidade sensorial da ervilha frita bem como a elaboração de um artigo científico com a inclusão de resultados de um estudo prévio.

A qualidade sensorial da ervilha frita foi avaliada por duas provas distintas, uma de aceitação e outra de ordenação. Em ambas as provas foram detetadas diferenças entre as amostras, sendo que a amostra de ervilha frita demolhada na solução de 1,5% NaCl revelou ser melhor opção, comparativamente com as amostras demolhadas em NaOH, NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e NaHCO<sub>3</sub>, nas diferentes concentrações.

De forma a avaliar-se a microestrutura das ervilhas realizou-se uma microscopia eletrónica de varrimento que também revelou diferenças entre as várias amostras. Estas diferenças ocorrem ao nível das pectinas e fibras presentes nas ervilhas, provocadas pelos diferentes pH das soluções utilizadas.

Estes resultados foram compilados com um trabalho anterior num artigo onde é abordado o efeito da imersão em diferentes soluções de compostos de sódio, do escaldão e de temperatura de fritura sobre a qualidade global, microestrutura e qualidade sensorial das ervilhas fritas.

**Palavras-chave:** *Pisum sativum L.*, fontes de sódio, microestrutura, qualidade sensorial

## **Abstract**

This work aimed to study the influence of dry pea soaking in solutions of various sodium sources in the microstructure and sensory quality of fried pea as well as the preparation of a scientific paper.

In order to test the sensorial quality of the pea, two distinct tests were performed, one of acceptance and another of ranking. In both tests differences were detected between the samples, and the sample of fried pea soaked in the solution of 1.5% NaCl proved to be the best option.

In order to evaluate the microstructure of peas, a scanning electron microscopy (SEM) was performed, which also revealed differences between the various samples. These differences occur at the level of pectins and fibers present in peas, caused by the different pH of the solutions used.

The article discusses the effect of immersion in different solutions, bleaching and frying processes on the overall quality, microstructure and sensory quality of fried peas.

**Keywords:** *Pisum sativum L.*, sources of sodium, microstructure, sensory quality

## Sumário

<b>Agradecimentos.....</b>	<b>ii</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>iv</b>
<b>Sumário.....</b>	<b>v</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Ervilha ( <i>Pisum sativum</i> L.) .....	1
1.2. Fontes de sódio utilizados.....	3
1.2.1. Hidróxido de Sódio .....	4
1.2.2. Cloreto de Sódio.....	4
1.2.3. Carbonato de Sódio.....	5
1.2.4. Bicarbonato de Sódio .....	5
1.3. Microscopia Eletrônica de Varrimento (SEM).....	6
1.4. Análise Sensorial .....	8
1.4.1. Condições para a execução das provas.....	8
1.4.2. Tipos de provas .....	9
1.4.2.1. Provas Descritivas .....	9
1.4.2.2. Provas Discriminativas .....	9
• Teste de Ordenação .....	10
1.4.2.3. Provas Hedônicas ou Afetivas.....	12
• Prova de Aceitação.....	13
<b>2. Estudo anterior e objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>3. Materiais e Métodos .....</b>	<b>17</b>
3.1. Materiais.....	17
3.2. Preparação de amostras .....	17
3.3. Microscopia Eletrônica de Varrimento (SEM).....	18
3.4. Análise Sensorial .....	19
Prova de aceitação (ISO 11136:2014) .....	19
Prova de ordenação (ISO 8587:2006) .....	20
<b>4. Resultados e discussão .....</b>	<b>21</b>
4.1. Microscopia Eletrônica de Varrimento (SEM).....	21
4.2. Análise Sensorial .....	24
4.2.1. Prova de aceitação .....	24

4.2.2. Prova de ordenação .....	27
4.3. Artigo científico .....	30
<b>5. Conclusão .....</b>	<b>31</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>32</b>
Anexo I – Valores Críticos para a análise de variância por número de ordem de Friedmann.....	37
Anexo II- Effects of alkaline solutions on the morphology of peas.....	38
Anexo III- Consentimento informado, livre e esclarecido: provas de análise sensorial .....	44
Anexo IV- Questionário da prova de aceitação.....	46
Anexo V- Questionário da prova de ordenação.....	46

## **Lista de figuras**

Figura 1: Microtomografia Computorizada- Semente de Ervilha .....	2
Figura 2: Esquema exemplificativo dos componentes existentes num microscópio eletrônico de varrimento .....	7
Figura 3: Laboratório de Análise Sensorial (ESAC) - Cabinas de ensaio.....	9
Figura 4: Fluxograma do processo de fabrico de ervilhas fritas .....	14
Figura 5: Ervilha Demolhada e Liofilizada demolhada em H <sub>2</sub> O (A- amido, P- proteínas, S- seed coat) – Ampliação 500x .....	21
Figura 6: Imagens SEM: A-DBL H <sub>2</sub> O (Ampliação 75x); B- DBL NaCl (Ampliação 75x); C- DBL NaOH (Ampliação 75x); D- DBL NaHCO <sub>3</sub> (Ampliação 75x) .....	22
Figura 7: Imagens SEM: A- Frita H <sub>2</sub> O (Ampliação 150x); B- Frita NaCl (Ampliação 150x); C- Frita NaOH (Ampliação 150x); D- Frita NaHCO <sub>3</sub> (Ampliação 150x); E- Frita Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (Ampliação 150x) .....	23
Figura 8: Divisão dos participantes das provas de análise sensorial por faixa etária .....	24

## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Métodos de análise de dados para testes afetivos. ....	12
Tabela 2: Informação nutricional das ervilhas utilizadas .....	17
Tabela 3: Valores de média e desvio padrão das várias amostras, obtidas utilizando o teste de escala hedônica e Análise de variância (ANOVA) dos atributos avaliados na análise sensorial das várias amostras .....	25
Tabela 4: Comentários apresentados pelos provadores na Prova de aceitação .....	26
Tabela 5: Dados obtidos na prova de ordenação para soluções com diferentes concentrações de NaCl .....	27
Tabela 6: Resultados obtidos na prova de ordenação das amostras demolhadas nas soluções de NaCl, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaHCO <sub>3</sub> e água desionizada a uma concentração de 0,257 em Na (mol/L) .....	28
Tabela 7: Diferenças nas somas de ordem observadas entre as diversas amostras .....	29
Tabela 8: Comentários apresentados pelos provadores- Prova de Ordenação.....	29

## 1. Introdução

### 1.1. Ervilha (*Pisum sativum* L.)

*Pisum sativum* L., popularmente chamada de ervilha, é uma leguminosa de origem asiática, cultivada desde a pré-história, sendo popular entre gregos e romanos que a difundiram pelo continente europeu. Foi levada para a América por volta do século XV considerada a época das grandes navegações e descobrimentos.

No século XIX, durante os primeiros desenvolvimentos do estudo da genética, as ervilhas desempenharam um papel bastante importante nos ensaios realizados por Gregor Mendel, que descobriu as leis da hereditariedade. Hoje a ervilha tem entre seus principais produtores os Estados Unidos, a China e a Índia (Vespa, 2017).

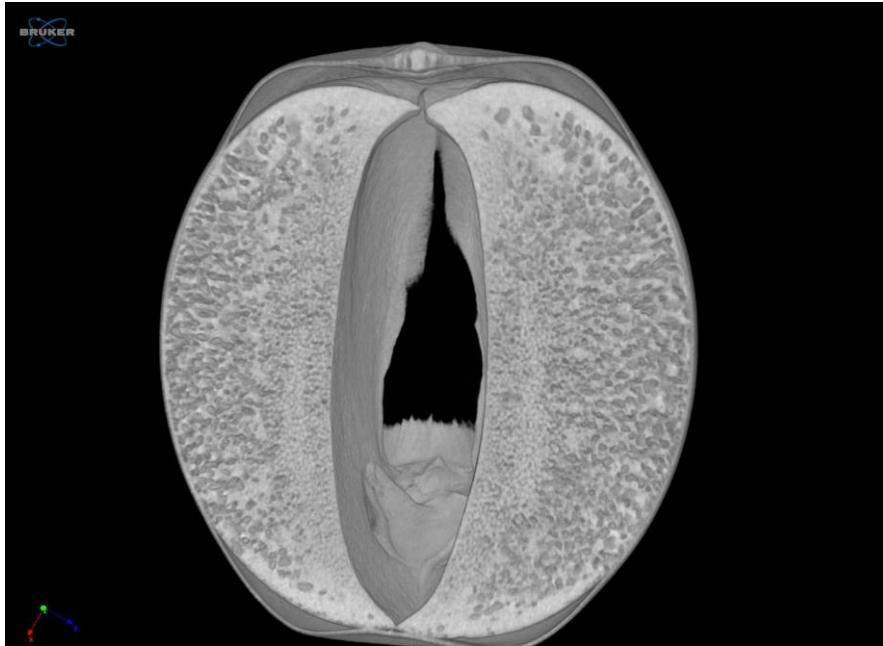
A ervilha caracteriza-se por ser uma planta dicotiledónea herbácea anual, com um sistema radicular aprumado com nódulos fixadores de azoto atmosférico. Os caules são ocos e angulosos podendo chegar até três metros de altura. O fruto apresenta-se no formato de vagem que pode conter até cerca de dez sementes. Propaga-se por sementes e adapta-se em variadas temperaturas e solos, mas tem preferência por temperaturas mais amenas e solos ricos em nutrientes (Marques, 2019).

A espécie *Pisum sativum* engloba as variedades *sativum* e *arvense*, que são utilizadas na agricultura, em diversas regiões do planeta. A variedade *sativum* apresenta flores brancas e sementes de cor verde ou creme, engloba as ervilhas para debulhar tanto em fresco como para a transformação industrial. A variedade *arvense* apresenta flores violetas e sementes coloridas, esta variedade destina-se maioritariamente à alimentação animal (Campos, 2014).

A morfologia das sementes pode ser bastante variada podendo estas serem lisas ou enrugadas, redondas ou angulares. As cores variam do branco ao cinza, verde ou castanho (Burnham et al., n.d.)

As sementes maduras não apresentam endosperma pois este é absorvido na germinação, sendo os cotilédones a desempenharem um papel nutritivo para a semente em germinação (Smýkal et al., 2012). A Figura 1 foi obtida através de uma microtomografia computadorizada realizada a uma ervilha seca e disponibilizada pelo Instituto Pedro Nunes, onde é possível identificar os dois cotilédóneos. O amido presente na ervilha, bem como as proteínas estão localizadas dentro das paredes rígidas

das células dos cotilédóneos onde a pectina, a celulose e o xiloglucano são os principais componentes (Junejo et al., 2021).



*Figura 1: Microtomografia Computorizada- Semente de Ervilha*

A utilização da ervilha na alimentação é muito variada podendo ser cultivada quer para obtenção dos seus grãos (sementes secas), sementes e vagens imaturas ou rebentos. Estes grãos imaturos são normalmente consumidos sob a forma de enlatados ou congelados (Anónimo, n.d.). As sementes de ervilha são também utilizadas como fonte de amido, proteína e fibra podendo ter diversas aplicações na indústria alimentar. Por exemplo, as fibras de ervilha são usadas em vários produtos sem glúten feitos de arroz, milho e/ou farinha de batata para aumentar o teor de fibras (Noguchi et al., 2020).

A nível nutricional, a ervilha é ainda rica em vitaminas A, B e C, além de alguns sais minerais como cálcio, fósforo, ferro e potássio. Apresenta propriedades antioxidantes e cicatrizantes.

Outros componentes encontrados na ervilha podem ainda ter efeitos benéficos adicionais na saúde. Após surgir a ideia de que as grandes quantidades de soja consumidas nas dietas tradicionais japonesas, podiam ser um dos fator-chave para as reduzidas taxas de mortalidade de cancro na população japonesa, foi feita uma investigação sobre a capacidade dos inibidores Bowman-Birk de influenciar o crescimento de células cancerígenas do cólon humano que revelou que estes inibidores,

também presentes na semente de ervilha, poderiam ser tão significativos quanto os derivados da soja na luta contra cancro (Domoney, n.d.) (Clemente et al., 2005).

A nível global, tem-se sentido uma crescente procura numa alimentação feita à base de plantas no sentido de combater certos problemas de saúde, substituindo nomeadamente a proteína animal por proteínas vegetais, o que tem levado a um crescimento do consumo de ervilha (Mohammed et al., 2018).

Sabe-se também que a *snackification* representa uma macrotendência do setor alimentar (Gonçalves, 2020), sendo esta procura impulsionada pelos estilos de vida praticados no dia a dia que fazem com que os consumidores procurem opções rápidas e saudáveis que possam substituir as tradicionais. A esta tendência alia-se a mudança de hábitos alimentares e a consciencialização ambiental, que fazem com que a procura por opções vegetais seja cada vez maior, impulsionando assim o mercado de ingredientes proteicos de ervilha, sendo esta cada vez mais procurada (Michail, 2018)(García-Segovia et al., 2020).

As ervilhas têm sido amplamente utilizadas na preparação de snacks principalmente sob a forma de farinha, como substituto da farinha de trigo ou como uma fonte alternativa de proteínas e minerais (Mousa et al., 2021) (Prakash Pandey et al., 2019). A ervilha apresenta um alto teor de humidade inicial (cerca de 70-75%) o que permite o desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento, sendo por isso necessário recorrer a processos de conservação, como por exemplo a secagem. Dependendo do processo utilizado, são várias as alterações que podem ocorrer quer a nível físico, químico ou nutricional do produto alimentar. Segundo um estudo realizado por Om Prakash Pandey, as ervilhas sofrem uma alteração indesejável da cor durante o processo de secagem pelo que é necessário a realização de um pré-tratamento de forma a contornar este problema, como por exemplo a realização de um escaldão ( Pandey et al., 2019).

## **1.2. Fontes de sódio utilizados**

O pré tratamento de ervilhas para a produção de snacks, pode utilizar diversas fontes de sódio, quer sais, quer bases, para conferir os sabor salgado ou para alterar o pH.

O sódio representa um dos elementos mais abundantes nas camadas superiores da crosta terrestre. O elemento tem a forma de um sólido com brilho prateado e propriedades plásticas. Tanto o sódio como os seus compostos químicos desempenham um papel importante na economia. Estes são usados em várias indústrias para fabricar produtos acabados, como vidro, papel, detergentes, além de outros produtos químicos e aditivos para gasolina.

De seguida descrevem-se as fontes de sódio utilizadas neste trabalho.

### **1.2.1. Hidróxido de Sódio**

O hidróxido de sódio (NaOH) ou soda cáustica é um sólido branco e cristalino. Produzido em laboratório, este pode ser comercializado sob a forma de pó, lentilhas, pérolas e micropérolas. É um sal altamente tóxico e corrosivo, com um ponto de fusão igual a 318,4 °C, massa específica de 2,12 g/mL, pH básico (entre 13 e 14) e um ponto de ebulição de 1390 °C (Silva, 2012).

A soda cáustica tem uma grande variedade de aplicações tendo em conta o seu forte poder alcalino que faz com que este reaja com várias substâncias. O NaOH é usado na refinação de petróleo e derivados, na produção de produtos farmacêuticos e medicamentos e no tratamento de águas. Outras aplicações incluem a refinação de óleos vegetais, regeneração de resinas, produção de tecidos de algodão entre outros. Na indústria alimentar é conhecido como E524 e é utilizado na cura de alimentos, atua na remoção de peles de vegetais e frutas para conservas (FAD, n.d.).

Devido às suas fortes qualidades corrosivas, a exposição ao hidróxido de sódio quer na sua forma sólida ou em solução pode causar irritação na pele e nos olhos (ACC, n.d.).

### **1.2.2. Cloreto de Sódio**

O cloreto de sódio (NaCl), ou sal de cozinha é um composto iónico cristalino incolor, solúvel em água, ligeiramente solúvel em etanol e com pH neutro (pH = 7). Este é formado por um catião de sódio  $\text{Na}^+$  e um anião de cloreto  $\text{Cl}^-$  (Araujo, n.d.).

O cloreto de sódio permite reforçar o sabor dos alimentos e tem a capacidade de variar a pressão de vapor da dissolução, isto é, aumenta o ponto de ebulição e diminui o ponto de congelamento em função da sua concentração.

O cloreto de sódio apresenta um elevado poder osmótico, desidratando vírus e bactérias não esporulados.

A obtenção de cloreto de sódio pode ser feita através da evaporação da água do mar ou através da extração do mineral halite (sal-gema) (Mendes et al., 2012).

### **1.2.3. Carbonato de Sódio**

O carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , é branco ou levemente acastanhado, é facilmente solúvel em água e tem a forma de um pó fino e cristalino. Tem um ponto de fusão de 852 °C. Quando exposto a temperaturas mais altas ou à humidade este pode endurecer, pelo que deve ser armazenado em condições adequadas. Tem propriedades alcalinas (pH = 11,5). Não causa irritação na pele, mas o contato com os olhos deve ser evitado.

É amplamente utilizado na indústria de detergentes, fazendo parte das fórmulas dos detergentes em pó para as máquinas de lavar roupa. Está também presente em muitos produtos de limpeza domésticos, graças às suas propriedades desengordurantes (Fisher, n.d.).

Na indústria alimentar é conhecido sob a designação E500 e é utilizado como agente de fermentação, estabilizador e para manter os níveis corretos de pH (ASAE, n.d.).

### **1.2.4. Bicarbonato de Sódio**

O bicarbonato de sódio é um composto químico que se apresenta na forma de um sólido cristalino de coloração branca ou levemente rosada. Também conhecido como hidrogenocarbonato de sódio tem como fórmula molecular  $\text{NaHCO}_3$ .

Este composto inorgânico tem uma reação ácida e apresenta excelentes propriedades de neutralização de ácidos. O bicarbonato de sódio tem propriedades de formação de espuma e aumento. Transforma-se em carbonato de sódio a altas temperaturas (aproximadamente 180-200 °C). Apresenta um pH básico de 8,5.

O bicarbonato de sódio pode ser utilizado em diversas fórmulas caseiras, possuindo utilidades na limpeza, para a saúde e também para a beleza. Quando misturado com vinagre, sal, limão e água, ele forma uma mistura sustentável e eficaz para substituir os produtos de limpeza convencionais e auxilia a remover manchas (eCycle, n.d.). Na indústria alimentar é muito utilizado na panificação como agente de fermentação.

### **1.3. Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM)**

O pré-tratamento de ervilhas com sais e bases, resultas em alterações microestruturais que são estudadas com recurso a técnicas de microscopia. O microscópio tem como principal função a obtenção de imagens ampliadas daquilo que é impossível ver a olho nu. A forma mais antiga e usual é a lupa, seguida do microscópio ótico que ilumina o objeto com luz visível ou luz ultravioleta e dos telescópios. O microscópio ótico tem como principal limitação uma ampliação máxima de 2000 vezes, uma vez que acima deste valor, os detalhes de menor dimensão tornam-se impercetíveis (Dedavid et al., 2007).

O microscópio eletrónico de varrimento (SEM- *Scanning Eletronic Microscope*) utiliza um feixe de eletrões no lugar do feixe de fotões utilizado no microscópio ótico convencional, o que permite obter uma maior ampliação dos objetos sem perder a qualidade da imagem. Este feixe de eletrões altamente focado, percorre a superfície das amostras ponto por ponto, linha a linha. Os eletrões secundários ou retrodifundidos pela amostra são detetados por detetores de eletrões, sendo este sinal tratado de forma a criar uma imagem pixel por pixel num ecrã.

Este tipo de microscópio apresenta vários constituintes de elevada importância para o seu funcionamento entre os quais se encontra o canhão de eletrões, um conjunto de lentes, um sistema de vácuo bem como um sistema de varrimento e uma câmara.

O canhão de eletrões tem como objetivo a produção e a condução dos mesmos até à amostra. Este pode ter dois tipos de emissão, emissão de campo ou termoemissão – de tungsténio ou hexaboreto de lantânio.

O conjunto de lentes – objetivas e condensadoras - permite que o feixe de eletrões seja focado na amostra, recorrendo-se para tal a um campo estático ou eletromagnético.

O sistema de vácuo é fundamental para que os eletrões se propaguem sem que ocorra dispersão.

O sistema de varrimento permite que seja formada uma imagem da amostra. Para tal, o feixe de eletrões faz o varrimento da amostra horizontalmente em direções perpendiculares (X e Y).

A câmara onde é colocada a amostra é um espaço livre, imediatamente abaixo da lente objetiva, onde estão posicionados todos os detetores usados no microscópio e

onde é necessário criar o vácuo. Esta permite também a movimentação da amostra. (Ferreira, 2016).

Na figura seguinte encontra-se um esquema exemplificativo dos componentes existentes num microscópio deste tipo (Ford et al., 2019).

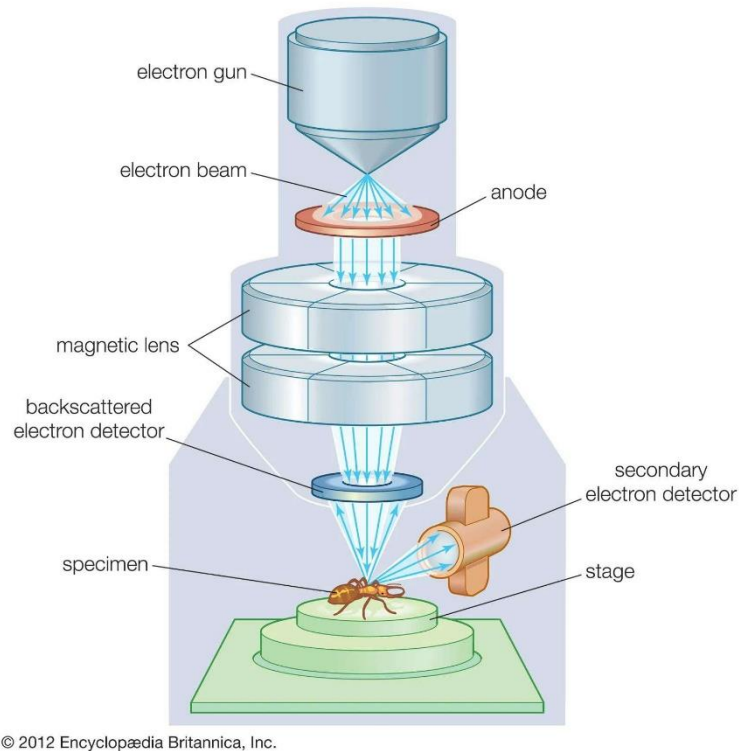


Figura 2: Esquema exemplificativo dos componentes existentes num microscópio eletrónico de varrimento

A microscopia eletrónica de varrimento tem uma ampla gama de pesquisas e aplicações práticas uma vez que fornece imagens topográficas detalhadas, sendo possível obter dados bastante versáteis. Este requer uma cuidada preparação de amostras a analisar.

Deve-se ter em atenção o tamanho e a forma da amostra bem como se esta possui ou não propriedades condutoras. Se a amostra não apresentar propriedades condutoras será necessário revesti-la primeiro com uma fina camada de ouro, prata, platina ou prata.

De forma a garantir a clareza da imagem que se irá obter, a amostra deve estar limpa e esta deve ser fixada de forma a manter os seus detalhes estruturais durante o processo. A amostra deve estar completamente seca antes de ser colocada no ambiente de vácuo do microscópio, caso isso não aconteça, a vaporização da água poderá obstruir o feixe de elétrons, afetando conseqüentemente a clareza da imagem.

## **1.4. Análise Sensorial**

A análise do efeito de pré-tratamentos na ervilha frita deve ser realizada uma vez que, a apreciação sensorial favorável pelo consumidor é essencial para o sucesso de consumo deste. A análise Sensorial ou Exame Organolético é definido pela Norma Portuguesa 4263 (1994) como “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”, sendo nesta definida organolética como “qualifica uma propriedade de um produto perceptível pelos órgãos do sentido” (Vieira, 2015).

Esta é uma ciência utilizada para medir, relacionar, analisar e interpretar os vários parâmetros e características de cada produto recorrendo aos cinco sentidos - visão, olfato, tato, sabor e audição - em condições de ensaio pré-definidas (Stone, 2012).

### **1.4.1. Condições para a execução das provas**

As provas de análise sensorial devem ser realizadas em ambiente controlado, em instalações especialmente construídas ou adaptadas para o efeito, com a exceção das provas que envolvam consumidores.

Este local deve ter um espaço de ensaio que permita o trabalho individual e /ou de grupo e um espaço para a preparação das amostras. É também desejável que possua um gabinete administrativo, local de relaxe ou decompressão, vestiário e instalações sanitárias (NP 4258:1993).

O local para a realização das provas deve ser isento de ruídos externos, ser bem ventilado e livre de odores. Todos os equipamentos presentes, bem como o local de ensaio devem ser de cor neutra de forma a não influenciarem a avaliação do produto.

É aconselhada a existência de cabinas de ensaio fixas e devidamente identificadas (Figura 3), desta forma é possível limitar distrações bem como a comunicação entre provadores (Carmo, 2018).



Figura 3: Laboratório de Análise Sensorial (ESAC) - Cabinas de ensaio

### **1.4.2. Tipos de provas**

As provas de análise sensorial podem ser descritivas, discriminativas ou hedónicas. Devem ser escolhidas tendo por base um objetivo específico, ou seja, deve adequar-se ao tipo de resposta que se pretende obter acerca do produto. Estas análises podem ser efetuadas para vários fins, sejam eles desenvolvimento de novos produtos, estudos de tempo de vida, reformulações dos produtos, controlo de qualidade, entre outros.

#### **1.4.2.1. Provas Descritivas**

Estes testes sensoriais permitem descrever, simultaneamente, várias características num ou mais produtos. Neste tipo de prova é fornecido aos provadores escalas para avaliarem a intensidade das sensações provocadas pelos atributos e/ou para "apreciarem", avaliarem hedonicamente, os produtos em avaliação (Esteves, 2009).

Este tipo de análise é bastante demorado e dispendioso, "flavour profile" e "texture profile" são alguns exemplos de provas descritivas.

#### **1.4.2.2. Provas Discriminativas**

As provas discriminativas têm como objetivo determinar se existe diferença sensorial significativa entre duas amostras, podendo estas ser divididas em duas categorias, provas de diferença global e provas de diferença de atributos (Cardim, n.d.).

As provas de diferença global têm como foco se há diferenças entre duas amostras, não importando o aspecto em que diferem. Dentro destas provas temos o Teste Triangular, Teste Dois-em-Cinco, Teste Duo-Trio, Teste de Diferenças Simples e o Teste “A” e “não A”.

As provas de diferença de atributos, tal como o nome indica, têm como foco se há diferença entre duas amostras, mas em relação a um atributo específico. A não detecção de uma diferença para um dado atributo particular não exclui a hipótese de não existir uma diferença global entre as amostras. Neste tipo de prova estão incluídos os Testes de Comparação Múltipla, Testes de Ordenação e Testes Pareados (Carmo, 2018).

### ***Teste de Ordenação***

O teste de ordenação avalia três ou mais amostras, simultaneamente, ordenando-as em relação à intensidade de um dado atributo específico ou da preferência do provador (Carmo, 2018).

É um teste amplamente utilizado devido à sua simplicidade, facilidade de interpretação e aplicação (Gámbaro & McSweeney, 2020).

Segundo a ISO 8587:2006, este teste poderá ser utilizado para a avaliação do desempenho dos avaliadores, para a avaliação de um critério descritivo, determinando a influência dos níveis de intensidade de um ou mais parâmetros nos produtos a testar ou para a determinação da ordem de preferência, em relação a um conjunto de amostras.

A prova de ordenação é mais rápida comparativamente com outros métodos e pode também ser utilizada para o treino e seleção dos provadores.

Nesta prova, apresenta-se ao provador um conjunto  $k$  amostras, ordenadas aleatoriamente, solicitando-se que as ordene de acordo com o atributo em questão. O provador deverá efetuar a prova de todas as amostras antes de dar a resposta final. O painel de provadores deve ter o mesmo nível de qualificação, sendo este nível escolhido de acordo com o objetivo do teste em questão. O número de provadores depende também do objetivo do teste. Para a avaliação descritiva de um produto, o número mínimo de avaliadores, deverá ser entre 5 a 8 provadores, sendo a discriminação melhorada com 16 ou mais provadores (ISO 8587:2006).

O resultado deste teste é dado pela soma das ordens obtidas nas respostas dos provadores para cada uma das amostras. A análise de resultados pode ser feita

recorrendo ao teste de Friedman, utilizando a tabela do Anexo I para verificar se existem ou não diferenças significativas entre as amostras.

Numa primeira fase, calcula-se o valor de Friedman (Fr) recorrendo à fórmula seguinte.

$$Fr = \frac{12}{Nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3N(k+1)$$

*Equação 1: Cálculo Valor de Friedman*

Onde,

**N** representa o número de provedores;

**K** representa o número de amostras;

**R<sub>j</sub>** representa a somas das ordens para a produto.

O valor de Fr calculado é então comparado com os valores críticos apresentados de forma a verificar se há ou não diferença significativa entre amostras. Se a diferença entre as somas das ordens for maior ou igual ao valor tabelado, conclui-se que existe diferença significativa entre as amostras ao nível de significância correspondente (Siegel, S. & Castellan-Jr., 1988).

Caso se verifique que existe uma diferença significativa entre amostras após a aplicação do método de Friedman, é ainda possível dizer se as amostras são significativamente diferentes. Para isso recorre-se à diferença na soma das ordens entre duas amostras, recorrendo às seguintes equações:

$$|R_i - R_j| \geq 1,96 \sqrt{\frac{N \times k \times (k + 1)}{6}}$$

*Equação 2: Diferença na soma das ordens entre duas amostras para um nível de significância de 5%*

$$|R_i - R_j| \geq 2,57 \sqrt{\frac{N \times k \times (k + 1)}{6}}$$

*Equação 3: diferença na soma das ordens entre duas amostras para um nível de significância de 1%*

### 1.4.2.3. Provas Hedônicas ou Afetivas

Neste tipo de prova, o provador deve indicar a sua preferência ou aceitação, selecionando, classificando ou pontuando as amostras (Sidel et al., 1981).

Estes testes são também chamados de testes de consumidores. Estes devem conhecer o produto em teste de forma a que se possa obter a opinião do consumidor relativamente às suas preferências (Da Glória & Nogueira, 2011).

O teste mais aplicado é o teste de aceitação, que está geralmente associado a uma escala hedônica de 9 pontos (Stone, 2012).

Para a sua realização é necessário um elevado número de provadores, entre 50 a 100 uma vez que, tratando-se de opiniões pessoais, é apresentada uma grande variabilidade de respostas, sendo estes resultados mais difíceis de interpretar. Estes devem ser voluntários, não treinados e não devem apresentar nenhum envolvimento com a análise em questão (Sabor Sur, n.d.).

Para a análise dos dados nos testes afetivos, é possível utilizarem-se métodos paramétricos ou não paramétricos, sendo estes últimos apropriados para os casos em que não são encontradas distribuições normais.

De seguida, é apresentada uma tabela baseada na norma ISO 11136:2014, onde se encontram os vários testes estatísticos a utilizar consoante as condições da prova em questão.

Tabela 1: Métodos de análise de dados para testes afetivos.

		Teste Utilizado	
		Paramétrico	Não Paramétrico
<b>Duas amostras</b>	As várias amostras foram avaliadas por um grupo diferente de provadores.	Teste- t (para amostras independentes)	Teste U de MannWhitney
	As várias amostras foram avaliadas por todos os provadores.	Teste- t (para amostras relacionadas)	Teste de postos sinalizados de Wilcoxon
<b>Mais do que duas amostras</b>	As várias amostras foram avaliadas por um grupo diferente de provadores.	Análise de variância (ANOVA)	Teste de Kruskal-Wallis
	Cada provador avaliou pelo menos dois desses produtos e, idealmente, todos eles.	Análise de variância (ANOVA)	Teste de Friedman (ANOVA)

### ***Prova de Aceitação***

Nos testes de aceitação por escala hedónica, o objetivo é o provador expressar o seu gosto por um determinado produto, de forma global ou em relação a um dado atributo. Para isso são utilizadas escalas, que contêm termos definidos, por exemplo entre “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” contendo sempre um ponto intermediário como por exemplo o termo “nem gostei nem desgostei”.

Esta prova pode ser realizada num local com condições específicas (Sala de Provas) ou num outro local afeto ao consumo do produto em causa (Ex: supermercado, restaurante, cantina, etc.) (IPB, n.d.).

A análise estatística dos resultados obtidos é feita recorrendo aos testes previamente mencionados (Tabela 1).

## 2. Estudo anterior e objetivos

O trabalho apresentado no presente relatório é a continuação de um estudo, realizado por outro autor (Gregorio, 2020), no qual o objetivo final consistia em perceber de que forma os pré-tratamentos realizados com as diferentes soluções, assim como o efeito da temperatura no ato da fritura, afetavam propriedades físicas do produto – textura, cor, teor de humidade, atividade da água, entre outros – e de que maneira estas propriedades se relacionavam. O estudo recorreu a vários métodos analíticos de forma a analisar todas as propriedades em causa, antes da fritura e após a fritura. Este estudo anterior foi integrado com o estudo apresentado neste trabalho para elaboração de um artigo científico, apresentado mais adiante, no Anexo II.

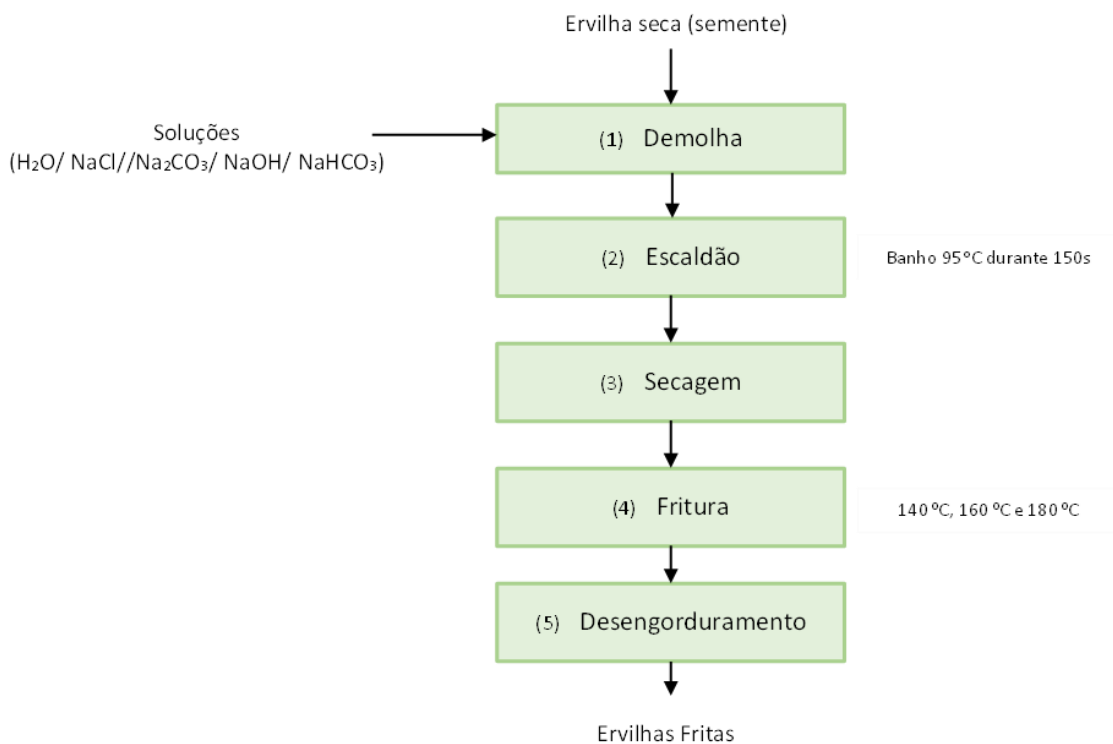


Figura 4: Fluxograma do processo de fabrico de ervilhas fritas

No estudo anterior e no estudo apresentado neste trabalho, foram preparadas ervilhas fritas segundo o seguinte processo (Figura 4):

- **Demolha:** as ervilhas foram demolhadas durante a noite (cerca de 12h) nas várias soluções de sal e bases utilizadas.
- **Escaldão:** é uma operação que tem como principal objetivo inativar a ação natural das enzimas presentes nos alimentos, fixar a cor e reduzir a

carga microbiana e, neste caso, gelatinizar o amido. O escaldão foi feito num banho de água a 95 °C, durante 150 segundos.

- **Secagem:** consiste em retirar a água superficial com a ajuda de papel absorvente de forma a diminuir a quantidade de água presente na ervilha durante a etapa seguinte.
- **Fritura:** foi feita em óleo de girassol. Esta etapa dá-se por terminada quando deixarem de existir bolhas de ar na superfície da ervilha.
- **Desengorduramento:** corresponde à fase final, onde se retira o excesso de óleo da superfície das ervilhas com a ajuda de papel absorvente.

Foram testadas várias concentrações de diferentes soluções alcalinas e de sal sendo que cada ensaio foi feito em triplicado. Relativamente à temperatura de fritura foram testadas três temperaturas diferentes: 140 °C, 160 °C e 180 °C.

As soluções utilizadas durante a demolha foram preparadas a partir de diferentes fontes de sódio em quatro concentrações de 0,086; 0,171; 0,257 e 0,342 em Na (mol/L): equivalentes a NaCl (0,5 g/100 mL, 1 g/100 mL, 1,5 g/100 mL, 2 g/100 mL), NaOH (0,342 g/100 mL, 0,684 g/100 mL, 1,027 g/100 mL, 1,369 g/100 mL), NaHCO<sub>3</sub> (0,719 g/100 mL, 1,437 g/100 mL, 2,156 g/100 mL, 2,875 g/100 mL), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0,453 g/100 mL, 0,907 g/100 mL, 1,360 g/100 mL, 1,814 g/100 mL).

Em relação aos dados obtidos nas várias análises efetuadas antes da realização da fritura, concluiu-se que:

- No teor de humidade, as ervilhas secas apresentavam um valor de 9,4%, sendo que após a demolha as ervilhas apresentam valores entre 54,45% para as soluções de NaCl e 62,37% para soluções de NaOH. Conclui-se que um pH mais alto em soluções alcalinas leva a uma maior absorção da água, fazendo com que este seja mais elevado e conseqüentemente a ervilha tenha uma dureza mais baixa.
- Relativamente ao aumento de massa, verificou-se que a partir de concentrações superiores a 0,257 mol/L de Na ocorria uma diminuição no aumento da massa explicado pelas elevadas concentrações de sal que provocam a expelição da água e conseqüentemente, um menor ganho de massa. O aumento de massa verificado nas ervilhas demolhadas em NaOH

é explicado pela alta alcalinidade da solução, que provoca um aumento na permeabilidade da membrana celular.

- Todas as fontes de sódio diminuíram a dureza das ervilhas demolhadas sendo que as ervilhas demolhadas em NaOH apresentaram menor dureza e as demolhadas em NaHCO<sub>3</sub> maior dureza.
- Relativamente ao teor de sódio, a percentagem de Na presente nas ervilhas é sempre inferior para NaCl, seguido do NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e NaOH.

Após a fritura, tendo como critérios a cor, a dureza, atividade da água e cinzas, verificou-se que o melhor processo para a produção de ervilhas fritas era o da ervilha demolhada em Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, com uma concentração de 1,36 g/100 mL, a uma temperatura de fritura de 160 °C. As ervilhas que apresentaram uma pior qualidade foram as ervilhas demolhadas em hidróxido de sódio pelo que serão excluídas do presente trabalho.

Na sequência do trabalho de Gregorio (2020), este trabalho teve como meta completá-lo com os seguintes objetivos específicos:

- i. Estudar a influência da demolha de ervilha seca em soluções de diversas fontes de sódio na microestrutura da ervilha frita.
- ii. Estudar a influência da demolha de ervilha seca em soluções de diversas fontes de sódio na qualidade sensorial da ervilha frita.
- iii. Incorporar o estudo identificado em *i* com um estudo de Gregorio (2020) num artigo científico.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Materiais

Para a realização deste trabalho foram adquiridas ervilhas secas provenientes de uma produção biológica à empresa “Próvida – Produtos Naturais, Lda”, situada em Mem Martins, Portugal.

As sementes foram armazenadas à temperatura ambiente, sendo depois selecionadas manualmente para a elaboração do projeto. Todas as sementes partidas, amarelas ou esbranquiçadas foram descartadas.

Na Tabela 2, encontra-se a informação nutricional do produto utilizado.

Tabela 2: Informação nutricional das ervilhas utilizadas

<b>Energia:</b>	1325 kJ/100 g
<b>Lípidos:</b>	2 g/100 g
• <i>Dos quais saturados:</i>	0,1 g
<b>Hidratos de Carbono:</b>	43 g/100 g
• <i>Dos quais açúcares:</i>	6 g
<b>Fibras:</b>	20,4 g/100 g
<b>Proteínas:</b>	21 g/100 g
<b>Sal:</b>	0,04 g/100 g

#### 3.2. Preparação de amostras

As amostras foram preparadas tendo em conta o processo utilizado anteriormente (Figura 4), fazendo apenas alguns ajustes consoante a análise pretendida.

No caso da análise SEM, foi necessário acrescentar uma etapa de liofilização às amostras não fritas, uma vez que, este tipo de análise não permite que a amostra testada apresente água na sua constituição. Foi também necessário trocar o óleo de girassol utilizado por uma gordura vegetal de palma da marca Guineas de forma a limitar a evaporação de gordura durante a fase de vácuo no SEM.

Para a realização das análises sensoriais a preparação da amostra seguiu todos os passos previamente estipulados na secção 1.5 sem sofrer nenhuma alteração.

### 3.3. Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM)

Para esta análise os compostos testados foram NaCl, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> e água desionizada. Na análise SEM utilizaram-se amostras relativas a diferentes fases do processo da elaboração do snack – ervilha seca, ervilha demolhada e liofilizada (DL), ervilha demolhada, branqueada e liofilizada (DBL) e ervilha frita (F) – de modo a averiguar a influência dos processos de demolha e fritura.

Numa primeira fase, as sementes foram embebidas à temperatura ambiente durante toda a noite nas respetivas soluções, utilizando uma concentração de 0,257 em Na (mol/L): NaCl (1,5 g/100 mL), NaOH (1,027 g/100 mL), NaHCO<sub>3</sub> (2,156 g/100 mL), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1,360 g/100 mL). Para cada imersão da amostra utilizou-se cerca de 5 g de ervilhas para 50 mL de solução.

Após a demolha, as amostras foram branqueadas e seguidamente fritas em gordura vegetal a uma temperatura de 160 °C.

Nas etapas da demolha e do branqueamento, foram retiradas amostras de cada solução e procedeu-se à liofilização das mesmas. Estas amostras foram desidratadas por congelação a uma temperatura de -40 °C e depois, liofilizadas durante a noite recorrendo ao equipamento *Lyph-Lock Stoppering Tray Dryer – Freeze Dry System modelo 77560*.

Após o processo, as amostras foram devidamente embaladas e etiquetadas sendo posteriormente levadas para o Instituto Pedro Nunes em Coimbra, onde se selecionaram as amostras e se procedeu à análise SEM.

No IPN, as amostras foram partidas com a ajuda de uma lâmina e fixas no suporte com uma cola de carbono que funciona como um condutor, sendo depois incorporada uma camada superficial de ouro que permite melhorar a observação.

O sistema utilizado é um sistema da *Edwards modelo EXC 120* acoplado a uma fonte de alimentação *Huttinger PFG1500DC*. O revestimento de ouro inicia-se com a evacuação da câmara até se obter um vácuo inferior a  $2 \times 10^{-3}$  mbar. Após esta etapa, é admitido argon de pureza de 99,99% que permite a obtenção de um plasma e o revestimento de ouro, durante 60 s.

### 3.4. Análise Sensorial

As provas de análise sensorial foram previamente aprovadas pela Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Coimbra no parecer N.º 68 CEIPC/ 2022. Foram realizados dois testes distintos, no laboratório sensorial da Escola Superior Agrária de Coimbra, equipado com cabines individuais (NP 4258:1993), de forma a avaliar as diferentes características do produto apresentado.

Todos os participantes foram orientados em relação à análise sensorial através do documento “Apresentação do estudo de investigação para obtenção do consentimento informado, livre e esclarecido” apresentado no ANEXO III.

Em cada prova, o provador recebeu um tabuleiro com um copo de água, as amostras devidamente identificadas e uma folha de prova.

#### ***Prova de aceitação*** (ISO 11136:2014)

Esta prova teve como objetivo verificar o grau de aceitação das várias amostras de ervilha frita apresentadas, utilizando provadores não treinados.

Para a prova de aceitação foram selecionadas duas concentrações distintas, uma mais baixa e outra mais elevada (0,5 e 1,5% NaCl), correspondente a 0,086 e 0,257 mol/L de iões de sódio utilizado para a preparação de todas as outras soluções alcalinas. Estas concentrações foram escolhidas tendo por base o limiar gustativo para a identificação do gosto salgado.

Foram testadas sete amostras diferentes com diferentes formulações (A- água; B- 0,5 NaCl; C- 1,5 NaCl; D- 0,5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; E- 1,5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; F- 0,5 NaHCO<sub>3</sub> e G- 1,5 NaHCO<sub>3</sub>).

As amostras foram servidas separadamente e com ordem aleatória, estando identificadas com um código previamente definido de três dígitos. Neste teste foram avaliadas características como cor, textura, sabor e nota geral através de uma escala de 9 pontos que vai de “gostei muitíssimo” a “desgostei muitíssimo” conforme a folha de prova apresentada no Anexo IV. A cada provador deu-se um máximo de quatro amostras por sessão de modo a obter os resultados mais fiáveis possíveis, evitando a fadiga sensorial do provador.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente segundo a Análise de Variância (ANOVA).

***Prova de ordenação*** (ISO 8587:2006)

A prova de ordenação teve como objetivo ordenar amostras de ervilhas fritas da menos salgada para a mais salgada, de modo a avaliar a intensidade do atributo.

Numa primeira fase, os provadores foram sujeitos a uma prova de ordenação de amostras de água com diferentes percentagens de cloreto de sódio - 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1% - de modo a ficarem familiarizados com o atributo em estudo, passando de seguida à ordenação de ervilhas da menos para a mais salgada com o objetivo de avaliar as possíveis diferenças causadas pelas soluções utilizadas durante a demolha.

As amostras de ervilha frita testadas foram NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> e água desionizada a uma concentração de 0,257 em Na (mol/L).

Neste caso, as amostras foram apresentadas ao mesmo tempo, identificadas com um código aleatório de três dígitos. A folha de prova utilizada encontra-se no Anexo V.

Os resultados foram analisados estaticamente recorrendo ao teste de Friedman.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM)

Através da microscopia eletrónica de varrimento foi possível detetar algumas diferenças a nível estrutural entre as várias amostras em estudo.

Na Figura 5 encontra-se uma imagem relativa a um fragmento da ervilha após o corte efetuado na preparação da amostra onde é possível distinguir a pele (S – seed coat), grânulos de amido (A) e proteínas (P), indo esta ao encontro do que foi analisado por Pelgrom et al. (2015). As amostras demolhadas em água foram as amostras controlo.

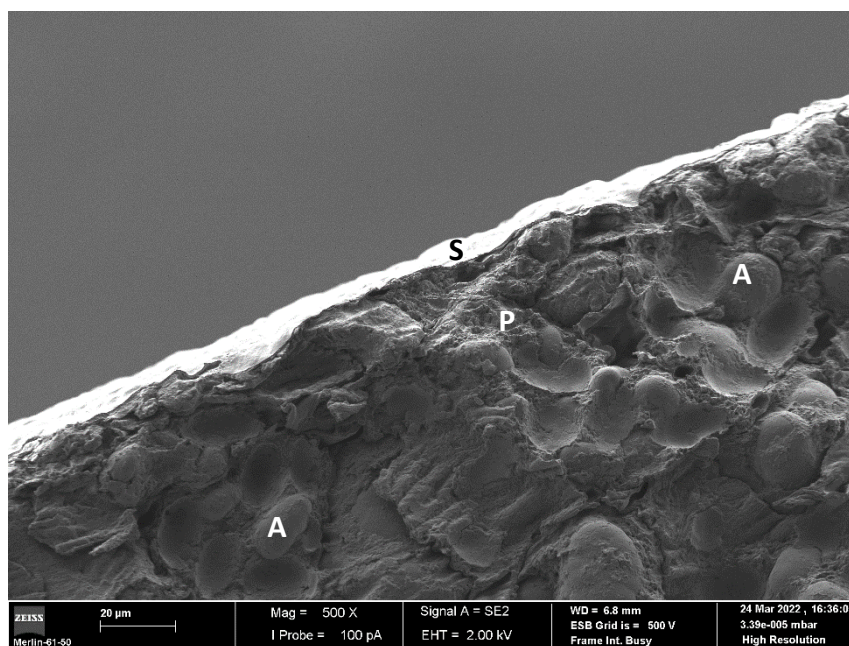


Figura 5: Ervilha Demolhada e Liofilizada demolhada em H<sub>2</sub>O (A- amido, P- proteínas, S- seed coat) – Ampliação 500x

Relativamente às amostras de ervilhas demolhadas, branqueadas e liofilizadas (DBL), a análise em SEM através das várias ampliações utilizadas mostrou que as células das ervilhas demolhadas em NaCl e NaOH se apresentavam bastante mais enrugadas que as restantes amostras e observou-se também que as células da ervilha demolhada em NaHCO<sub>3</sub> aparentavam estar mais achatadas (Figura 6). Isto está relacionado com os movimentos transmembranares, nomeadamente o efeito osmótico. Este processo relaciona-se com a movimentação da água através da membrana semipermeável de um meio hipotónico para um meio hipertónico (Torreggiani, 1993).

No ensaio realizado, com as soluções preparadas com os vários sais, o meio externo provavelmente apresentava uma maior quantidade de soluto (meio hipertónico),

fazendo com que as células das ervilhas perdessem a sua água para a solução do meio externo, ficando assim plasmolisadas.

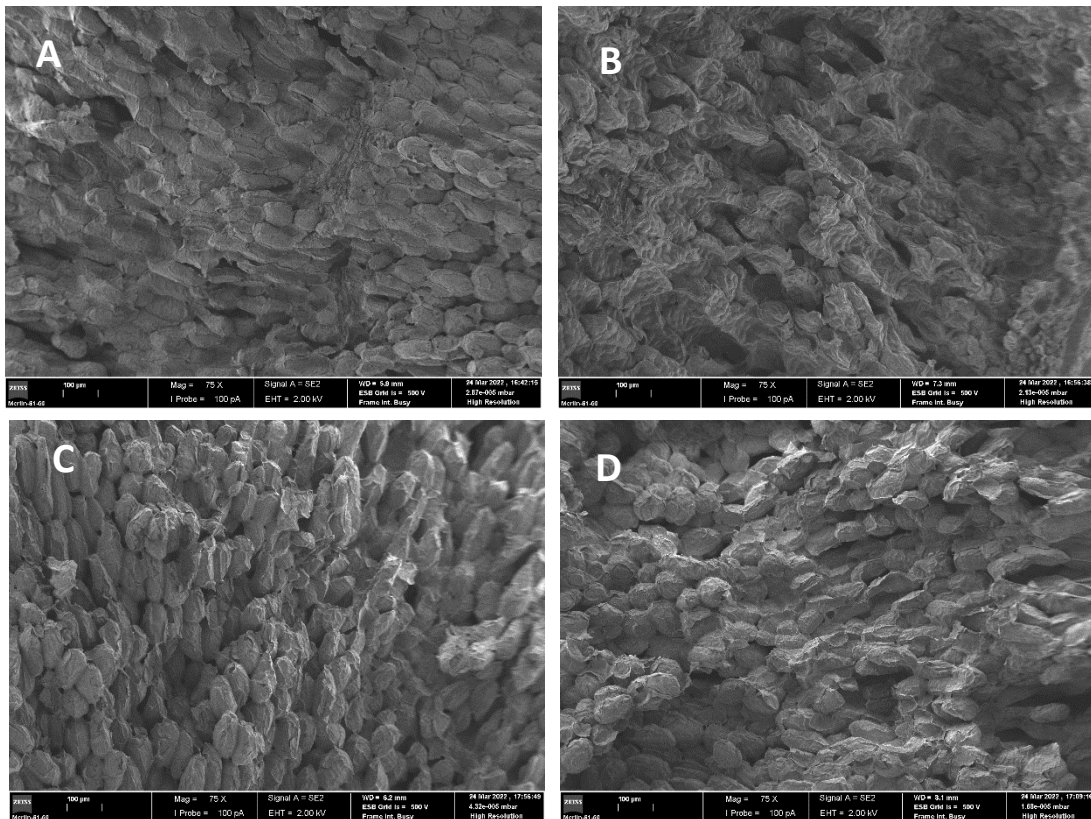


Figura 6: Imagens SEM: A-DBL H<sub>2</sub>O (Ampliação 75x); B- DBL NaCl (Ampliação 75x); C- DBL NaOH (Ampliação 75x); D- DBL NaHCO<sub>3</sub> (Ampliação 75x)

Relativamente às várias amostras fritas, verificou-se que tanto as ervilhas demolhadas em água, como as demolhadas em Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> apresentaram células bastante mais esféricas e “volumosas” após o processo de fritura. Já a amostra demolhada em NaCl revela umas células mais comprimidas. Na amostra demolhada em NaHCO<sub>3</sub> as células continuam bastante enrugadas e compactas, não existindo grande diferenciação celular (Figura 7).

No teste de dureza previamente realizado, verificou-se que para a concentração de 0,257 mol/mL de Na, as ervilhas que apresentavam uma maior dureza eram as demolhadas em NaOH, seguidas das em H<sub>2</sub>O, NaHCO<sub>3</sub>, NaCl e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Estes resultados são também comprovados pela análise SEM, uma vez que se verifica alterações nas paredes celulares das ervilhas demolhadas em soluções alcalinas (pH≥8; NaHCO<sub>3</sub> e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, exceto NaOH). Num estudo realizado por Jenie Jansson a células vegetais verificou-se que um pH mais alto dá origem a uma rede de fibras mais colapsadas do que um pH mais baixo, o que pode explicar os resultados observados na análise SEM (Jansson,

2015). Sendo a ervilha um legume rico em pectina, a gelificação da mesma pode também ter implicações nos resultados obtidos uma vez que a taxa do processo de gelificação da pectina aumenta à medida que existe uma redução no pH (Chen et al., 2021).

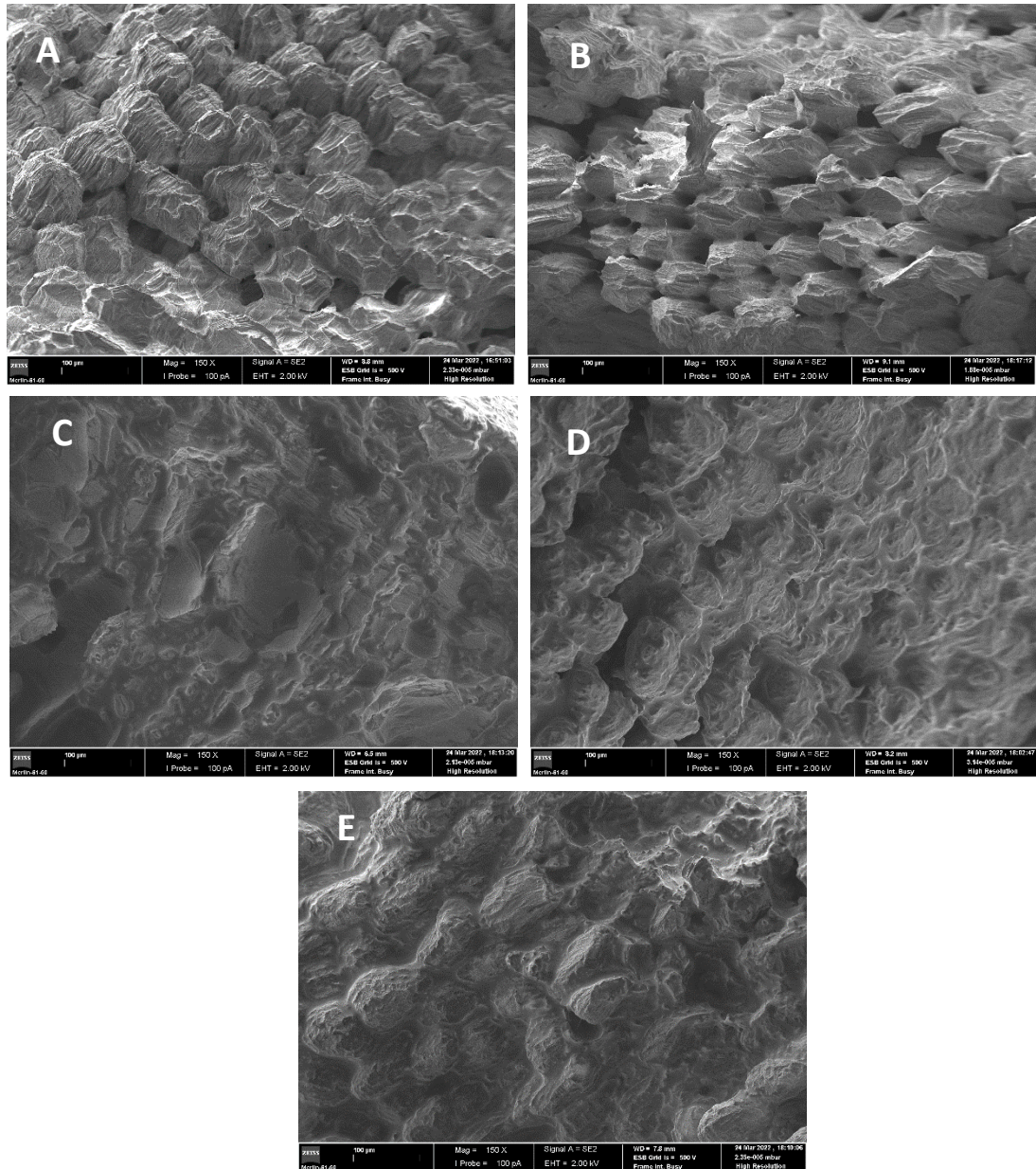


Figura 7: Imagens SEM: A- Frita  $H_2O$  (Ampliação 150x); B- Frita NaCl (Ampliação 150x); C- Frita NaOH (Ampliação 150x); D- Frita  $NaHCO_3$  (Ampliação 150x); E- Frita  $Na_2CO_3$  (Ampliação 150x)

## 4.2. Análise Sensorial

Os testes de análise sensorial foram realizados em diferentes dias e diferentes sessões de modo a evitar fadiga sensorial.

Na totalidade, participaram sessenta e um provadores, sendo 66% dos participantes do sexo feminino e 34% do sexo masculino.

Na Tabela 8 é apresentada a faixa etária dos 61 provadores, sendo que cerca de 60% têm idades compreendidas entre os 18 e os 24 anos, o que corresponde à faixa etária dos estudantes e 21% idades iguais ou superiores a 50 anos, tratando-se de docentes e não docentes.

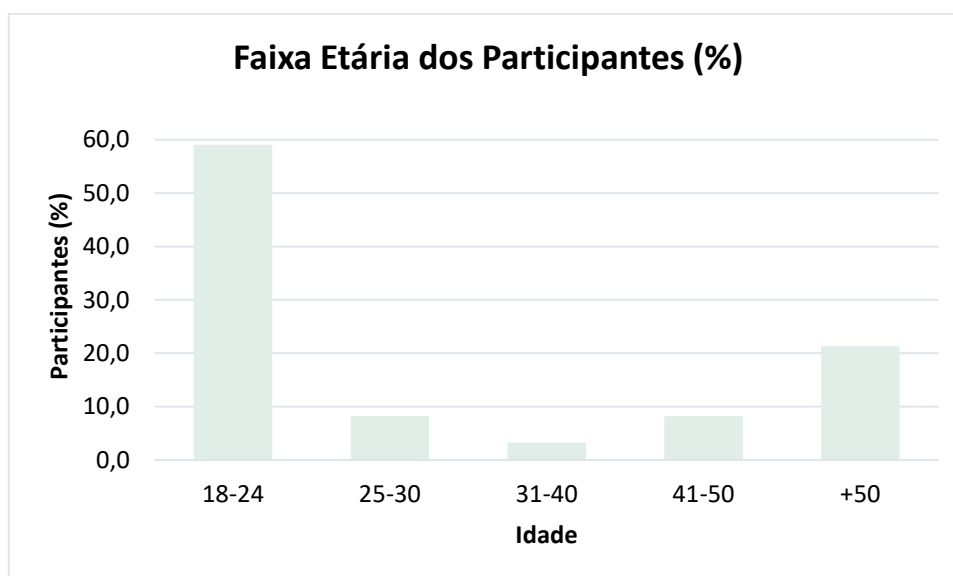


Figura 8: Divisão dos participantes das provas de análise sensorial por faixa etária

### 4.2.1. Prova de aceitação

Os resultados da análise sensorial para os atributos de cor, textura, sabor e nota global são apresentados na Tabela 3.

Para esta prova foram definidas duas hipóteses sendo:

- H0: todas as amostras são iguais;
- H1: pelo menos uma das amostras é diferente.

Tabela 3: Valores de média e desvio padrão das várias amostras, obtidas utilizando o teste de escala hedônica e Análise de variância (ANOVA) dos atributos avaliados na análise sensorial das várias amostras

<b>Amostra</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Nota Global</b>
A	7±2	7±3	6±3	7±2
B	7±2	7±3	7±3	7±2
C	7±3	8±2	8±3	8±2
D	7±1	7±2	7±2	7±1
E	6±2	7±3	6±5	6±3
F	7±2	7±2	7±3	7±2
G	6±2	7±3	7±3	7±2
<b>“Valor-p”</b>	<b>0,001772</b>	<b>0,004488</b>	<b>0,008835</b>	<b>0,001998</b>

(A- Água; B- 0,5 NaCl; C- 1,5 NaCl; D- 0,5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; E- 1,5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; F- 0,5 NaHCO<sub>3</sub> e G-1,5 NaHCO<sub>3</sub>)

Estes resultados indicaram que todas as amostras foram bem aceites pelos provadores, uma vez que a faixa obtida para todas as amostras se encontra entre os valores 6 e 8 da escala hedônica, correspondentes a “gostei ligeiramente” e “gostei muito”.

Através desta análise, conclui-se que amostra C, correspondente às ervilhas demolhadas na concentração mais elevada de NaCl, é a amostra preferida pelos provadores e a amostra E a que apresenta resultados menos satisfatórios.

Por meio da análise de variância (ANOVA) dos vários atributos verifica-se que todas as amostras apresentam diferenças significativas, uma vez que o “valor-p” encontrado foi menor que 0,05, pelo que a hipótese nula (H<sub>0</sub>) é rejeitada.

No decorrer da prova, foi também possível recolher os comentários dos provadores à várias amostras submetidas a teste. Estes comentários encontram-se apresentados na Tabela 4. A partir dos vários comentários feitos pelos provadores, verificou-se que na generalidade todos gostaram das várias amostras apresentadas, sendo que em todas elas o provador demonstrou a necessidade de aumentar o teor de sal.

Tabela 4: Comentários apresentados pelos provadores na Prova de aceitação

<b>Amostra:</b>	<b>Comentários:</b>
<i>Água</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito bom mesmo.</li> <li>• Um pouco insonso.</li> <li>• Crocante e com bom sabor.</li> <li>• Podia ter um bocadinho mais de sal.</li> <li>• Sabor ligeiramente doce.</li> <li>• Gostei muito do sabor e da textura na boca.</li> </ul>
<i>0,5% NaCl</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podia ter mais sal.</li> <li>• Gostei, mas é notável o óleo na amostra</li> <li>• Excelente ideia para um snack.</li> </ul>
<i>1,5% NaCl</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deliciosa.</li> <li>• Saborosa!</li> <li>• Gostei bastante. Muito saborosa. Boa textura e sabor.</li> <li>• Super crocante. Adorei.</li> <li>• Deliciosa.</li> <li>• Muito crocante.</li> <li>• Crocante e sabor agradável- gostei.</li> <li>• Sabe a frutos secos. Muito agradável.</li> <li>• Gostei muito do sabor.</li> <li>• Cor menos agradável, manter sabor e textura. Sabor aceitável e crocante</li> </ul>
<i>0,5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito insipido apesar de crocante.</li> <li>• Podia ter um bocadinho mais de sal.</li> <li>• Gostei, mas é notável o óleo da amostra.</li> <li>• Sabor a óleo muito evidente.</li> </ul>
<i>1,5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Macia e crocante- adoro.</li> <li>• Bastante crocante e com sabor agradável para snack. É a mais saborosa.</li> <li>• Sabor a pescado e crocante.</li> <li>• Podia ter mais sal.</li> </ul>
<i>0,5% NaHCO<sub>3</sub></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adorei o crocante.</li> <li>• Bastante agradável – recomendo.</li> <li>• Podia ter mais sal.</li> </ul>
<i>1,5% NaHCO<sub>3</sub></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito boa.</li> <li>• Gostei do crocante.</li> <li>• A avaliar só pelo sabor é muito insipida.</li> <li>• Podia ter mais sal.</li> <li>• Bom sabor com textura crocante apesar de não apresentar bom aspeto.</li> </ul>

#### 4.2.2. Prova de ordenação

Para a prova de ordenação participaram 14 provadores, tendo estes passado por uma prova que serviu como treino para o atributo avaliado. Na tabela abaixo encontram-se os resultados da prova de ordenação para as diferentes amostras de água.

Tabela 5: Dados obtidos na prova de ordenação para soluções com diferentes concentrações de NaCl

	Água	NaCl (0,25%)	NaCl (0,5%)	NaCl (0,75%)	NaCl (1%)	
<b>1</b>	1	2	3	4	5	
<b>2</b>	1	2	5	3	4	
<b>3</b>	1	2	3	4	5	
<b>4</b>	5	4	3	2	1	
<b>5</b>	1	2	3	4	5	
<b>6</b>	1	2	3	4	5	
<b>7</b>	1	2	3	4	5	
<b>8</b>	1	3	2	5	4	
<b>9</b>	1	2	3	4	5	
<b>10</b>	1	2	3	4	5	
<b>11</b>	1	2	3	4	5	
<b>12</b>	1	2	3	4	5	
<b>13</b>	1	2	3	4	5	
<b>14</b>	1	2	3	4	5	
<b>Ri</b>	18	31	43	54	64	<b>∑Ri= 210</b>
<b>Ri<sup>2</sup></b>	324	961	1849	2916	4096	<b>∑Ri<sup>2</sup>= 10146</b>

Efetuada os cálculos, obteve-se um valor de  $F_r=37,88571$ . Considerando um valor de significância de 5% e utilizando a tabela de “Valores Críticos para a análise de variância por número de ordem de Friedmann” (Anexo I) para  $k=5$  e  $N=14$ , obteve-se um valor crítico de 9,49. Como o valor calculado é superior ao valor crítico conclui-se que os provadores conseguiram identificar as diferenças entre as amostras pelo que se encontravam aptos para a realização da prova de ordenação relativa às ervilhas fritas.

Na segunda prova, foram dadas 4 amostras para o provador ordenar da amostra menos salgada para a mais salgada obtendo-se os valores presentes na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados obtidos na prova de ordenação das amostras demolhadas nas soluções de NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> e água desionizada a uma concentração de 0,257 em Na (mol/L)

	Água (I)	NaCl 1,5% (II)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1,5% (III)	NaHCO <sub>3</sub> 1,5% (IV)	
<b>1</b>	1	4	2	3	
<b>2</b>	4	1	2	3	
<b>3</b>	1	4	3	2	
<b>4</b>	1	4	2	3	
<b>5</b>	1	3	4	2	
<b>6</b>	2	4	1	3	
<b>7</b>	3	4	1	2	
<b>8</b>	1	2	3	4	
<b>9</b>	2	4	1	3	
<b>10</b>	3	4	1	2	
<b>11</b>	3	4	1	2	
<b>12</b>	3	4	1	2	
<b>13</b>	1	3	2	4	
<b>14</b>	1	4	3	2	
<b>R<sub>i</sub></b>	27	49	27	37	<b>ΣR<sub>i</sub>= 140</b>
<b>R<sub>i</sub><sup>2</sup></b>	729	2401	729	1369	<b>ΣR<sub>i</sub><sup>2</sup>= 5228</b>

Nesta prova, após o tratamento de dados obteve-se um valor de Fr=14,05. Considerando um valor de significância de 5% e recorrendo à tabela de Friedman, obteve-se um valor crítico de 7,82 para k=4 e N=14. Como o valor calculado é, uma vez mais, superior ao valor crítico conclui-se que as quatro amostras foram consideradas diferentes pelos provadores.

Considerando um valor de significância de 5%, é possível recorrer à diferença nas somas das ordens entre duas amostras de forma a concluir se estas são ou não estatisticamente diferentes. Após os cálculos, obteve-se uma diferença mínima significativa (DMS) de aproximadamente 13,38. Na Tabela 7 são apresentadas todas as diferenças possíveis entre as somas de ordem das amostras de I a IV.

Tabela 7: Diferenças nas somas de ordem observadas entre as diversas amostras

Amostras		Diferenças	Conclusão
I	II	$ 27 - 49  = 22 > 13,38$	Há diferenças
I	III	$ 27 - 27  = 0 < 13,38$	Não há diferenças
I	IV	$ 27 - 37  = 10 < 13,38$	Não há diferenças
II	III	$ 49 - 27  = 22 > 13,38$	Há diferenças
II	IV	$ 49 - 37  = 12 < 13,38$	Não há diferenças
III	IV	$ 27 - 37  = 10 < 13,38$	Não há diferenças

Através desta análise, verificou-se que as amostras I e II, II e III apresentam diferenças estatísticas entre elas relativamente à característica em estudo.

Foi também possível recolher os comentários à prova realizada - Tabela 8.

Tabela 8: Comentários apresentados pelos provadores- Prova de Ordenação

#### **Prova de Ordenação - Comentários**

- *Dificuldade em perceber as diferenças.*
- *Não é perceptível diferenças quanto ao sal.*
- *Todas as amostras são muito saborosas. Foi difícil a ordenação, dado que, a haver sal, certamente será em muito pouca quantidade.*
- *Adorei!*
- *Tive dificuldades em distinguir a amostra menos salgada da mais salgada, mas gostei bastante de todas elas.*
- *Tive muita dificuldade em distinguir as diferenças, as amostras são muito idênticas. Depois de provar as amostras de água, torna-se muito mais difícil fazer a prova da ervilha.*

Através da análise dos comentários efetuados pelos provadores, verificou-se que foi sentida uma grande dificuldade na identificação do atributo em estudo. Esta dificuldade é explicada, não só pela baixa concentração de sal à qual as amostras foram expostas durante a fase de demolha, como também à elevada concentração de sal nas amostras de água utilizadas na prova de familiarização com o atributo salgado. As amostras de água eram bastante mais salgadas comparativamente com as amostras de ervilha frita, o que dificultou a perceção do sal.

### **4.3. Artigo científico**

No Anexo II, apresenta-se o artigo científico com base no trabalho anterior e nos resultados obtidos neste trabalho. O artigo foi escrito em inglês e apresenta as várias metodologias utilizadas bem como resultados e discussão das mesmas.

Este artigo aborda o estudo do efeito da imersão das ervilhas em diferentes soluções alcalinas, processos de branqueamento e fritura na qualidade global, microestrutura e qualidade sensorial de ervilhas verdes fritas.

Concluiu-se que o parâmetro que revelou obter os piores resultados na qualidade das ervilhas foi a dureza, tornando as ervilhas embebidas na maior concentração de sódio não comestíveis. As ervilhas que apresentaram os melhores valores analíticos nos vários parâmetros de qualidade avaliados foram as demolhadas em  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , verificando-se que o melhor processo para a produção de ervilhas fritas era o da ervilha demolhada nesta base com uma concentração de 1,36 g/100 mL, a uma temperatura de fritura de 160 °C.

Nas provas de análise sensorial, foram detetadas diferenças estatísticas entre todas as amostras sendo a ervilha frita demolhada na solução de 1,5% NaCl a preferida pelos provadores.

Na análise SEM, verificaram-se diferenças entre as várias amostras que são explicadas pelos diferentes pH das soluções utilizadas, que ocorrem ao nível das pectinas e fibras presentes nas ervilhas.

## 5. Conclusão

Durante este trabalho foi estudada a influência da demolha da ervilha seca em soluções de diversas fontes de sódio na microestrutura e na qualidade sensorial da ervilha frita. Após este estudo, que completa um trabalho previamente realizado, foi também elaborado uma proposta de artigo científico baseado nos mesmos.

Relativamente à qualidade sensorial verificou-se que em ambas as provas os provadores conseguiram detetar diferenças entre as várias amostras.

Na prova de aceitação, concluiu-se que amostra correspondente às ervilhas demolhadas na concentração mais elevada de NaCl foi a amostra preferida pelos provadores e a amostra correspondente às ervilhas demolhadas em Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a que apresentou resultados menos satisfatórios. Ainda relativamente a esta análise, a nível estatístico, foi possível concluir que todas as amostras apresentam diferenças significativas. Na prova de ordenação, que teve como objetivo avaliar o teor de sal, verificou-se que as quatro amostras foram consideradas diferentes pelos provadores, sendo que entre elas, apenas os pares de amostras água - NaCl 1,5% e NaCl 1,5% - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1,5% apresentaram diferenças estatísticas entre elas relativamente à característica em estudo. Em ambas as provas os comentários e reações foram bastante positivas demonstrando assim o grande potencial deste snack.

A análise SEM permitiu visualizar a estrutura interna das várias amostras revelando, mais uma vez, diferenças claras entre elas. Esta análise veio confirmar os resultados obtidos no teste de dureza previamente realizado uma vez que se verifica alterações nas paredes celulares das ervilhas demolhadas em soluções alcalinas (pH≥8). Verificou-se que tanto as ervilhas demolhadas em água, como as demolhadas em Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> apresentaram células bastante mais esféricas e “volumosas” após o processo de fritura. Já a amostra demolhada em NaCl revela umas células mais comprimidas. Na amostra demolhada em NaHCO<sub>3</sub> as células continuam bastante enrugadas e compactas, não existindo grande diferenciação celular. Este fenómeno pode ser explicado pela a existência de um pH mais elevado que leva a uma rede de fibras mais colapsadas ao contrário de um pH mais baixo.

## Referências bibliográficas

- ACC. (n.d.). *Sodium Hydroxide | Uses, Benefits, and Chemical Safety Facts*. Retrieved September 1, 2022, from <http://www.chemicalsafetyfacts.org/sodium-hydroxide/>
- Anónimo. (n.d.). *A Leguminosa do Mês: Ervilha - LeguCon*. Retrieved September 2, 2022, from <https://legucon.pt/blog/2021/11/05/a-leguminosa-do-mes-ervilha/>
- Araujo, L. (n.d.). *Cloreto de sódio (sal de cozinha) - Mundo Educação*. Retrieved September 9, 2022, from <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/cloreto-sodio.htm>
- ASAE. (n.d.). *Outros Aditivos*. Retrieved September 1, 2022, from <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/aditivos-alimentares/outros-aditivos.aspx>
- Burnham, R. J., Yuan, S., Melymuka, M., Bradtke, J., & Dorey, J. (n.d.). *Pisum sativum | CLIMBERS*. Retrieved September 2, 2022, from <https://climbers.lsa.umich.edu/?p=304>
- Campos, A. M. (2014). *Avaliação da diversidade genética de uma coleção portuguesa de ervilha (Pisum sativum L.) através de marcadores morfológicos e moleculares*. Instituto Politécnico de Portalegre.
- Cardim, S. (n.d.). *Análise sensorial e sua aplicação mais comum na indústria de alimentos*. Retrieved August 31, 2022, from <https://pt.linkedin.com/pulse/análise-sensorial-e-sua-aplicação-mais-comum-na-indústria-cardim>
- Carmo, J. L. do. (2018). *Manual de boas práticas em análise sensorial*. <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/5325>
- Chen, R., Ratcliffe, I., Williams, P. A., Luo, S., Chen, J., & Liu, C. (2021). The influence of pH and monovalent ions on the gelation of pectin from the fruit seeds of the creeping fig plant. *Food Hydrocolloids*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106219>
- Clemente, A., Gee, J. M., Johnson, I. T., Mackenzie, D. A., & Domoney, C. (2005). *Pea (Pisum sativum L.) Protease Inhibitors from the Bowman–Birk Class Influence the Growth of Human Colorectal Adenocarcinoma HT29 Cells in Vitro*. <https://doi.org/10.1021/jf051528w>
- Da Glória, C., & Nogueira, S. (2011). *Análise sensorial de produtos têxteis*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/19619>

- Dedavid, B., Isse Gomes, C., & Machado, G. (2007). *Microscopia Eletrônica de Varredura- Aplicações e preparação de amostras*. <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/22337>
- Domoney, C. (n.d.). *Cancer fighting pea proteins | John Innes Centre*. Retrieved August 20, 2022, from <https://www.jic.ac.uk/research-impact/molecules-from-nature/impact/peas/the-history-of-pea-research-at-the-john-innes-centre/cancer-fighting-pea-proteins-2/>
- eCycle. (n.d.). *Saiba o que é bicarbonato de sódio - eCycle*. Retrieved September 9, 2022, from <https://www.ecycle.com.br/bicarbonato-de-sodio/>
- Esteves, E. (2009). *Análise Sensorial*. <http://w3.ualg.pt/~eesteves>
- FAD. (n.d.). *Food Additives- Sodium hydroxide*. Retrieved November 3, 2022, from [https://webgate.ec.europa.eu/foods\\_system/main/?event=substance.view&identifier=240](https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=substance.view&identifier=240)
- Ferreira, H. (2016). *Importância do estudo em Microscopia Eletrônica de Varrimento de amostras incluídas em parafina para fins de diagnóstico – Scholar*. <https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/records/wvOZaCsJpdvimwmoPE-99d-2GwJElkZiCu6h>
- Fisher, I. (n.d.). *Carbonato de Sódio*. <https://products.erzkontor.com/pt/industria/chemische-industrie/sodium-cabonate.html>
- Ford, B., Savile, B., & C. Joy, D. (2019). *Scanning electron microscope | Definition, Images, Uses, Advantages, & Facts | Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/scanning-electron-microscope>
- Gámbaro, A., & McSweeney, M. B. (2020). Sensory methods applied to the development of probiotic and prebiotic foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, 94, 295–337. <https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2020.06.006>
- García-Segovia, P., Igual, M., Noguerol, A. T., & Martínez-Monzó, J. (2020). Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. *European Food Research and Technology*, 246(4), 703–712. <https://doi.org/10.1007/S00217-020-03441-Y>
- Gonçalves, R. (2020). *Snackmania. Por que marcas e retalhistas estão muito atentos ao mercado de snacks? - Hipersuper - Hipersuper*.

- <https://www.hipersuper.pt/2020/10/30/snackmania-marcas-retalhistas-estao-atentos-ao-mercado-snacks/>
- Gregorio, G. Di. (2020). *The effect of pre-treatments on dried peas used for the production of fried snacks*. UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II.”
- IPB. (n.d.). *IPBeja - Instituto Politécnico de Beja*. Retrieved August 31, 2022, from <https://www.ipbeja.pt/IDSENVOLVIMENTO/CENTROS/CENTROCTA/LABANALISES ENSORIAL/Paginas/ProvasAceitacao.aspx>
- ISO 11136:2014. (n.d.). *Sensory analysis — Methodology — General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area*.
- ISO 8587:2006. (n.d.). *Sensory analysis — Methodology — Ranking*.
- Jansson, J. (2015). *The influence of pH on fiber and paper properties*.
- Junejo, S. A., Ding, L., Fu, X., Xiong, W., Zhang, B., & Huang, Q. (2021). Pea cell wall integrity controls the starch and protein digestion properties in the INFOGEST in vitro simulation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1200–1207. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.05.014>
- Marques, E. (2019, May 14). *Ervilha é uma leguminosa repleta de propriedades para a saúde*. <https://www.coisasdaroca.com/alimentos/ervilha.html>
- Mendes, A., Duarte, A. I., Ambrósio, A. R., Santos, J., Macedo, M. S., Torres, P., Almeida, S., & Lopes, S. (2012). *Produção de Sal*.
- Michail, N. (2018). *More peas please: Pea-based snacks hit healthy snack spot*. <https://www.foodnavigator.com/Article/2018/03/08/More-peas-please-Pea-based-snacks-hit-healthy-snack-spot>
- Mohammed, Y., Chen, C., Kaur Walia, M., Torrion, J. A., McVay, K., Lamb, P., Miller, P., Eckhoff, J., Miller, J., Khan, Q., Mohammed, Y., Chen, C., Eckhoff, J., Walia, M., Torrion, J., McVay, K., Khan, Q., Lamb, P., Miller, P., & Miller, J. (2018). Dry pea (*Pisum sativum* L.) protein, starch, and ash concentrations as affected by cultivar and environment. *Can. J. Plant Sci.* Downloaded from *Cdnsciencepub*. <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0338>
- Mousa, M. M. H., El-Magd, M. A., Ghamry, H. I., Alshahrani, M. Y., El-Wakeil, N. H. M., Hammad, E. M., & Asker, G. A. H. (2021). Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02202-5>

- Noguchi, M., Hasegawa, Y., Suzuki, S., Nakazawa, M., Ueda, M., & Sakamoto, T. (2020). Determination of chemical structure of pea pectin by using pectinolytic enzymes. *Carbohydrate Polymers*, 231, 115738. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2019.115738>
- NP 4258:1993. (n.d.). *Análise sensorial. Directivas gerais para a concepção dos locais apropriados para análise.*
- Pelgrom, P. J. M., Boom, R. M., & Schutyser, M. A. I. (2015). Method Development to Increase Protein Enrichment During Dry Fractionation of Starch-Rich Legumes. *Food and Bioprocess Technology*, 8(7), 1495–1502. <https://doi.org/10.1007/S11947-015-1513-0>
- Prakash Pandey, O., Kumar Mishra, B., & Misra, A. (2019). Comparative study of green peas using with blanching & without blanching techniques. *Information Processing in Agriculture*, 6(2), 285–296. <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2018.10.002>
- Sabor Sur. (n.d.). *Manual de Formação - Análise Sensorial de alimentos: Fundamentos e Aplicações.* Retrieved June 20, 2022, from [https://elearning.saborsur.org/pt/wp-content/uploads/sites/2/Manual\\_Análise-Sensoria\\_-Curso-II-1.pdf](https://elearning.saborsur.org/pt/wp-content/uploads/sites/2/Manual_Análise-Sensoria_-Curso-II-1.pdf)
- Sidel, J. L., Stone, H., & Bloomquist, J. (1981). Use and Misuse of Sensory Evaluation in Research and Quality Control. *Journal of Dairy Science*, 64(11), 2296–2302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82846-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82846-9)
- Siegel, S. & Castellan-Jr., N. J. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences, International Edition.* 262–272. [https://books.google.com/books/about/Nonparametric\\_Statistics\\_for\\_the\\_Behavioral\\_Sciences.html?hl=pt-PT&id=bq3uAAAAMAAJ](https://books.google.com/books/about/Nonparametric_Statistics_for_the_Behavioral_Sciences.html?hl=pt-PT&id=bq3uAAAAMAAJ)
- Silva, I. (2012). Hidróxido de Sódio (CAS No. 1310-73-2). 5 de Março. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20120005>
- Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., Coyne, C. J., Ellis, N. T. H., Flavell, A. J., Ford, R., Hýbl, M., Macas, J., Neumann, P., Mcphee, K. E., Redden, R. J., Rubiales, D., Weller, J. L., & Warkentin, T. D. (2012). Pea (*Pisum sativum* L.) in the Genomic Era. *Agronomy*, 2, 74–115. <https://doi.org/10.3390/agronomy2020074>
- Stone, H. (2012). Sensory Evaluation Practices. *Sensory Evaluation Practices.* <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63404-8>
- Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food*

- Research International*, 26(1), 59–68. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(93\)90106-S](https://doi.org/10.1016/0963-9969(93)90106-S)
- Vespa, T. S. (2017, April 17). *Ervilha: do fruto às sementes - Revista Natureza*. <https://revistanatureza.com.br/ervilha/>
- Vieira, L. C. (2015). *Estudo de vida útil em produtos de panificação*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/47525>

**Anexo I – Valores Críticos para a análise de variância por número de ordem de  
Friedmann (Adaptado de Siegel e Castellan, 1988)**

$k^*$	$N^+$	$\alpha \leq 0.10$	$\alpha \leq 0.05$	$\alpha \leq 0.01$	
3	3	6.00	6.00	-	
	4	6.00	6.50	8.00	
	5	5.20	6.40	8.40	
	6	5.33	7.00	9.00	
	7	5.43	7.14	8.86	
	8	5.25	6.25	9.00	
	9	5.56	6.22	8.67	
	10	5.00	6.20	9.60	
	11	4.91	6.54	8.91	
	12	5.17	6.17	8.67	
	13	4.77	6.00	9.39	
		$\infty$	4.61	5.99	9.21
	4	2	6.00	6.00	-
3		6.60	7.40	8.60	
4		6.30	4.80	9.60	
5		6.36	7.80	9.96	
6		6.40	7.60	10.00	
7		6.26	7.80	10.37	
8		6.30	7.50	10.35	
		$\infty$	6.25	7.82	11.34
5	3	7.47	8.53	10.13	
	4	7.60	8.80	11.00	
	5	7.68	8.96	11.52	
		$\infty$	7.78	9.49	13.28

\* número de amostras; + número de provadores

# Anexo II- Effects of alkaline solutions on the morphology of peas

## EFFECTS OF ALKALINE SOLUTIONS ON THE MORPHOLOGY OF PEAS

**Abstract:** The effects of alkaline solutions on the global quality, microstructure and sensory quality of fried green peas was studied. The worst quality parameter in peas was the hardness, which was the highest for each sodium concentration making them nonedible. The peas that showed the best quality parameters were the ones soaked in sodium carbonate. In the sensory analysis tests, statistical differences were detected and the sample of fried pea soaked in the solution of 1.5% NaCl preferred by the assessors. The differences shown in SEM analysis between the various samples can be explained by the increase of pectin gelification as the pH decreases. A higher pH gives rise to a network of fibers more collapsed than a lower pH.

**Keywords:** *Pisum sativum L.*, sources of sodium, microstructure, sensory quality

### 1. Introduction

Green pea is one of the major market classes of the *Pisum sativum L. pulse* grain family (L. S. McDonald, 2019)

In the 19th century during the early developments of the study of genetics, peas played an important role. The monk and botanist, Gregor Mendel, used peas in his experiments (WHO foods, s.d.).

Mature seeds are round, smooth or wrinkled, each seed consists of an embryo and the testa. Under the testa, there are two seed-lobes. Pea seeds may be of different size, shape, and colour. The seed coat of legumes is composed mainly of parenchyma cells with an external layer of sclerenchyma and a vascular system embedded in it (Corner, 1951). The two main functions of the seed coats are: the protection of the embryo from mechanical damage and the supply of nutrients during seed development (Boesewinke IFD, 1995). These nutrients are almost entirely imported through the phloem and involve the main organic nutrients, sucrose and amino acids, potassium and micronutrients (Patrick, 1997). Different seed regions are characterized by different seed coat width and absorb water and other substances differently. Seed coat permeability is associated with its porosity and colour, which affect seed viability and potential, resistance to storage and fungal infections (Ballard, 1973).

When fresh peas are not available, dried peas are a good alternative. Dried peas are easily transported, require small packaging and don't require specialized storage, which allows them to be used in off-season when demand is high, and the ability to produce a wide variety of snack food also adds value to the peas (Zhu et al., 2015). Peas have been widely used in the preparation of snacks (crackers, dry soups) mainly in the form of flour, as a substitute for wheat flour or as alternative protein and mineral sources increasing the protein content of snacks (Mousa et al., 2021) (Prakash Pandey et al., 2019).

Fresh green peas contain high initial moisture content (about 70–75%) what requires the application of a preservation operation prior to storage, such as drying or

freezing. Many physical, chemical and nutritional changes occur in foods product during the drying process, it depends on the process used. Change in colour of green peas during the drying process has been observed, which is not desirable, hence their pre-treatment like blanching becomes necessary (Om Prakash Pandey, 2019).

Snacks from legumes are achieving a high share on the offer of snacks. However, the industrial practice is ahead of the scientific published knowledge. Although it is possible to find these products in the market, the influence of soaking in different salt solutions and frying temperature on physical properties is not known. This study was undertaken to investigate the effect of soaking in different solutions, blanching and frying processes on the global quality, microstructure and sensory quality of fried green peas.

### 2. Materials and Methods

#### 2.1. Materials

Dried peas from a non-EU biological production were obtained from the company "Próvida – Produtos Naturais,LDA" in Mem-Martins, Portugal, stored at room temperature, then selected manually discarding the bleached, yellow and broken ones.

#### 2.2. Sample preparation

##### 2.2.1. Soaking

Dried peas have been soaked at ambient temperature with an overnight treatment in deionized water and solutions of NaCl, NaOH, NaHCO<sub>3</sub>, and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. The solutions were used in different concentrations of NaCl (0.5%, 1%, 1.5% and 2%), equivalent to 0.086; 0.171; 0.257 and 0.342 mol/mL of sodium ion that was used to prepare the solutions of all other alkaline solutions. For each sample soaking was performed using 5 g of peas in 20 mL of solution.

##### 2.2.2. Blanching

Soaking water was removed, and peas were dipped in a bath of water at 95 °C for 150 s.

### 2.3. *Frying Conditions*

A thermostatic bath with temperature control was used. The fryer was filled with a thermal bath fluid based on silicone (H20S, "Julabo, the temperature control company, GmbH, 77960 Seelbach/Germany"), and then some cups were filled with sunflower oil as the frying medium and putted into the thermal bath fluid. Three different temperatures of the sunflower oil were tested - 140, 160 and 180°C - and monitored with a digital laboratory thermometer. At the end of frying, peas were dried with adsorbent paper to remove surface oil.

### 2.4. *Analytical Methods*

#### 2.4.1. *Moisture Content*

The surface water of the peas has been removed, peas have been divided in 3 subsamples for each concentration of each solution using five peas, weighed and left in an air-oven (*Memmert U10*) at 105 °C until the weight became constant.

When the weight became constant, the moisture content was evaluated with the relation:

$$MC = \frac{(W_1 - W_0)}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

Where:

MC= Moisture content (% wet basis)

W<sub>1</sub>= Initial weight of the peas (g)

W<sub>0</sub>= Weight of the peas after drying (g).

#### 2.4.2. *Water activity*

The analysis of the water activity of the peas was carried on with a Rotronic HygroLab (Rotronic Measurement solutions QAQC LAB USA) at ambient temperature. Samples were placed inside the instrument filling the plate and kept until is stabilized giving as result the value of *a<sub>w</sub>*.

#### 2.4.3. *pH of the soaking solutions*

The pH of the different solution was evaluated with a pH meter Hanna instruments HI 9025 and an electrode FC 200 at ambient temperature and corrected to 20 °C.

#### 2.4.4. *Colour*

The colour evaluation has been performed with a colorimeter Konica Minolta Cr-200 Chroma Meter using the CIELAB colour space method, which expresses the colours according to three *coordinates* (L\*a\*b\*).

Being circular in shape, the peas were placed side by side in a Petri dish until it was filled, before being analysed with the colorimeter.

#### 2.4.5. *Hardness*

The analysis was performed evaluating hardness of the peas with a texturometer (Ta.XTExpress– Stable Micro System). The penetration test was carried on with a 2 mm probe (SMS P/2) and a 5 kg load cell was used for the test. The parameters chosen after several attempts to understand which were the most appropriate for the test were: pre-test speed 5 mm/s, trigger force 0.2 g, test speed 2 mm/s, return speed 5 mm/s, test distance 2.5 mm. For each sample 10 peas were analysed to obtain statistically

significant results. The software used for data collection was "Expression for the Ta.XTExpresses version 1.1.9.0, OCX Version 2.0.0.11" which returned the results in terms of the penetration graph and required parameter values. Hardness was obtained by the maximum force value recorded at the peak of the graph.

#### 2.4.6. *Sodium content*

Soaked peas were dried at 35°C without incinerating the organic matter. Later on, the peas were placed in an oven with forced air ventilation at 60°C for 48 h. Afterwards, peas were milled to homogenize in order to facilitate analytical determinations, cleaning the mill between each milling with alcohol 70% (v/v).

From each sample, 0.5g were weighed and placed in the muffle at a temperature of 480-500 °C for approximately 14 hours. After cooling the flask in the muffle, 5 mL of 20% HCl were added to the samples and covered with a watch glass in the spaces of the removable rings of the water bath, at 100 °C, to dissolve the salts. The solutions were filtered, in 50 mL volumetric flasks, using funnels with cellulosic-based paper filters, and wash to volume with hot demineralized water to drag all the chlorides. 2.5 mL of the solution were measured, for 25 mL volumetric flasks (dilution: 1/10) and add 2.5 mL of the 0.75% strontium chloride solution. Check with demineralized water and homogenize the contents of the volumetric flask. Sodium content was then quantified in mg/L by atomic absorption spectrophotometer with flame and graphite chamber (Perkin Elmer, mod. PinAAcle 900T, with Syngistix software).

### 2.5. *Scanning Electronic Microscope*

The samples were prepared the same way as described previously except that Fried samples were fried with palm oil at 160 °C

The peas analysed were obtained from solutions of NaCl, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> at a concentration of 0.257 in Na (mol/L).

The samples that were only soaked and/or bleached were dehydrated by freeze-drying and then lyophilized (*Labconco, Lyph-Lock Stoppering Tray Dryer with Freeze Dry System mod. 77560*).

For the SEM analysis, the system used is an Edwards exc 120 model system coupled to a Huttering PFG1500DC power supply. The samples were fractured with a razor blade and coated with gold that allows to improve the observation in SEM. The gold coating begins with the evacuation of the chamber until a vacuum of less than 2x10<sup>-3</sup> mbar is obtained. After this step, a purity argon of 99.99% is allowed to obtain a plasma and gold coating for 60 s.

### 2.6. *Sensory analysis*

Two distinct tests of sensory analysis were performed in order to evaluate different characteristics of the presented product. Testing was carried out in a sensory laboratory equipped with individual booths (ISO 8589:2007).

In the hedonic test, 61 untrained assessors evaluated the organoleptic characteristics of the product, 66% of the participants being female and 34% male.

In the hedonic test, 61 untrained assessors evaluated the organoleptic characteristics of the product, 66% of the participants being female and 34% male.

Seven different samples were tested with different formulations (water; 0.5 NaCl; 1.5 NaCl; 0.5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 1.5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 0.5 NaHCO<sub>3</sub> and 1.5 NaHCO<sub>3</sub>). The samples were served in random order, identified with a three-digit random code. In this test were evaluated characteristics such as color, texture, flavor and overall note through a 9-point hedonic scale ranging from 1 to 9 numerical values, where 1 represented dislike extremely and 9 represented like extremely (ISO 11136:2014).

In a second test, a panel of semi-trained assessors ordered the samples presented from the least to the saltiest, in order to evaluate the possible differences caused by the different solutions used during the soaking phase- ranking test (ISO 8587:2006). The samples were presented at the same time, identified with a three-digit random code. The samples tested were NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> and deionized water at a concentration of 0.257 in Na (mol/L).

### 2.7. Statistical analysis

Statistical analyses were carried out using the software IBM® SPSS® Statistics version 26.0.0.0 for Windows and also Microsoft® Excel® 2016 MSO version 2202.

In the processing of sensorial analysis data, the Friedman test was used in the hedonic test and the variance analysis (ANOVA) in the acceptance test.

## 3. Results and discussion

### 3.1. Influence of the sodium solution on soaking

#### 3.1.1. Water content and water activity

The water content of dried peas is 9.4% and increases during soaking. Overall, after soaking, the peas soaked in NaOH solutions have an average water content of 62.37%, which is the highest, while the lowest value obtained in peas soaked in NaCl (54.45%), which are significantly different (Figure 1). Peas soaked in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and NaHCO<sub>3</sub> (59.17% and 57.8%) adsorbs significantly more than those soaked in water (56.5%). The concentration of the sodium solutions only significantly affects the water concentration at 2% sodium chloride when comparing to 1 and 0.5% of the same salt, resulting in a lower water content at the highest salt content, probably due to the greater concentration of solutes.

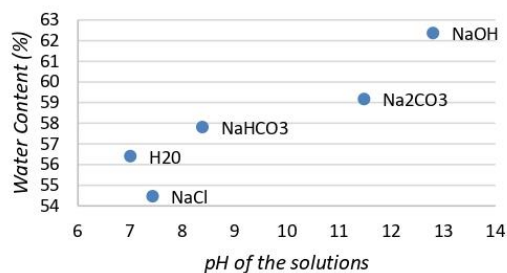


Figure 2: Relation between pH and water content.

These results can be related to the kosmotropic and chaotropes ion theory. These terms originally referred to an ion's ability to alter the hydrogen bonding network of water. The kosmotropes, which are believed to be "water structure makers", are strongly hydrated and have stabilizing and salting-out effects on proteins and macromolecules. On the other hand, chaotropes ("water structure breakers") are known to destabilize folded proteins and give rise to salting-in behavior. The degree of water structuring is determined mainly by two types of quantities: the increase or decrease in viscosity in water due to added salt, and entropies of ion solvation. Indeed, kosmotropic ions like OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> are hydrated more strongly than Cl<sup>-</sup> what may explain the higher water content of the green peas soaked in the NaOH and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solutions and the lower water content of the green peas soaked in the NaCl solutions (Zhang & Cremer, 2006).

#### 3.1.2. Water Activity

The water activity of dried peas is 0.669. After soaking, it increased, from a minimum of 0.979 for NaCl solutions, and a maximum of 0.987 for bicarbonate (Figure 2). Carbonate and hydroxide solution increase water activity more than water.

Using a NaCl solution, is the most efficient method to lower the water activity of a product to limit the deteriorative reactions and microbial growth. Clearly the increase of water in the product leads to a very high-water activity, which however is partially balanced by the use of NaCl in the solution.

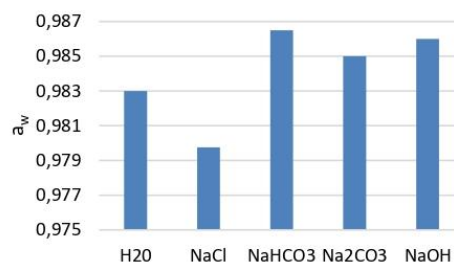


Figure 1: Effect of the different soaking solutions on the water activity.

#### 3.1.3. Hardness

On Figure 3 is possible to see that the lowest value for hardness is for the product soaked in NaOH with a value of 4.6 N then 6.2 N for Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 7.7 N for NaCl, 8.0 N for NaHCO<sub>3</sub> and the highest value is 10.2 N for water.

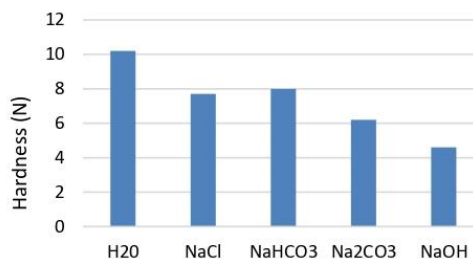


Figure 3: Hardness (g) of soaked green peas.

All sodium sources decrease the hardness, especially those that increased more the water content.

The lower hardness of green peas soaked in alkaline solutions, according to Potter & Hotchkiss (1999), may be explained because alkaline solutions (high pH) can be considered responsible for softening through the breakdown of proteins, polysaccharides, and pectin substances. These changes also increase cell permeability. In fact, Haladjian et al. (2003) observed that beans soaked in alkaline pH had a higher water uptake, which could be related to increased cell membrane permeability.

The effect of NaCl is different. Compared to water soaking, the NaCl solution led to a lower water content but also to a lower hardness. In this case, the lower hardness cannot be explained by the water content but can be explained by the slightly higher pH of this solution (7.43) compared to the pH of the pure water. Rehman & W.H (1996) evaluated white beans soaked in water with 1 % NaHCO<sub>3</sub> and found that the temperature and soaking time affected the available carbohydrate content and that the use of NaHCO<sub>3</sub> decreased the contents of these compounds. This reduction can be explained by the starch compositions in the beans, which include soluble and insoluble portions, and when the product is subjected to soaking in water, the soluble portion is solubilized, leaching into the soaking solution, resulting in the reduction of these carbohydrates.

#### 3.1.4. Sodium Content

Peas soaked in NaCl and NaHCO<sub>3</sub> have not a linear increase in sodium content when compared to the concentration of the solutions. Indeed, it is possible to see that peas soaked in 0.257 mg/L NaCl solution presents a decrease in sodium content when compared to soaking in 0.171 mg/L (from 0.54 to 0.32%) with a new increase at sodium concentration of 0.342. Differently, peas soaked in NaHCO<sub>3</sub> increase their sodium content until 0.257 mg/L with a value of 0.59% which decreases at the highest sodium concentration to the average value of 0.54%.

However, peas soaked in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and in NaOH increase their sodium content, approximately linearly with the sodium content of the soaking solution. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> presents an average value of 0.39% at 0.086 mg/L up to a value of 0.6% in 0.171 mg/L solution. Sodium content continues to increase, but more slightly in 0.257 mg/L solutions, reaching the highest value in 0.342 mg/L solution (1.04%).

NaOH solutions led to the highest sodium content in peas. The higher is Na<sup>+</sup> concentration in the soaking solution, the higher is the sodium content in soaked peas, with a sodium content in peas soaked in NaOH 0.342 mg/L of 1.51%.

### 3.2. Influence of sodium solutions and temperature on frying

#### 3.2.1. Colour

The value of L\* (lightness) is higher after frying at 180 °C when comparing to frying at 140°C to from an average of 36.7 to 37.6 and decrease from 160 °C to an average of 35.4. The variations in lightness value could be explained by the loss of moisture, starch gelatinization, denaturation of

protein, browning and Maillard reaction (Abdollahi Moghaddam et al., 2015).

The green color decreases with the increase of the temperature. The values of a\* which indicate a red color for positive values and a green color for negative values, increases with the temperature. At 140 °C the average is -3.4, at 160°C it has an average of -1.2, at 180 °C the value becomes 1.3.

Redness is an undesirable color quality factor in case fried foods. Increase in redness indicates the formation of crust, resulting in lower sensory acceptability. The increase in redness for all frying treatments may imply that all fried products experienced increase in browning with increased frying temperature and time. This could be related to the formation of Maillard reaction products resulting from the utilization of available reducing sugars and amino acids (Manjunatha et al., 2019).

The values of b\* which indicate a yellow color for positive values and a blue color for negative values, increases slightly from a value of 19.7 at 140 °C to 19.8 at 160 °C, decreasing to 18.7 at 180 °C. The yellow color decrease is probably related to the marginal content of carotenoids in green peas which may be degraded by thermal treatment by deep fat frying (Manjunatha et al., 2019).

#### 3.2.2. Water Content

The increase of the frying temperature leads to a decrease in the final water content after the same frying time, from a value of 1.78% after frying at 140°C reaching the average value of 0.37% at 180°C.

Peas fried after soaking in H<sub>2</sub>O and NaCl present the highest values of water content (2.21 and 2.3%, respectively), while the sodium bicarbonate and sodium hydroxide solutions generate peas with lower values of water content.

#### 3.2.3. Water activity

The average a<sub>w</sub> value for 140°C is 0.489, decreasing to 0.372 for 160°C and a lower decrease for 180°C (0.362). The decrease in water activity may be attributed to the increase in solubility of nonpolar solids at elevated temperatures, resulting in lower water vapor pressure due to greater interaction between water and nonpolar molecules (Syamaladevi et al., 2016).

Otherwise, the lowest value for a<sub>w</sub> is, consistently with the values obtained from the analysis of the post-soaking products, as expected for the peas soaked in NaCl solutions. Unlike the post-soaking analysis, NaOH has the highest value of water activity after the frying operation.

However, all the samples examined, rehydrated in the different solutions and fried at different temperatures, at the end of the process reach values of a<sub>w</sub> suitable for conservation, which allow to avoid microbial growth.

#### 3.2.4. Hardness

The average hardness values decrease with increasing temperature with a highly significant correlation coefficient of -0.207 (data not shown). Indeed, at 140°C the hardness value is 19.4 N, decreasing at 160°C to 16.6 N to the lowest value for 180°C of 14.2 N.

Texture development during frying is a two-stage phenomenon comprising an initial stage characterized by tissue softening and cooking of core followed by a second stage involving the formation and hardening of crust (Pedreschi et al., 2001).

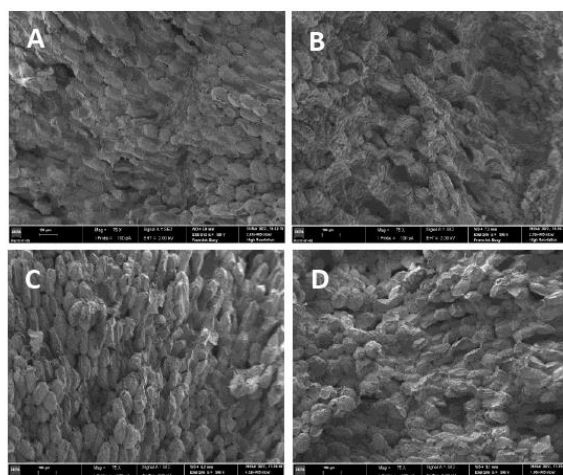
The effect of the different sodium concentrations on the hardness of the fried product was studied. Except for NaOH and NaCl (0.342mol/L) all the sodium sources lead to an average hardness in the peas lower than water. Peas soaked in NaOH solution, at 0.342mol/L have the highest value of hardness (33.4 N) which make the product too hard to be edible.

### 3.3. Scanning Electronic Microscope

It was possible to detect some structural differences between the various samples under study.

For the samples of peas soaked, bleached and lyophilized (DBL), the SEM analysis showed that the cells of peas soaked in NaCl and NaOH were much more wrinkled than the remaining samples and observed also the cells of the pea soaked in NaHCO<sub>3</sub> appeared to be flatter (Figure 4). This is related to the transmembrane movements, namely the osmotic effect, the cells became plasmolyse (Torreggiani, 1993).

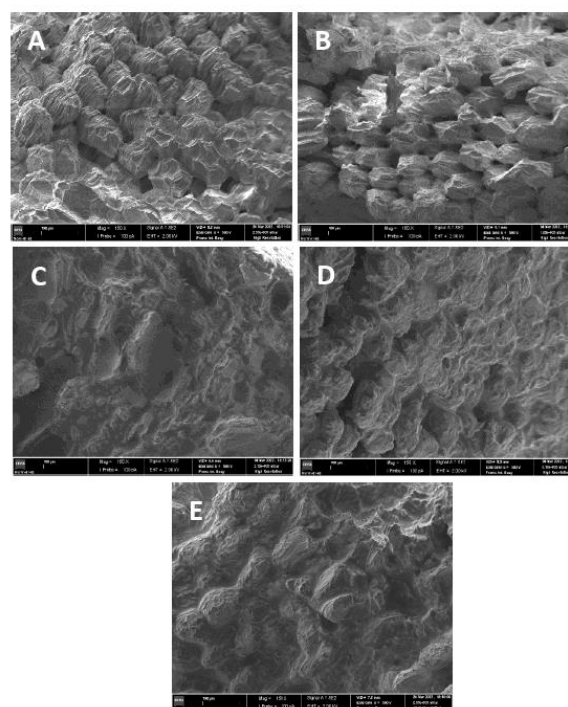
In the fried samples, it was found that both peas soaked in water and those soaked in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> showed much more spherical and voluminous cells after the frying process. The NaCl sample reveals more compressed cells. In NaHCO<sub>3</sub> sample the cells remain highly wrinkled and compact with minimal cell differentiation (Figure 5).



**Figure 4:** SEM analysis: A-DBL H<sub>2</sub>O (75x magnification); B-DBL NaCl (75x magnification); C-DBL NaOH (75x magnification); D-DBL NaHCO<sub>3</sub> (75x magnification)

In a study by Jennie Jansson on plant cells it was found that a higher pH gives rise to a network of fibers more collapsed than a lower pH, which may explain the results observed in the SEM analysis (Jansson, 2015).

Since pea is a vegetable rich in pectin, it's gelification may have implications for the results obtained since the rate of the pectin gelling process increases as there is a reduction in pH (Kadam et al., 2015).



**Figure 5:** SEM analysis: A-Fried H<sub>2</sub>O (150x magnification); B-Fried NaCl (150x magnification); C-Fried NaOH (150x magnification); D-Fried NaHCO<sub>3</sub> (150x magnification); E-Fried Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (150x magnification)

### 3.4. Sensory analysis

- **Hedonic Test- Organoleptic characteristics of the product**

The results obtained through the 9-point hedonic scale test indicated that all samples were well accepted by the assessors, since the values obtained are between 6 and 8 ("like slightly" and "like very much"). Through these data, it is concluded that the sample preferred was sample 1.5% NaCl and sample 1.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> the least appreciated, with a global note 8 a 6 respectively.

According to the analysis of variance (ANOVA) all the pea samples evaluated presented significant differences between them, since the "p-value" was less than 0.05 in all attributes.

- **Ranking Test- Salt content**

A value of Fr=14.05 was obtained. Considering a significance value of 5% and using the table of "Upper Critical Values for the Friedman Test", for k=4 and N=14, a critical value of 7.82 was obtained. As the calculated value is higher than the critical value, it is concluded that the samples were considered different by the assessors. Through the difference in the sums of the orders between two samples it was verified that samples A and B, B and C present statistical differences between them.

#### 4. Conclusions

The worst quality parameter in peas was the hardness, which was the highest for each sodium concentration (except for the lowest concentration of 0.342 mg/L) making them nonedible. The peas that showed the best quality parameters were the ones soaked in sodium carbonate.

Regarding the frying temperature, 160 and 180°C are the ones that leads to the best parameters of the product such as low values of water content,  $a_w$  and hardness.

The most suitable process could be the one carried on with  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (1.36 g/100mL) at 160°C.

The SEM analysis allowed to visualize the internal structure of the various samples revealing clear differences between them. This analysis confirmed the results obtained in the previous hardness test since there are changes in the cell walls of peas soaked in alkaline solutions (pH 8).

The differences observed can be explained by the increase of pectin gelification as the pH decreases and also a higher pH gives rise to a network of fibers more collapsed than a lower pH.

#### References

Abdollahi Moghaddam, M. R., Rafe, A., & Taghizadeh, M. (2015). Kinetics of Color and Physical Attributes of Cookie during Deep-Fat Frying by Image Processing Techniques. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(1), 91–99. <https://doi.org/10.1111/JFPP.12268>

Ballard, L. A. T. (1973). *Physical barriers to germination*.

Corner, E. J. H. (1951). The Leguminous seed. *Phytomorphology*, 1, 117–150.

Haladjian, N., Fayad, R., Toufeili, I., Shadarevian, S., Sidahmed, M., Baydoun, E., & Karwe, M. (2003). pH, temperature and hydration kinetics of faba beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(1), 9–20. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4549.2003.TB00497.X>

ISO 11136:2014. *Sensory analysis — Methodology — General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area*.

ISO 8587:2006. *Sensory analysis — Methodology — Ranking*.

ISO 8589:2007. *Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*.

Jansson, J. (2015). *The influence of pH on fiber and paper properties*.

Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2015). Improved thermal processing for food texture modification. *Modifying Food Texture: Novel Ingredients and Processing Techniques*, 115–131. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-333-1.00006-1>

Manjunatha, S. S., Mathews, A. T., & Patki, P. E. (2019). Modelling the kinetics of mass transfer and change in colour during deep fat frying of green peas (*Pisum sativum* L.) at different frying temperatures. *Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung*, 55(11), 3087–3102. <https://doi.org/10.1007/S00231-019-02637-7>

Mousa, M. M. H., El-Magd, M. A., Ghamry, H. I., Alshahrani, M. Y., El-Wakeil, N. H. M., Hammad, E. M., & Asker, G. A. H. (2021). Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. *Scientific Reports* 2021 11:1, 11(1), 1–11. [https://doi.org/10.1038/s41598-021-](https://doi.org/10.1038/s41598-021-02202-5)

02202-5

Patrick, J. W. (1997). PHLOEM UNLOADING: Sieve Element Unloading and Post-Sieve Element Transport. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 48, 191–222. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.ARPLANT.48.1.191>

Pedreschi, F., Aguilera, J. M., & Pyle, L. (2001). Textural Characterization and Kinetics of Potato Strips During Frying. *Journal of Food Science*, 66(2), 314–318. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2001.TB11338.X>

Potter, N. N., & Hotchkiss, J. H. (1999). *Food Science: Fifth Edition (Food Science Text Series)*. 608. [https://books.google.com/books/about/Food\\_Science.html?hl=pt-PT&id=ERoAm13YF8IC](https://books.google.com/books/about/Food_Science.html?hl=pt-PT&id=ERoAm13YF8IC)

Prakash Pandey, O., Kumar Mishra, B., & Misra, A. (2019). Comparative study of green peas using with blanching & without blanching techniques. *Information Processing in Agriculture*, 6(2), 285–296. <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2018.10.002>

Rehman, Z., & W.H. S. (1996). Effects of soaking and cooking on physical characteristics, tannin contents...: Sistema de descoberta para FCCN. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research, September 1996*, 39(9-12):195-199.

Syamaladevi, R. M., Kiran Tadapaneni, R., Xu, J., Villa-Rojas, R., Tang, J., Carter, B., Sablani, S., & Marks, B. (2016). *Water activity change at elevated temperatures and thermal resistance of Salmonella in all purpose wheat flour and peanut butter*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.008>

Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26(1), 59–68. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(93\)90106-S](https://doi.org/10.1016/0963-9969(93)90106-S)

Zhang, Y., & Cremer, P. S. (2006). Interactions between macromolecules and ions: the Hofmeister series. *Current Opinion in Chemical Biology*, 10(6), 658–663. <https://doi.org/10.1016/J.CBPA.2006.09.020>

Zhu, Y. yin, Zhang, M., & Wang, Y. qiang. (2015). Vacuum frying of peas: effect of coating and pre-drying. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 3105. <https://doi.org/10.1007/S13197-014-1314-X>

## Anexo III- Consentimento informado, livre e esclarecido: provas de análise sensorial



### APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE INVESTIGAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar o documento de Consentimento informado livre e esclarecido.

**Título do Estudo:**

Apreciação hedónica de ervilhas secas e fritas demolhadas com diversos sais

Este projeto está a ser desenvolvido pelos docentes Rui Costa, João Noronha e Telmo Pereira do Instituto Politécnico de Coimbra.

O seu objetivo fundamental é estudar a aceitabilidade de ervilhas secas e fritas demolhadas com diversos sais e perceber se alguns dos sais contendo sódio confere um sabor mais salgado em menores concentrações de sódio.

As ervilhas de semente, já secas, são demolhadas em diversos sais alimentares e depois secas e/ou fritas em óleo alimentar. O provador responderá sobre a sua a perceção das qualidades organolépticas das ervilhas que lhe forem servidas, com avaliação particular sobre o sabor a salgado. Alguns dos provadores realizarão um eletroencefalograma durante as provas para permitir relacionar os estímulos cerebrais com os teores de sódio.

Todos os métodos utilizados são seguros, não existindo qualquer risco ou experiência dolorosa da sua utilização.

A confidencialidade e anonimato dos dados serão garantidos. A identificação far-se-á por um código, não existindo em nenhum material de referência a dados de identificação.

Após análise de toda a informação recolhida, os dados serão guardados numa base de dados protegida por palavra-passe. Os dados recolhidos são para uso exclusivo do presente estudo, não existindo quaisquer interesses financeiros a motivar o estudo.

A sua participação é voluntária, não existindo nenhuma contrapartida financeira ou de outra natureza, à sua participação. Em qualquer momento, poderá livremente recusar ou interromper a participação no estudo, sem qualquer tipo de penalização por este facto.

Este estudo não é financiado por qualquer bolsa ou fundo de investigação.

Em nome da equipa de investigação do projeto, manifesto os nossos agradecimentos pela sua participação, e manifesto a nossa disponibilidade para quaisquer esclarecimentos adicionais.

**Investigador Principal do Projeto**

Rui Costa, docente da Escola Superior Agrária de Coimbra. Contacto: 964516021

Assinatura do Investigador :  \_\_\_\_\_ Data: 06/06/2022

**CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO  
EM ESTUDO DE INVESTIGAÇÃO**

De acordo com a Lei n.º 58/2019, de 8 de agosto, o RGPD e a Declaração de Helsínquia e a Convenção de Oviedo  
(sempre que se aplique)

**Título do Estudo:**

Apreciação hedónica de ervilhas secas e fritas demolhadas com diversos sais

Na qualidade de participante no estudo acima referido, declaro que compreendi todos os objetivos da minha participação no mesmo, pelas informações verbais e escritas que me foram fornecidas pela equipa de investigação. Foi garantida a confidencialidade e anonimização dos dados, e a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas. Desta forma, aceito de livre vontade a participação, neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação, aceitando também a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome Completo: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ ... Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

SE NÃO FOR O PRÓPRIO A ASSINAR POR IDADE / INCAPACIDADE

(se o menor tiver discernimento deve também assinar em cima, se consentir)

NOME: \_\_\_\_\_

BI/CC Nº: \_\_\_\_\_ DATA OU VALIDADE \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

GRAU DE PARENTESCO OU TIPO DE REPRESENTAÇÃO: \_\_\_\_\_

ASSINATURA \_\_\_\_\_

ESTE DOCUMENTO É FEITO EM DUPLICADO:  
UMA VIA PARA O INVESTIGADOR, OUTRA PARA QUEM CONSENTE

## Anexo IV- Questionário da prova de aceitação

Escola Superior Agrária de Coimbra

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: Masculino ( )  
Feminino ( )

Durante esta prova irão ser-lhe apresentadas 4 amostras de ervilhas fritas, individualmente. Por favor, prove cada amostra e avalie de um modo geral, os vários atributos apresentados, utilizando a escala abaixo.

9- Gostei muitíssimo
8- Gostei muito
7- Gostei moderadamente
6- Gostei ligeiramente
5- Não gostei/ Nem desgostei
4- Desgostei ligeiramente
3- Desgostei moderadamente
2- Desgostei muito
1- Desgostei muitíssimo

Código da Amostra	Cor	Textura	Sabor	Nota Global

Comentários:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo V- Questionário da prova de ordenação

Escola Superior Agrária de Coimbra

Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: Masculino ( )  
Feminino ( )

**Amostra:** Soluções de Cloreto de Sódio

Prove as 5 amostras que lhe são apresentadas e ordene-as da **menos** salgada à **mais** salgada.  
Escreva o código das amostras na ordem correspondente

**Menos Salgada** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**Mais Salgada** \_\_\_\_\_

Comentários:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Obrigada

