

APLICAÇÃO DO PROCESSO DE COZIMENTO *SOUS-VIDE* A FILETES DE CAVALA (*Scomber colias*)

RODRIGO VIEGAS MARTINS

Faro, 2023

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE COZIMENTO *SOUS-
VIDE* A FILETES DE CAVALA (*Scomber colias*)**

RODRIGO VIEGAS MARTINS

Mestrado em Tecnologia de Alimentos

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Eduardo Esteves

Professor Doutor Jaime Aníbal

Faro, 2023

Aplicação do Processo de Cozimento *Sous-vide* a Filetes de Cavala (*Scomber colias*)

Declaração de Autoria de Trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

© 2023 Rodrigo Viegas Martins, ISE/UAlg e UAlg

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos aqueles, que de algum modo, contribuíram para a conclusão desta dissertação, concluindo assim esta grande etapa da minha vida.

Ao Professor Doutor Eduardo Esteves e juntamente ao Professor Doutor Jaime Aníbal, por terem aceitado serem meus orientadores, pelo acompanhamento constante, pela disponibilidade, motivação, dedicação, simpatia e amizade ao longo deste grande percurso.

Às técnicas de laboratório, nomeadamente as Engenheiras Clarisse Ramalho, Vera Gonçalves e Neusa Rodrigues, pela disponibilidade, partilha de conhecimentos e ajuda constante.

A minha querida namorada Sónia Silva, pelo grande amor e incentivo e por seres o meu grande apoio.

Aos meus colegas de laboratório, pela ajuda fornecida.

A todos os inquiridos que participaram na análise sensorial, pela disponibilidade.

Aos meus amigos, pela compreensão desta grande jornada.

E por último, um agradecimento muito especial aos meus queridos pais e familiares próximos, pela motivação, amor, paciência, carinho e força, não só nesta etapa, como ao longo da minha vida e por acreditarem sempre em mim que poderia ir mais longe. Fizeram-me a pessoa que sou hoje.

A todos, muito obrigado do fundo do meu coração!

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo aplicar o método de cozimento *sous-vide* a filetes de cavala (*S. colias*) e estudar os seus parâmetros físico-químicos e sensoriais. O método *sous-vide* consiste no cozimento em banho-maria, de alimentos dispostos em bolsas de vácuo termoestáveis, em condições de temperatura e tempo controlados e seguida de rápida refrigeração. Testaram-se os binómios temperatura-tempo 50, 60 e 70 °C e 1, 3 e 6 min. para avaliar os parâmetros de qualidade (teores de perda por gotejamento e por cozimento, textura, cor, pH, teor de humidade e atividade da água, capacidade de retenção da água, perda de água e perda de gordura). Selecionou-se o binómio temperatura-tempo 60 °C durante 3 minutos, pois exibiu características intermédias e pertinentes nos parâmetros, nomeadamente, nos vários atributos da textura e cor, e também no teor de humidade e perda de gordura. Este binómio foi utilizado para o cozimento *sous-vide* de filetes seguindo diferentes preparações, utilizando ingredientes que reconhecidamente possuem potencial para estender o tempo de conservação útil e/ou garantir a segurança alimentar do produto: salmoura; azeite, alho e orégãos; infusão de hortelã da ribeira; vinagre de gengibre; vinagre de framboesa; e sumo de limão. Nestes filetes avaliaram-se os mesmos parâmetros e, complementarmente, avaliaram-se diversas características organoléticas das preparações, assim como a preferência e intenção de compra recorrendo a um painel sensorial. Os filetes de cavala preparados com azeite, alho e orégãos, foram eleitos como os mais apreciados em todos os parâmetros sensoriais, obtendo uma apreciação geral de $5,5 \pm 0,9$ (numa escala de 1 a 6). Foram também escolhidos como receita preferida por 67,7%, especulando-se uma preferência por filetes com maior dureza ($3,97 \pm 0,49$ N), gomosidade ($202,26 \pm 27,92$ g) e mastigabilidade ($473,47 \pm 52,84$ g.mm). Os filetes controlo foram os menos apreciados quanto à aparência ($4,7 \pm 0,9$), cor ($4,6 \pm 1,0$), textura ($5,1 \pm 0,7$) e odor ($4,6 \pm 1,1$), com uma apreciação geral de $4,6 \pm 1,1$. Cerca de 87% dos provadores relataram que comprariam os filetes com azeite, alho e orégãos. Os filetes com salmoura também apresentaram elevada aceitabilidade e intenção de compra (74%). Este trabalho explorou o potencial da aplicação do cozimento *sous-vide* a filetes de cavala e elaboração de um produto pronto-a-consumir ou de conveniência.

Palavras-chave: filetes de cavala; *sous-vide*; binómio temperatura-tempo; preparações/receitas; parâmetros físico-químicos; análise sensorial.

Abstract

The present work aimed to apply the *sous-vide* cooking method to mackerel fillets (*S. colias*) and to study its physical-chemical and sensory parameters. The *sous-vide* method consists of cooking food in a bain-marie, placed in thermostable vacuum bags, under controlled temperature and time conditions, followed by rapid refrigeration. The temperature-time binomials 50, 60 and 70 °C and 1, 3 and 6 min were tested. To evaluate the quality parameters (drip and cooking loss, texture, color, pH, moisture content and water activity, water holding capacity, water loss and fat loss). The temperature-time binomial 60 °C for 3 minutes was selected, as it exhibited intermediate and relevant characteristics in the parameters, namely, in the various texture and color attributes, and in the moisture content and fat loss. This binomial was used for the *sous-vide* cooking of fillets following different preparations, using ingredients that are known to have the potential to extend the shelf life and/or guarantee the food safety of the product: brine; olive oil, garlic, and oregano; river mint infusion; ginger vinegar; raspberry vinegar; and lemon juice. In these fillets, the same parameters were evaluated, and, in addition, various organoleptic characteristics of the preparations were evaluated, as well as preference and purchase intention using a sensory panel. Mackerel fillets prepared with olive oil, garlic and oregano were chosen as the most appreciated in all sensory parameters, obtaining a general appreciation of $5,5 \pm 0,9$ (on a scale of 1 to 6). They were also chosen as the preferred recipe by 67,7%, speculating a preference for fillets with greater hardness ($3,97 \pm 0,49$ N), gumminess ($202,26 \pm 27,92$ g) and chewiness ($473,47 \pm 52,84$ g.mm). Control fillets were the least appreciated in terms of appearance ($4,7 \pm 0,9$), color ($4,6 \pm 1,0$), texture ($5,1 \pm 0,7$) and odor ($4,6 \pm 1,1$), with an overall appreciation of $4,6 \pm 1,1$. About 87% of tasters reported that they would buy fillets with olive oil, garlic, and oregano. Fillets with brine also showed high acceptability and purchase intent (74%). This work explored the potential of applying *sous-vide* cooking to mackerel fillets and preparing a ready-to-eat or convenience product.

Keywords: mackerel fillets; *sous-vide*; temperature-time binomial; preparations/recipes; physicochemical parameters; sensory analysis.

Índice

Declaração de Autoria de Trabalho	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Índice de figuras	x
Índice de tabelas	xi
Lista de abreviatura e siglas.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Pescado	1
1.1.1. Definição do pescado e a sua divisão e importância comercial	1
1.1.2. Cavala	2
1.2. Composição nutricional do pescado	3
1.3. Deterioração do pescado.....	4
1.4. Conservação e transformação de pescado	5
1.5. Cozimento <i>sous-vide</i>	7
1.6. Adição de ingredientes durante a cozedura	9
1.7. Parâmetros de qualidade de produtos de pesca	13
1.8. Objetivos.....	18
2. Materiais e Métodos	19
2.1. Planeamento experimental.....	19
2.2. Preparação de amostras	20
2.2.1. Rendimento da filetagem.....	20
2.2.2. Congelação de filetes.....	20
2.3. Ensaio para seleção dos binómios temperatura-tempo de cozimento <i>sous-vide</i>	21
2.4. Preparações de filetes de cavala com aplicação do cozimento <i>sous-vide</i>	23
2.4.1. Preparação de filetes com infusão de hortelã da ribeira	24
2.4.2. Preparação de filetes com azeite, alho e orégãos.....	24
2.4.3. Preparação de filetes em salmoura	24
2.4.4. Preparação de filetes com sumo de limão	25
2.4.5. Preparação de filetes com vinagre de gengibre	25
2.4.6. Preparação de filetes com vinagre de framboesa.....	25
2.5. Parâmetros de qualidade.....	25

2.5.1. Teor de perda por gotejamento/exsudação	25
2.5.2. Teor de Perda por Cozimento	25
2.5.3. Textura.....	26
2.5.4. Cor	26
2.5.5. pH	27
2.5.6. Teor de humidade e atividade da água	27
2.5.7. Capacidade de retenção de água, perda de água e perda de gordura.....	27
2.6. Avaliação sensorial das preparações de filetes de cavala cozidos em <i>sous-vide</i>	28
2.7. Análise estatística	29
3. Resultados e Discussão.....	30
3.1. Ensaio para seleção dos binómios temperatura-tempo de cozimento <i>sous-vide</i>	30
3.1.1. Teor de perda por gotejamento/exsudação	31
3.1.2. Teor de perda por cozimento	32
3.1.3. Textura.....	33
3.1.4. Cor	35
3.1.5. pH	37
3.1.6. Teor de humidade e atividade da água	38
3.1.7. Capacidade de retenção de água, perda de água e perda de gordura.....	39
3.2. Qualidade físico-química das preparações de filetes de cavala com aplicação do cozimento <i>sous-vide</i>	41
3.3. Avaliação sensorial das preparações de filetes de cavala com aplicação do cozimento <i>sous-vide</i>	48
4. Conclusão	52
5. Perspetivas de trabalhos futuros	53
6. Bibliografia.....	54
7. Apêndices	62
7.1. Apêndice A	62
7.2. Apêndice B	70
7.3. Apêndice C	71
7.4. Apêndice D	71
7.5. Apêndice E	71
7.6. Apêndice F.....	73
7.7. Apêndice G.....	74
7.8. Apêndice H.....	74

7.9. Apêndice I.....	75
7.10. Apêndice J	76
7.11. Apêndice K.....	77
7.12. Apêndice L	77
7.13. Apêndice M	78
7.14. Apêndice N.....	78
7.15. Apêndice O.....	79

Índice de figuras

Figura 1.1. Ilustração de uma cavala (<i>Scomber colias</i>) (Vasconcelos et al., 2011).	2
Figura 1.2. Processo de cozimento <i>sous-vide</i> em filetes de cavala. A) Embalamento em vácuo. B) Cozimento em banho-maria.	9
Figura 1.3. Estrutura muscular do bacalhau, enfatizando a interligação dos miótomos (Blikra et al., 2020).	14
Figura 2.1. Plano experimental.	19
Figura 2.2. Curva de congelação do centro térmico dos filetes de cavala.	21
Figura 2.3. Exposição dos filetes nas placas do túnel de congelação.	21
Figura 2.4. Exemplo de colocação dos filetes nos sacos.	23
Figura 2.5. Exemplo de tabuleiro com as amostras codificadas conforme as preparações/receitas (salmoura 5%; azeite, alho e orégãos; infusão de hortelã da ribeira; vinagre de gengibre; sumo de limão; e controlo), para as provas de análise sensorial fornecidas aos inquiridos.	28
Figura 3.1. Filetes de cavala (<i>S. colias</i>) após cozimento <i>sous-vide</i> com as receitas: A – Infusão de hortelã da ribeira; B – Azeite, alho e orégãos; C – Salmoura 5%; D – Sumo de limão; E – Vinagre de gengibre; F – Vinagre de framboesa.	42
Figura 3.2. Caracterização dos provadores (n=31) envolvidos na análise sensorial das preparações de filetes de cavala cozidos em <i>sous-vide</i> . A – Género; B – Idade; C – Situação profissional; D – Frequência do Consumo	49
Figura 3.3. Receita preferida (%) pelos provadores (esq.). Identificação correta (%) da receita preferida pelos provadores (dir.).	51

Índice de tabelas

Tabela 1.1. Definições de parâmetros mecânicos de textura (Szczesniak, 2002).	15
Tabela 2.1. As temperaturas dos banhos-maria (Cozedura e Arrefecimento) as temperaturas dos centros térmicos dos filetes (Cozedura e Arrefecimento).	22
Tabela 2.2. Classificação do aroma "peixe cozido" e características visuais "cozidas".	22
Tabela 2.3. Tempos e temperaturas dos filetes para a cozedura e arrefecimento.....	23
Tabela 3.1. Temperatura (°C) e tempos (s) dos filetes nas etapas de cozedura e arrefecimento, e classificação da intensidade do aroma “cozido” (1-5) e aspeto “cozido” (1-3).	30
Tabela 3.2. Teor de perda por cozimento (“cook loss”) em percentagem (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).	32
Tabela 3.3. Atributos de dureza (N), coesividade, gomosidade (g) mastigabilidade (g·mm), adesividade (g·s) e elasticidade (mm) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min). Sendo o controlo, os filetes em fresco, sem aplicação de cozimento (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).	34
Tabela 3.4. Atributos de cor L*, a*, b*, C* (croma – saturação das cores) e °h (angulo de tonalidade) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).	36
Tabela 3.5. pH (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).	37
Tabela 3.6. Atividade da água (a _w) teor de humidade (%) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores)...	38
Tabela 3.7. Capacidade de retenção de água (CRA), perda de água (PA) e perda de gordura (PG), em percentagem (%) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).....	40

Tabela 3.8. Atributos de dureza (N), coesividade, gomosidade (g) mastigabilidade (g.mm), adesividade (g.s) e elasticidade (mm) do parâmetro de textura (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).....	43
Tabela 3.9. Atributos de L (luminosidade, 0 – preto e 100 – branco), a (- verde e + vermelho), b (- azul e + amarelo), C (croma, saturação das cores) e °h (ângulo de tonalidade) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).....	44
Tabela 3.10. pH (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).....	45
Tabela 3.11. Atividade da água (a_w) e teor de humidade (%) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).....	46
Tabela 3.12. Capacidade de retenção de água (CRA), perda de água (PA) e perda de gordura (PG) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, <i>S. colias</i> , sujeitas a cozimento <i>sous-vide</i> a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparações através do teste ANOVA a 1 fator).....	47
Tabela 3.13. Características organoléticas (aparência, cor, textura, odor, sabor, sabor residual e apreciação geral) avaliadas pelos inquiridos na análise sensorial (média ± desvio-padrão) dos filetes cozidos em <i>sous-vide</i> a 60 °C durante 3 min, com as diferentes preparações/receitas (controlo; infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura; sumo de limão e vinagre de gengibre) (comparações entre preparações/receitas através de ANOVA a 1 fator).....	50

Tabela 3.14. Análise da intenção de compra (%) pelos inquiridos para cada preparação/receita (controlo; infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura; sumo de limão e vinagre de gengibre).....	50
--	----

Lista de abreviatura e siglas

°h	Tonalidade da cor
ABVT	Azoto Básico Volátil Total
ANOVA	Análise de variância
ATP	Adenosina Trifosfato
a_w	Atividade da água
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CRA	Capacidade de retenção de água
DEA	Departamento de Engenharia Alimentar
DHA	Ácido docosaheptaenóico
EPA	Ácido eicosapentaenóico
HSV	Hue, Saturation and Value (Matiz, Saturação e Valor)
IFT	Institute of Food Technologists
IPQ	Instituto Português de Qualidade
IQA	Índice de Qualidade Artificial (Artificial Quality Index)
ISE Ualg	Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve
ISO	International Organization for Standardization
MUFA	Ácidos Gordos Monoinsaturados
NP	Norma Portuguesa
PA	Perda de água
PG	Perda de gordura
PUFA	Ácidos gordos polinsaturados
RGB	Red, Green and Blue (Vermelho, Verde e Azul)
RTE	Ready to eat (Pronto a comer)
TBARS	Teor em substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TMA	Trimetilamina

1. Introdução

1.1. Pescado

1.1.1. Definição do pescado e a sua divisão e importância comercial

De acordo com o Decreto-Lei n.º 37/2004, os produtos de pesca são todos os animais ou partes de animais marinhos ou de água doce, incluindo as suas ovas e leitugas, com exclusão dos mamíferos aquáticos abrangidos por regulamentação comunitária específica.

O pescado divide-se em três grandes categorias, peixe, marisco e cefalópodes. No caso do peixe, existe os seláceos, brancos e azuis. Com base no teor em lípidos, o pescado é classificado como magro, se o teor de lípidos é inferior a 5% (por exemplo, linguado, bacalhau e pescada), semi-gordo entre 5 e 10% (rodovalho e peixe-espada) e gordo quando, pelo menos numa parte do ano, o teor de lípidos é superior a 10% (sardinha, atum, cavala e salmão) (Huss, 1995; Huss *et al.*, 2003). Os peixes azuis ou gordos, vivem preferencialmente junto à superfície ou zona epipelágica e alimentam-se em mar aberto. Devido à sua forma hidrodinâmica, estrutura retrátil de algumas barbatanas e à poderosa musculatura, conseguem nadar mais rápido e durante mais tempo em comparação aos peixes brancos ou magros. Os peixes azuis também são caracterizados pela divisão da sua pele em zonas claras (barriga) e zonas escuras (dorsal), e no seu interior, a parte muscular apresenta uma cor mais intensa e escura, pelo motivo de ser rico em gordura, conter maior irrigação sanguínea e maiores quantidades de mioglobina (Esteves *et al.*, 2016; Huss, 1995; Huss *et al.*, 2003; Nollet & Toldrá, 2010).

O consumo médio anual *per capita* de peixe em Portugal é de 55,3 kg, correspondendo ao país com maior consumo per capita no continente europeu e o terceiro em comparação aos países desenvolvidos do mundo (Mendes *et al.*, 2021). Contudo aproximadamente dois terços do pescado em geral no mercado português é importado, tornando-se extremamente dependente de outros países (Mendes *et al.*, 2021; Vasconcelos, 2022). Por outro lado, diversas espécies de pescado são descartadas em quantidades consideráveis em várias regiões por vários motivos, por exemplo, a aparência desfavorável e/ou restrições sociais ou religiosas. Ao invés, existem espécies que sendo valorizadas fora das zonas aonde são originalmente capturadas ou produzidas, é necessário ultrapassar algumas adversidades devidas ao curto tempo de conservação útil que permitam a distribuição, preparação e comercialização destes produtos da pesca em boas condições físico-químicas, microbiológicas e organoléticas (Esteves *et al.*, 2021).

1.1.2. Cavala

Entre os peixes azuis, a cavala do Atlântico encontra-se classificada como um dos principais grupos de pequenos produtos da pesca de origem pelágica em volume e valor na Europa devido à crescente captura e importância económica (Cropotova *et al.*, 2019b, c). O género *Scomber* possui quatro espécies principais, *S. japonicus*, *S. colias*, *S. scombrus* e *S. australasicus*. As características morfológicas que diferem de espécie para espécie são, por exemplo, os dentes vomerianos, as vértebras pré-caudais e o número de espinhos pré-dorsais. As espécies *S. scombrus* e *S. colias* habitualmente encontram-se no oceano Atlântico, em contrapartida, *S. japonicus* e *S. australasicus* no Indo-Pacífico (Gonçalves *et al.*, 2015; Porfírio, 2017).

A espécie *S. colias*, segundo a taxonomia clássica, pertence ao reino Animalia, filo Chordata, classe Actinopterygii, ordem Perciformes, família Scombridae, comumente conhecida em Portugal como cavala (Figura 1.1) (Porfírio, 2017; Vasconcelos *et al.*, 2011). A cavala é um peixe pelágico, com uma distribuição geográfica desde o Atlântico até ao Mar Mediterrâneo e Negro, devido à sua preferência por águas quentes e temperadas (Vasconcelos, 2022). Como tal, é uma espécie facilmente encontrada por toda a costa portuguesa, incluindo os arquipélagos dos Açores e Madeira (Porfírio, 2017). Normalmente deslocam-se em cardumes podendo atingir uma profundidade de até 250 metros. É predominantemente capturada nas pescarias de cerco e de arrasto, que juntamente pode surgir outros peixes durante a pesca como a sardinha (Gonçalves *et al.*, 2015; Vasconcelos, 2022; Vasconcelos *et al.*, 2011).

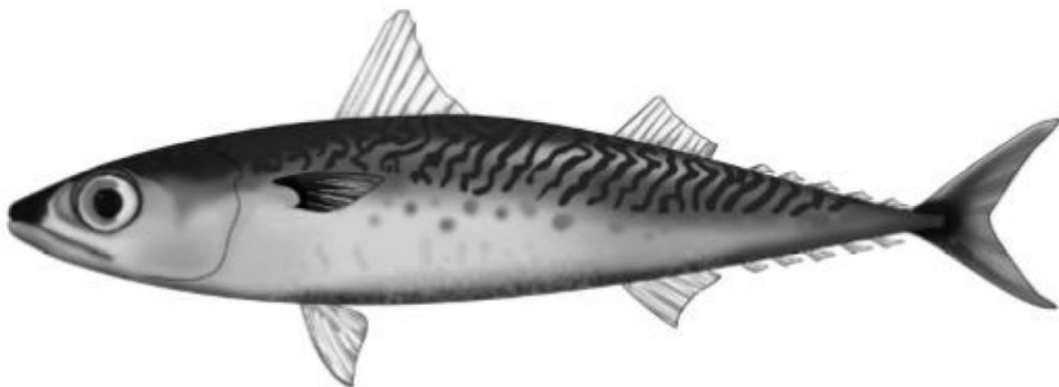


Figura 1.1. Ilustração de uma cavala (*Scomber colias*) (adapt. Vasconcelos et al., 2011).

A cavala caracteriza-se por possuir dimensões médias, pela presença de duas cristas em ambos os lados do pedúnculo caudal e de oito a dez raios espinhosos na primeira barbatana dorsal, pelo dorso cinzento-azulado com riscas em formato de "V", existindo pequenas e

numerosas manchas escuras, e na zona da cabeça entre os olhos é translúcida. Estes aspetos morfológicos facilitam a distinção da cavala em relação à sarda (*S. scombrus*) (Porfírio, 2017). A cavala alimenta-se essencialmente de zooplâncton, no entanto também se consegue alimentar de crustáceos, cefalópodes e pequenos peixes pelágicos, graças aos seus dentes vomerianos (Gonçalves *et al.*, 2015; Vasconcelos, 2022).

A taxa de crescimento depende da temperatura do meio e da intensidade de alimentação, sendo maior em ambientes mais quentes e menor em ambientes mais frios. É, normalmente, no primeiro ano de vida que a cavala atinge a taxa máxima de crescimento, diminuindo posteriormente quando atinge a idade de primeira maturação, onde a maioria da sua energia é aplicada no processo de reprodução (Porfírio, 2017).

A cavala nem sempre foi valorizada, sendo até uma das espécies mais rejeitadas no Algarve. A partir de 2012, foi a espécie mais desembarcada, não só devido à quebra de pesca de sardinha como também à sua diversificação de utilização coadjuvada por várias campanhas promocionais pelas entidades do setor, e.g. DocaPesca. No Algarve são capturados em média 7000 toneladas por ano, desembarcadas principalmente no porto de Olhão, representando mais de 70% das capturas algarvias. Nos dias de hoje, é mais utilizada para a alimentação de outras espécies de peixes, por exemplo, os atuns em armações, em consequência do seu (ainda) baixo valor económico (Gonçalves *et al.*, 2015; Gonçalves *et al.*, 2016; Vasconcelos, 2022).

1.2. Composição nutricional do pescado

O pescado é reconhecido pelos consumidores, como um alimento indispensável para uma alimentação saudável, devido a vários benefícios para nutrição humana. O peixe representa uma fonte alimentar valiosa, pois contém aminoácidos, vitaminas e minerais essenciais, proteínas facilmente digeríveis de alta qualidade e ácidos gordos (Cropotova *et al.*, 2019a, c; Dogruyol & Mol, 2015; Gonçalves *et al.*, 2015).

Ao contrário do que se preconizava na década de 1970, em que não era recomendado consumir peixe azul a pessoas com colesterol alto ou que pretendessem diminuir o seu peso, devido ao teor de lípidos elevado, vários estudos recentes provaram os vários benefícios dos ácidos gordos polinsaturados (PUFA) ómega-3 de cadeia longa, nomeadamente o ácido docosaheptaenóico (DHA–C22:6) e o ácido eicosapentaenóico (EPA–C20:5), que representam de forma significativa a gordura destes peixes (Cropotova *et al.*, 2019a, c; Maqsood *et al.*, 2014; Vasconcelos, 2022). O consumo frequente pode contribuir para a prevenção da arteriosclerose, hipertensão, diabetes, obesidade e cancro, e também promove o desenvolvimento neural e cerebral (Cropotova *et al.*, 2019c; Sampels, 2015).

Os peixes azuis têm a reputação de apresentar vários benefícios para a saúde humana e a cavala não é exceção, constitui uma fonte de PUFA e de vários outros nutrientes, em particular trifosfato de adenosina (ATP), que se pode transformar enzimaticamente em inosinato, e, por conseguinte, contribui para a produção de glutamato, que é um aminoácido não-essencial, e trata-se do neurotransmissor mais abundante no sistema nervoso central (Meldrum, 2000; Zavadlav *et al.*, 2020).

A dose diária recomendada de EPA e DHA pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos, é de 250 mg, para manter o bom funcionamento cardíaco (Vasconcelos, 2022). Posto isto, sugere-se o consumo mínimo de duas porções de peixe entre 100 e 150 g por semana (Kathuria *et al.*, 2022). Todavia, é fundamental conhecer as propriedades nutricionais das várias espécies que integram o grupo alimentar designado pescado, porquanto existem diferenças nutricionais entre os grandes grupos de organismos aquáticos sujeitos à pesca/aquicultura (Gonçalves *et al.*, 2015; Sampels, 2015).

1.3. Deterioração do pescado

A vida útil limitada do pescado em geral deve-se ao alto teor em vários nutrientes, como proteínas e lípidos, e de humidade, ao tecido conjuntivo fraco e a vulnerabilidade a microrganismos, gerando reações microbiológicas e bioquímicas *post-mortem*. Estes fenómenos provocam alterações sensoriais, nutricionais e microbiológicas, diminuindo consequentemente o tempo de vida útil do pescado (Esteves *et al.*, 2021; Esteves *et al.*, 2016; Olatunde & Benjakul, 2018).

A autólise inicia-se posteriormente à conclusão do *rigor mortis*, sendo um processo de decomposição induzido por enzimas (p. ex. proteases) endógenas, que se libertam do trato digestivo dos espécimes quando a manipulação e o armazenamento são inadequados, criando um ambiente propício para o crescimento bacteriano. Independentemente do armazenamento de refrigeração e até mesmo de congelação, a autólise continua a decorrer embora a uma menor taxa (Olatunde & Benjakul, 2018). A degradação enzimática do ATP e de seus derivados, são as principais alterações autolíticas que ocorrem no início da deterioração do pescado. Daí que as concentrações de ATP e de seus derivados são bons indicadores da frescura de peixe, variando com as diferentes espécies, condições de armazenamento e tipos de músculo. Também a trimetilamina (TMA) e seus compostos de óxido de nitrogénio (como azoto básico volátil total (ABVT)) são usualmente usados como índices de frescura, pela ação das diversas enzimas associadas, associando à formação de odores indesejáveis (Tavares *et al.*, 2021).

O pescado é bastante vulnerável à deterioração microbiana, em virtude da alta atividade de água ($a_w > 0,98$), composição nutricional e do pH neutro (Kathuria *et al.*, 2022). Os microrganismos envolvidos podem ser classificados em três grupos; primeiramente, a carga microbiana inicial do peixe é determinada essencialmente pelo seu habitat, uma vez que é um ambiente rico em microrganismos, nomeadamente bactérias como *Vibrio* spp., *Shewanella* sp.; *Clostridium botulinum* tipo B, E e T não proteolítico, *Aeromonas* spp. e *Plesiomonas shigelloides*; em segundo, os microrganismos presentes no ambiente em geral, por exemplo a *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, proteolítica *Clostridium botulinum* tipo A e B, e *Bacillus* spp.; por último, os microrganismos patogénicos que têm habitat usual nos animais e/ou no ser humano, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella* spp., *Campylobacter jejuni* e entre outros (Zavadlav *et al.*, 2020). A deterioração do pescado geralmente é originada pelo metabolismo e crescimento de microrganismos relacionados com a produção de histamina, álcoois, aminas biogénicas, sulfetos, aldeídos, ácidos orgânicos, cetonas e putrescina (Olatunde & Benjakul, 2018). Em peixes ainda vivos, as concentrações de microrganismos nos tecidos são relativamente baixas para se considerar um risco para a saúde humana, não sendo uma preocupação comum de segurança alimentar (Zavadlav *et al.*, 2020). Por outro lado, na deterioração do peixe em refrigeração, o principal grupo de microrganismos responsáveis são as bactérias psicrófilas (Olatunde & Benjakul, 2018).

A presença de quantidades consideráveis de PUFA nos lípidos dos músculos de peixes gordos/azuis, torna-os fortemente suscetíveis à oxidação lipídica. A qualidade nutricional e sensorial do peixe é prejudicada, adquirindo o desenvolvimento de sabores e odores estranhos, rancidez e a redução de vitaminas lipossolúveis e outros compostos, a não ser que se exerce adequadamente a manipulação e o processamento do produto (Cropotova *et al.*, 2019a; Maqsood *et al.*, 2014; Olatunde & Benjakul, 2018; Zavadlav *et al.*, 2020).

1.4. Conservação e transformação de pescado

A qualidade e segurança dos produtos da pesca provém essencialmente da qualidade da matéria-prima, do seu armazenamento e do seu processamento. Com o propósito de estender as características iniciais do peixe e o tempo de prateleira, e de salvaguardar a sua segurança e o seu transporte, emprega-se comumente o controlo de temperatura. O pescado após a captura deve ser refrigerado para diminuir formas de deterioração, por exemplo, a degradação enzimática, perda de nutrientes e crescimento microbiano. Em caso de um armazenamento mais prolongado, é preferível a realização de um processo de congelação rápido de forma a dificultar a formação de grandes cristais de gelo, preservando a qualidade do peixe, pois estes podem

destruir as membranas celulares, levando a uma textura menos desejada, uma menor capacidade de retenção de água e um maior risco de oxidação lipídica (Cheng *et al.*, 2014; Sampels, 2015). Más-práticas de congelação e baixa qualidade inicial do peixe ou longos períodos de armazenamento, podem resultar na hidrólise enzimática de lípidos e proteínas, desidratação, oxidação e deterioração do pescado (Mendes *et al.*, 2021).

Durante o armazenamento em refrigeração do peixe, são fortemente propensos à deterioração que é provocada por vários processos bioquímicos e microbiológicos, como processos oxidativos em componentes lipídicos e proteicos e atividade enzimática endógena. Estas atividades podem originar a formação de amins voláteis, como TMA, responsáveis pelo odor característico relacionado à sua deterioração (Wells *et al.*, 2019).

Desde a congelação até à descongelação, é imprescindível evitar oscilações de temperatura, de modo a impedir o crescimento de cristais, sendo que quanto maior for a oscilação, maiores vão ser os cristais formados. Caso a oscilação seja demasiado acentuada, ocorre ainda o risco do desenvolvimento de microrganismos. Este fenómeno acontece devido a uma descongelação e recongelação, que normalmente ocorre nas superfícies do produto que sofre as oscilações. Também é aconselhado uma descongelação rápida e homogénea, com a finalidade de obter um produto de boa qualidade (Cheng *et al.*, 2014; Sampels, 2015).

O tratamento térmico de alimentos em geral, e do pescado em particular, conduz a uma maior segurança alimentar e biodisponibilidade de nutrientes e uma melhor apresentação, digestão e qualidade sensorial nos atributos do sabor, textura e aroma. O tratamento térmico mais utilizado é o cozimento, incluindo os métodos de fritura, fervura, torrefação, estufar, assar, cozimento no micro-ondas e ao vapor, entre outros, com o propósito primário de desativação de enzimas intrínsecas e a destruição de agentes patogénicos (Cropotova *et al.*, 2019a, b, c). A aplicação de altas temperaturas é muito utilizada na indústria com o intuito de garantir a segurança dos produtos, mas, por vezes usa-se energia a mais do que o necessário, sucedendo-se a uma maior pegada ecológica e mais gastos financeiros (Hassoun *et al.*, 2020). Além do mais, os produtos de pescado são extremamente sensíveis a tratamentos térmicos, dependendo a qualidade final da temperatura e do tempo de tratamento, em que a oxidação lipídica e a desnaturação de proteínas são as reações físico-químicas mais pronunciadas (Zavadlav *et al.*, 2020).

A presença de oxigénio durante o cozimento, pode originar alterações bioquímicas indesejáveis; alterar a composição de ácidos gordos e diminuir o nível de PUFA; provocar a destruição das membranas celulares; desenvolver sabores indesejáveis e ranço; destruir características sensoriais e nutricionais; gerar alterações estruturais na proteína muscular

(miofibrilares, sarcoplasmáticas e conjuntivas); e, nomeadamente, durante os processos de fritura e grelhados, existir a possibilidade de formação de componentes tóxicos, por exemplo o benzopireno. Nos processos de cozimento com água em altas temperaturas, causam alterações na textura por ação da solubilização do colágeno, e são geralmente perdidos os nutrientes solúveis em água através da evaporação, incluindo vitaminas, algumas proteínas, minerais, compostos bioativos e antioxidantes (Cropotova *et al.*, 2019a, b, c; Kathuria *et al.*, 2022; Zavadlav *et al.*, 2020).

Existem várias formas de preparação de pescado, como aparado, eviscerado, sem pele, descabeçado, cortado, filetado, picado, triturado e moído. Os filetes de peixe são cada vez mais procurados pela indústria de “fast food” e pelos consumidores, dado que é mais fácil manusear em casa. No entanto, os filetes são mais perecíveis que o peixe inteiro, porque antes e durante a filetagem e a manipulação pode ocorrer, por exemplo, o rompimento das vísceras, libertando enzimas autolíticas e criando um ambiente mais propício a crescimento de microrganismos (Qiu & Wu, 2021).

1.5. Cozimento *sous-vide*

A população, em virtude do atual estilo de vida e evolução socioeconómica, especialmente nos países desenvolvidos, por vezes não consome peixe em casa, visto que para além de deixar um odor desagradável também não tem a disponibilidade de tempo para a sua preparação (Bongiorno *et al.*, 2018; Dogruyol & Mol, 2015). Assim, é maior o interesse por refeições de peixe/pescado prontas a consumir (“ready to eat” ou RTE em Inglês), minimamente processadas e submetidas a tratamentos térmicos ligeiros, de modo que apenas seja necessário um aquecimento por um curto espaço de tempo (Dogruyol & Mol, 2015; Sampels, 2015). No entanto, também apresentam cada vez mais uma maior preocupação com a saúde, procurando nutrir-se de forma mais saudável e completa. Assim sendo, o método de cozimento *sous-vide* apresenta-se como uma boa oportunidade para a indústria, pois atende às necessidades dos consumidores em adquirirem alimentos prontos para consumo preservando ainda assim o seu valor nutricional e sensorial em comparação com métodos tradicionais (Ayub & Ahmad, 2019; Cropotova *et al.*, 2019a, c; Espinosa *et al.*, 2015b; Kathuria *et al.*, 2022).

O método *sous-vide* foi concebido em meados da década de 1970, pelo cozinheiro francês George Pralus e significa “sob vácuo”. Utilizado primeiramente na indústria de *catering*, atualmente é utilizado em algumas outras indústrias (em produtos de pescado, carnes e vegetais), e até em casa, principalmente na Europa e Sul da Ásia (Ayub & Ahmad, 2019; Kathuria *et al.*, 2022; Zavadlav *et al.*, 2020). Esta técnica consiste no cozimento uniforme em

banho-maria, em condições de temperatura e tempo controlados, de alimentos dispostos em bolsas de vácuo termoestáveis e hermeticamente fechadas, que são de arrefecidas rapidamente (usualmente submersos em gelo) e armazenados em temperaturas de refrigeração (0-4° C) (Figura 1.2) (Cropotova *et al.*, 2018; Cropotova *et al.*, 2019b, c; Baldwin, 2012; Espinosa *et al.*, 2015b; Qiu & Wu, 2021). A inovação está na utilização de temperaturas mais baixas, inferiores a 100° C, tempos de cozimento mais prolongados, podendo levar até mais de 48 h para alguns alimentos (Alves *et al.*, 2020; Zavadlav *et al.*, 2020). A temperatura utilizada em diferentes alimentos é variável. Por exemplo, são utilizadas temperaturas de cerca de 95 °C para vegetais, 70 °C para produtos cárneos e abaixo de 70 °C para peixes (Kathuria *et al.*, 2022; Sampels, 2015). De forma a ocorrer uma inativação dos microrganismos, deve ser utilizada no mínimo uma temperatura no centro térmico do produto de 54,4 °C por cerca de 6 h (Kathuria *et al.*, 2022). A embalagem de vácuo utilizada para o cozimento *sous-vide* deve ter alta resistência mecânica e baixa permeabilidade aos gases, ser termorresistente e limitar a migração de substâncias da embalagem para o alimento (Sampels, 2015).

Podem ser enumerados vários benefícios deste método, tais como, a preservação da qualidade nutricional e sensorial, proporcionando uma textura macia e succulenta, uma maior retenção de cor e de sabor, e inativação microbiana (Ayub & Ahmad, 2019). O fato de ser cozinhado a vácuo permite ainda reduzir a perda de água, a produção de compostos básicos voláteis (TMA e ABVT) que dão origem a odores e sabores indesejáveis, a oxidação lipídica (evitando o ranço), a degradação proteica e de outros nutrientes, a degradação por microrganismos aeróbicos dos alimentos e proteger contra contaminação com substâncias ou organismos indesejáveis do meio externo. Como já referido anteriormente, o pescado apresenta uma textura muito delicada, sofrendo facilmente alterações nos tecidos sarcoplasmáticos, conjuntivos e miofibrilares com processos térmicos (Alves *et al.*, 2020; Baldwin, 2012; Cropotova *et al.*, 2018; Cropotova *et al.*, 2019b, c; Esteves *et al.*, 2021). Através do método *sous-vide* é possível obter uma textura desejada de alta qualidade, visto que, utilizando temperaturas entre os 40-60 °C as proteínas sarcoplasmáticas vão formar um gel, ativando as protéases e melhorando a macieza (Kathuria *et al.*, 2022). Para a indústria, este método também apresenta a vantagem de prolongar o tempo de vida útil dos alimentos, em comparação a produtos frescos, sem a necessidade de adicionar conservantes, permitindo conceder à população alimentos prontos para consumo, necessitando apenas de um aquecimento rápido por um baixo custo operacional (Kathuria *et al.*, 2022; Sampels, 2015; Zavadlav *et al.*, 2020).

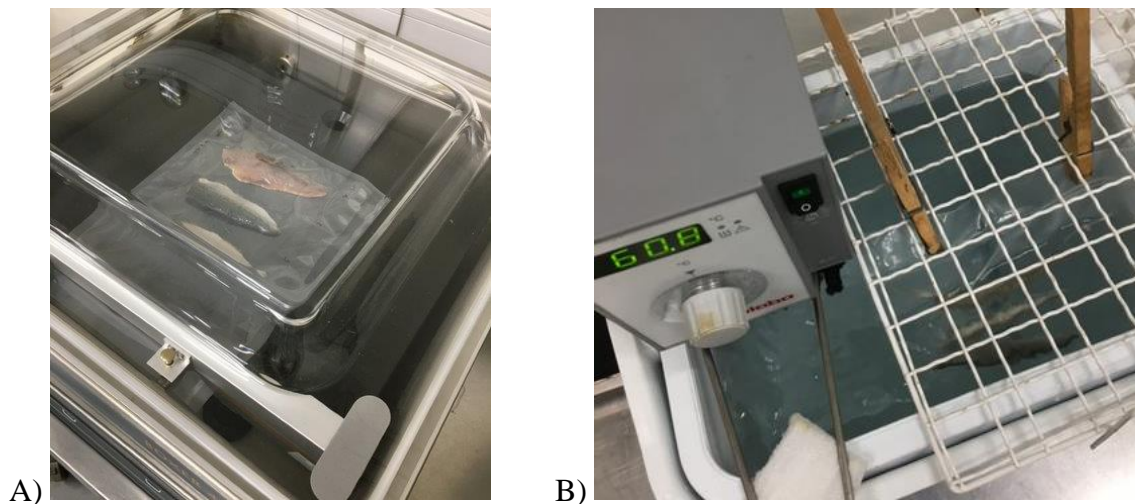


Figura 1.2. Processo de cozimento *sous-vide* em filetes de cavala. A) Embalamento em vácuo. B) Cozimento em banho-maria.

Todavia, a qualidade final do peixe cozido pelo método *sous-vide* depende também de fatores intrínsecos, tais como, textura, cor e composição química, e de fatores extrínsecos como as práticas de manuseamento e condições de processamento e armazenamento (Cropotova *et al.*, 2018).

Uma das maiores preocupações do método *sous-vide*, principalmente no pescado, é a segurança microbiológica. Para além das baixas temperaturas utilizadas de modo a não provocar danos no tecido do peixe, que podem não garantir totalmente a inibição microbiológica, o maior problema consiste nas bactérias patogénicas, nomeadamente *Clostridium botulinum* e *Listeria monocitogenes*, que formam esporos e que são mais resistentes a temperaturas moderadas e capazes de germinar em temperaturas de refrigeração, podendo libertar toxinas (González-Fandos *et al.*, 2005; Kathuria *et al.*, 2022; Zavadlav *et al.*, 2020).

1.6. Adição de ingredientes durante a cozedura

O cozimento *sous-vide* no pescado a baixas temperaturas, pode ser um tratamento térmico insuficiente, por isso é interessante considerar a utilização de diversas técnicas e tecnologias não-térmicas (radiação e ultrassons) dos filetes (Olatunde & Benjakul, 2018). Dessa forma, integrado numa estratégia de criação de obstáculos sucessivos aos perigos potenciais ("hurdle technologies") e melhoria em termos de segurança alimentar e qualidade do produto, o processo de cozimento *sous-vide* pode ser combinado com diferentes processos, como pré-tratamentos e conservantes (Qiu & Wu, 2021; Zavadlav *et al.*, 2020).

Na indústria alimentar é comum utilizar conservantes sintéticos, por exemplo o nitrito de sódio, benzoato de sódio e o dióxido de enxofre, com o objetivo da prolongação da vida útil dos produtos e prevenção da perda sensorial e nutricional, diminuindo as reações químicas, microbiológicas e enzimáticas (Olatunde & Benjakul, 2018). Porém, as acumulações, ainda que moderadas destes compostos sintéticos nos tecidos, podem ser prejudiciais à saúde humana, originando preocupações ao nível da toxicidade alimentar (Salehi *et al.*, 2018). Atualmente existe uma maior consciencialização dos consumidores para a “perigosidade” desses conservantes sintéticos e o “desejo” da sua substituição por “naturais”. Assim, a utilização de conservantes naturais com propriedades antimicrobianas e antioxidantes, é capaz de ser uma boa ferramenta complementar ao cozimento *sous-vide*, visto que melhora a qualidade nutricional e organolética, dado a adição de micronutrientes, e também ajuda a prolongar a vida útil (Alves *et al.*, 2020; Maqsood *et al.*, 2014; Zavadlav *et al.*, 2020). Os antimicrobianos possuem a função de inibir o crescimento bacteriano e de deteriorar microrganismos (Al-Ali *et al.*, 2014; Salehi *et al.*, 2018). Já o uso de antioxidantes, tem como objetivo principal reduzir ou até inibir a oxidação lipídica, dependendo da quantidade utilizada, uma vez que contem na sua estrutura compostos fenólicos, organossulfurados e terpenos (Alves *et al.*, 2020; Rocha *et al.*, 2009).

Uma técnica bastante utilizada no combate à deterioração do pescado usando conservantes “naturais”, é o processo de marinada, que basicamente é um tratamento com soluções que podem incluir especiarias, sumo de limão, sal, entre outros ingredientes (Ozogul & Balikci, 2013). Ingredientes como sal, azeite, alho, ervas aromáticas (e.g. orégãos, hortelã da ribeira), vinagre ou limão têm sido utilizados tradicionalmente nas aplicações do processo de marinagem a produtos alimentares em geral e pescado em particular.

A salmoura é um tipo de tratamento com sal, que consiste em colocar o peixe numa salmoura (solução de água potável com certa quantidade de sal) durante um período de tempo, servindo como um pré-tratamento para outros processos. Tanto a concentração de sal e a duração da salmoura, como a espécie do peixe e as suas características (tamanho, composição, espessura, etc.) vão influenciar a quantidade de sal que vai ser absorvida pelo músculo do peixe (Koral *et al.*, 2013; Olatunde & Benjakul, 2018; Sampels, 2015). A eficácia da salmoura como conservante deve-se ao facto de reduzir a atividade da água do pescado, diminuindo a atividade enzimática e inibindo o crescimento de bactérias e outros organismos potencialmente patogénicos graças à pressão osmótica produzida (Sampels, 2015). No entanto, existem bactérias halotolerantes e halofílicas que se desenvolvem mesmo em pescado conservado em sal, utilizando energia de forma a retirar o sal das suas células (Olatunde & Benjakul, 2018). É

necessário ter em conta a quantidade de sal utilizada pois, podem acarretar perdas proteicas e influenciar a estrutura muscular do peixe. Na medida certa, o sal também pode afetar benéficamente o sabor do pescado visto que, realça o seu sabor (Cheng *et al.*, 2014; Qiu & Wu, 2021; Sampels, 2015). Por outro lado, o sal tem efeitos pró-oxidantes, sendo prevista alguma oxidação lipídica (Sampels, 2015). Apesar da salmoura ser um método de conservação, outros fatores podem influenciar a qualidade e segurança do produto, como a inadequação do manuseio, processamento e armazenamento (Koral *et al.*, 2013).

O azeite representa um dos pontos essenciais da dieta mediterrânica, não só pelo seu aroma, sabor e características nutricionais, como também pelos benefícios que tem demonstrado na prevenção de doenças, como cardiovasculares e neuronais (Berr *et al.*, 2009; Nieto & Lorenzo, 2021). É constituído por cerca de 70 a 80% de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA), maioritariamente o ácido oleico, e 8 a 10% de PUFA, como o ácido linoleico e α -linolénico (Berr *et al.*, 2009). Para além disso, também inclui vários compostos fenólicos em menor quantidade, como ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferol, secoiridóides, liganas, hidroxitirosol e oleuropeína (Cicerale *et al.*, 2012; Franco *et al.*, 2014). Estes compostos apresentam, propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias; e também uma maior estabilidade a processos térmicos em comparação com outros óleos vegetais, conferindo assim uma melhor qualidade ao produto (Baiano *et al.*, 2009; Paiva-Martins *et al.*, 2010; Perestrelo *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2015).

Os azeites podem ser combinados com vegetais, especiarias, ervas aromáticas ou frutas conforme a preferência do consumidor, melhorando características sensoriais, antioxidantes e antimicrobianas, como é o caso do alho e dos orégãos, que proporcionam ao produto uma maior vida útil e estabilidade (Akçar & Gümüşkesen, 2011; Baiano *et al.*, 2009; Perestrelo *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2015). O alho apresenta fenóis, saponinas e compostos organossulfurados, como a alicina, que lhe fornecem propriedades antibacterianas, antifúngicas, antiparasitárias, antivirais, antissépticas e antioxidantes (Valenzuela-Gutierrez *et al.*, 2021). Os orégãos contêm mais de 30 compostos, por exemplo o carvacrol, que lhe fornecem propriedades antimicrobianas e antibacterianas (Guan *et al.*, 2019).

Desde há muitos anos que se utilizam várias das 42 espécies do género *Mentha* como ervas aromáticas, servindo para aromatizar e dar sabor a confeções culinárias e como infusões para *chás de ervas* (Salehi *et al.*, 2018). A hortelã da ribeira, *Mentha cervina* L. da família *Lamiaceae*, é uma hortelã selvagem que cresce maioritariamente nas regiões noroeste da Península Ibérica (Rocha *et al.*, 2009). O nome comum usado em Portugal, “erva peixeira”, deve-se ao fato de antigamente os peixes pescados serem envolvidos nas suas folhas, sendo

depois cozidos a vapor (Stefanaki & Andel, 2021). Infelizmente, esta espécie de hortelã não é comercialmente competitiva. No entanto, devido ao interesse que desperta, tem sido produzida por vários produtores locais (Politi *et al.*, 2008). Na indústria alimentar, a hortelã da ribeira é utilizada, não só pela sua capacidade de transmitir sabor e aroma, como também por ser considerada como conservante natural de alimentos (Rocha *et al.*, 2009). Os principais compostos com interesse presentes na planta são: quatro ácidos fenólicos (ácido cafeico, ácido protocatecuico, ácido clorogénico e p-ácido cumárico) e três flavonoides (orientina, epicatequina e rutina). As suas propriedades antibacterianas estão bem estudadas, fornecendo proteção aos alimentos contra leveduras, bolores e bactérias como *Salmonella* spp., *E. coli*, *S. aureus*, entre outras (Al-Ali *et al.*, 2014; Miguel *et al.*, 2016; Politi *et al.*, 2008; Salehi *et al.*, 2018).

A utilização de vinagre é uma forma de conservar o peixe, pois reduz o seu pH, retardando assim o crescimento microbiano. No entanto, o vinagre possui em média cerca de 6% de ácido acético, fazendo com que não seja totalmente eficaz, pois é necessária uma concentração de 15% de ácido na composição do produto para inibir absolutamente o crescimento de microrganismos. Para além disto, em peixe marinado, o efeito do vinagre é inferior com a retirada e escorrimento do peixe, pois o peixe apenas consegue absorver uma parte da marinada (Sampels, 2015).

O limão, por ser “barato”, natural e seguro, é muito utilizado na culinária tanto pelo seu sabor apreciado para temperar confeções, como pelas suas vantagens a nível nutricional e de segurança alimentar. A nível nutricional, para além de potencializar a absorção de ferro devido à riqueza em vitaminas, principalmente de vitamina C; também retarda a oxidação lipídica e melhora características organolépticas do peixe como, a suculência, maciez, aroma e sabor. A nível de segurança alimentar, o sumo de limão é um método de preservação de pescado pois, em adição aos ácidos orgânicos, contém também monoterpenos e compostos bioativos, como ácido hidrodinâmico, ácido ferrúlico, hisperidina, naringina, cianidina e carotenóide, que lhe proporcionam propriedades antimicrobianas, antibacterianas, anti-inflamatórias, antifúngicas e antioxidantes, prolongando o tempo de vida útil dos alimentos (Abd-El-Malek & El-khateib, 2018; Dosoky & Setzer, 2018; Ndelekwute *et al.*, 2019). A sua alta composição em ácido cítrico (5-6% da composição do limão) e ácido ascórbico provoca a existência de um pH baixo, de 2 a 3, inviabilizando o crescimento de várias bactérias, fungos e de células vegetativas e esporos que vão contribuir para a degradação dos alimentos (Dosoky & Setzer, 2018; Ibrahim *et al.*, 2018; Sampels, 2015).

1.7. Parâmetros de qualidade de produtos de pesca

O pescado é altamente perecível. A deterioração está relacionada com fenómenos de índole química, microbiológica e enzimática, originando perdas de nutrição, características organoléticas desagradáveis e produção de moléculas insalubres. A qualidade e a vida útil do peixe podem ser afetadas positivamente ou negativamente através de fatores intrínsecos e extrínsecos. As alterações derivadas da deterioração, resultantes do processamento e da duração do armazenamento do pescado são, tradicionalmente, avaliadas mediante de análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais (Cheng et al., 2014; Coppes *et al.*, 2002; Hassoun *et al.*, 2020; Olatunde & Benjakul, 2018). Dos pontos de vista tecnológico, de segurança alimentar e de qualidade organolética, descrevem-se nas subsecções seguintes alguns dos parâmetros possíveis de serem avaliados e controlados.

Em média, os peixes poderão perder entre 1 e 5 % de líquido exsudado quando armazenados em refrigeração, devido a reações químicas como a oxidação lipídica, a desnaturação proteica e o crescimento bacteriano, e a reações físicas como a recristalização e mudanças de volume. Por essa razão, quando é necessário um armazenamento por períodos prolongados, é fortemente aconselhável utilizar o processo de congelação (Cao *et al.*, 2016; Duarte, 2017; Santos, 2013). A perda por gotejamento, constitui uma perda económica, quer seja aos vendedores, às empresas industriais ou aos consumidores; também diminui o valor nutritivo do músculo, pois são perdidos alguns constituintes no líquido exsudado, resultando em um produto mais seco e endurecido. No caso de descongelação, é aconselhável um método lento, pois nestas condições a água, através da difusão, pode retomar pouco a pouco à posição original anterior à congelação, enquanto no seu armazenamento, é sugerido o menor tempo possível (Duarte, 2017; Santos, 2013; Traore *et al.*, 2012).

Para efeitos de controlo de qualidade, o teor de perda por gotejamento/exsudação é a percentagem de perda de fluídos fisiológicos durante a descongelação e o armazenamento, sendo interpretado preliminarmente, como consequência de dano celular. A perda por gotejamento/exsudação, também denominado *drip loss* na literatura em inglês, depende de vários fatores como, a espécie animal, as condições e os processos iniciais do pescado antes do congelamento, o método de congelamento, as temperaturas e as suas flutuações ao longo do armazenamento e o procedimento de descongelação (Duarte, 2017; Santos, 2013).

Já no processo de tratamento térmico de peixe, a perda por cozimento e o encolhimento são das alterações mais significativas na perda dos atributos de qualidade, afetando diretamente o peso e tamanho do peixe cozido em comparação ao peixe fresco. O teor de perda por cozimento corresponde à percentagem de perda de líquido do peixe, ou seja, libertação de água

intracelular e extracelular, quando submetido a cozimento, proporcionando alguma perda nutricional, mais propriamente proteínas, lipídios e micronutrientes, solubilizados no líquido perdido. A perda de cozimento depende de fatores internos e externos, como as condições do tratamento térmico, o tempo e temperatura do tratamento e as características fisiológicas, microbiológicas, químicas, físicas e nutricionais do peixe, respetivamente (Blikra *et al.*, 2020; Cao *et al.*, 2016; Duarte, 2017; Mendes *et al.*, 2021; Santos, 2013).

A perda de cozimento e a contração do músculo do peixe é justificada pela orientação da estrutura muscular. Os músculos do peixe são organizados por finas lâminas conectadas desde a pele até ao osso, conhecidas como miótomos, permitindo assim a mobilidade de natação nos peixes. Os miótomos possuem um tecido conjuntivo envolvente e estão empilhados entre si, portanto quando os peixes são cortados em filetes, os miótomos são curvados comparativamente com os eixos de corte, diferenciando de espécie para espécie, como está exemplificado na Figura 1.3 (Blikra *et al.*, 2020).

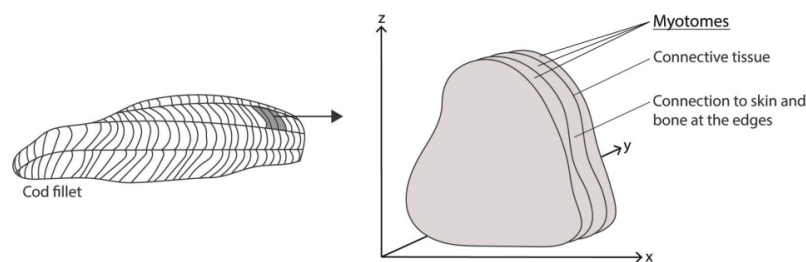


Figura 1.3. Estrutura muscular do bacalhau, enfatizando a interligação dos miótomos (adapt. Blikra *et al.*, 2020).

No caso do pescado, a textura é um parâmetro-chave de qualidade, consistindo em várias propriedades físicas da estrutura do alimento e sendo avaliada através de métodos sensoriais e instrumentais. A textura depende de vários fatores, como químicos, físicos, fisiológicos e bioquímicos (Cheng *et al.*, 2014; Coppes *et al.*, 2002; Cropotova *et al.*, 2018; Hassoun *et al.*, 2020; Espinosa *et al.*, 2015b).

A textura é, no fundo, uma propriedade avaliada sensorialmente, mas também pode ser testada através de equipamentos, que conseguem quantificar algumas propriedades físicas traduzíveis em aspetos sensoriais da textura (Coppes *et al.*, 2002).

Na Tabela 1.1, definem-se alguns parâmetros de textura, descrevendo as propriedades físicas avaliadas instrumentalmente e os atributos organoléticos avaliados do ponto de vista sensorial, respetivamente (Coppes *et al.*, 2002; Szczesniak, 2002).

Tabela 1.1. Definições de parâmetros mecânicos de textura (Szczesniak, 2002).

Atributos	Física	Sensorial
Dureza	Força necessária para atingir uma dada deformação	Força necessária para comprimir uma substância entre os dentes molares (no caso de sólidos) ou entre a língua e o palato (no caso de semissólidos).
Coesividade	Extensão em que um material pode ser deformado antes de se romper.	Grau em que uma substância é comprimida entre os dentes antes de quebrar.
Elasticidade	Taxa na qual um material deformado volta à sua condição não deformada depois que é removida a força de deformação	Grau em que um produto retorna à sua forma original após ter sido pressionado entre os dentes
Adesividade	Trabalho necessário para vencer as forças atrativas entre a superfície do alimento e a superfície dos outros materiais com os quais o alimento entra em contato.	Força necessária para remover o material que adere à boca (geralmente o palato) durante o processo normal de alimentação.
Mastigabilidade	Energia necessária para mastigar um alimento sólido até um estado pronto para engolir: um produto de dureza, coesão e elasticidade	Período (em segundos) necessário para mastigar a amostra, a uma taxa constante de aplicação de força, para reduzi-la a uma consistência adequada para deglutição
Gomosidade	Energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até um estado pronto para deglutição: um produto de baixo grau de dureza e alto grau de coesão.	Densidade que persiste durante toda a mastigação; energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até um estado pronto para ser engolido.

A textura está fortemente associada à estrutura e organização dos miótomos e ao tecido conjuntivo. O miótomo é constituído por numerosas fibras musculares. No tecido conjuntivo, o principal constituinte é o colágeno, apresentando 3 a 10 % da proteína e é dos elementos com maior influência na textura no tratamento térmico, devido à sua desnaturação e gelificação (Cropotova *et al.*, 2018; Cheng *et al.*, 2014; Kathuria *et al.*, 2022).

A avaliação quantitativa da textura é uma tarefa desafiadora. Não existe um método ou valores universalmente aceites e aplicáveis, dificultando a sua análise (Cropotova *et al.*, 2018). Por outro lado, e considerando os fatores mencionados acima, é difícil o mapeamento de análises. Por último, para além destas dificuldades, a grande maioria dos métodos de avaliação da textura, principalmente os instrumentais, são destrutivos; por esse motivo, se porventura durante o procedimento da medição da textura não corre como o previsto, é muito provável que não se consiga repetir o teste com a mesma amostra (Coppes *et al.*, 2002; Hassoun *et al.*, 2020).

A cor, enquanto faceta do aspeto/aparência, representa um parâmetro de qualidade bastante importante pois tem um impacto significativo na escolha e decisão de compra do produto pelos consumidores. As alterações de cor do pescado normalmente significam

alterações químicas, bioquímicas e/ou microbiológicas, por exemplo, alterações no pH do músculo, oxidação lipídica, potencial redox e crescimento microbiano, que ocorrem durante o processamento e armazenamento devido à degradação do produto (Dowlati *et al.*, 2013; Santos, 2013; Liao *et al.*, 2021). A exposição do pescado à luz e a temperaturas indesejáveis desde que foi capturado até que ser consumido, podem favorecer estas alterações fazendo com que ocorram aceleradamente (Duarte, 2017).

Dada a importância de analisar as alterações de cor, foram criados vários sistemas de cor, como o RGB, o HSV e o L*a*b*, que permitem uma caracterização e “quantificação instrumental” das alterações da cor utilizando equipamentos de laboratório, designadamente colorímetros (Liao *et al.*, 2021; Okanda *et al.*, 2007). A Commission Internationale de l’Eclairage (CIE), adaptou o método L*a*b*, em que o valor L* avalia a luminosidade e os eixos a* e b* representam variações do verde (-) ao vermelho (+) e do azul (-) ao amarelo (+) respetivamente. Existem outros parâmetros que se podem obter destes para melhor avaliar as alterações de cor, e.g. saturação das cores e ao ângulo de tonalidade (Duarte, 2017; Liao *et al.*, 2021; Okanda *et al.*, 2007; Santos, 2013; Xi *et al.*, 2021).

Os tecidos musculares dos peixes apresentam um valor de pH próximo da neutralidade, e raramente abaixo de seis. Devido às alterações químicas e microbiológicas verifica-se uma acumulação de compostos básicos, como amónia e trimetilamina, que podem provocar aumentos de um a quatro unidades de pH, principalmente durante o armazenamento (Abbas *et al.*, 2008; Duarte, 2017; Mendes *et al.*, 2021; Santos, 2013). Consequentemente, o pH pode ser utilizado como indicador da qualidade do pescado (Abbas *et al.*, 2008; Maqsood *et al.*, 2014; Mendes *et al.*, 2021).

O teor de água no pescado ronda os 85%. Os métodos de secagem, como a secagem em estufa e a dissecação por transferência de água, são utilizados para determinar o teor de humidade. A determinação é subentendida pela perda de massa da amostra após o processo de secagem, ou seja, é calculada a massa de água através da subtração da massa seca à massa inicial da amostra (Silva *et al.*, 2008).

Para verificar a qualidade do peixe é extremamente importante determinar a atividade da água (a_w), visto que, a mobilidade da água apresenta uma forte influência na sua estabilidade química, bioquímica e microbiológica, nas suas propriedades físicas e processos tecnológicos. A a_w consiste apenas na água livre, e não na quantidade total de água presente no alimento pois, é esta água livre que se encontra disponível para participar em reações químicas e facilitar o crescimento de microrganismos (Pitombo & Lima, 2003; Silva *et al.*, 2008).

De forma a garantir uma melhor qualidade ao produto, é importante garantir uma redução da a_w . Reduções para valores abaixo de 0,9 inibem o crescimento microbiano uma vez que, a maioria das bactérias se desenvolve com a_w superiores a 0,9. Uma das formas de reduzir a a_w é através da desidratação osmótica, onde o produto é submerso numa solução salina e a pressão osmótica ocorrente provoca a remoção de água do produto. Quanto menor for a a_w , mais o tratamento osmótico vai proporcionar uma boa conservação. É importante referir que o teor de humidade está relacionado com a a_w , podendo levar a alterações no seu teor (Koral *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2008; Tsironi & Taoukis, 2014).

A determinação da a_w pode ser realizada através de vários métodos fundamentados nos princípios da psicometria, higrometria de ponto de orvalho, crioscopia, e equilíbrio isopiéstico. Estes métodos são classificados em diretos, que consistem na separação física da água como é o caso da secagem em estufa, destilação e dessecação por transferência de água e em métodos indiretos assentes na verificação de propriedades físicas que se alteram consoante o teor de água da amostra e em propriedades espectroscópicas (Pitombo & Lima, 2003; Silva *et al.*, 2008).

Na indústria alimentar, um parâmetro importante de qualidade durante o armazenamento e o tratamento térmico é a capacidade de retenção de água (CRA), definida como a capacidade de o músculo reter água inerente. A CRA está diretamente relacionada com a textura, perda de gotejamento, perda de cozimento, teor de humidade e a atividade da água, devido às perdas de água anteriormente referido. Os elementos principais que influenciam a CRA são a pressão e o calor, por isso durante o processamento térmico industrial é de extrema importância a existência de controlo. A CRA é utilizada tanto no músculo fresco na verificação da água retida, como no músculo cozido na determinação do efeito da desnaturação da proteína. Na generalidade, a CRA não é um parâmetro objetivo, mas sim uma tendência, pois não existe um valor aceite pela comunidade, o que dificulta a sua avaliação (Duarte, 2017; Mendes *et al.*, 2021; Santos, 2013; Traore *et al.*, 2012).

Embora a frescura seja o principal contribuinte para descrever a qualidade dos produtos da pesca, nenhum método é suficientemente fiável *per se* para a avaliação da sua frescura e qualidade. A avaliação sensorial continua a ser um método importante para a avaliação da frescura e qualidade no setor do pescado. De acordo com a ISO 5492 (ISO, 2008), entende-se por análise sensorial, a "ciência envolvida na avaliação das características organolépticas de um produto pelos sentidos". Segundo o Institute of Food Technologists (IFT) a análise sensorial é usada para "provocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos e materiais, como elas são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição" (IFT, 1981; ISO, 2008). Na prática, envolve um conjunto de pessoas que compõem

um painel de provadores e que podem ser treinadas ou não-treinadas (consumidores) para realizarem provas sensoriais apropriadas ao à questão e objetivos do trabalho, garantindo dados válidos e confiáveis, assegurando uma análise sensorial bem-sucedida (Esteves, 2021; Rafael, 2017; Santos, 2013).

A análise sensorial é bastante útil tanto no desenvolvimento de novos produtos, pois fornece informações úteis sobre as necessidades, as preferências e as expectativas dos consumidores (Abbas et al., 2008; Rafael, 2017; Santos, 2013). Por outro lado, apesar da evolução tecnológica (e.g. narizes e línguas eletrônicas) (Alasalvar et al., 2011), alguns estímulos apenas são percebidos pelos sentidos enquanto outros são demasiado complexos para os instrumentos de análise! Em algumas situações, e.g. avaliação da frescura do pescado, as metodologias/determinações (instrumentais) físico-químicas e microbiológicas não produzem resultados utilizáveis em “tempo útil”.

1.8. Objetivos

Com o intuito de obter um produto minimamente processado que preserve o seu valor nutricional e sensorial, e em alternativa aos processos de transformação mais comuns, este trabalho teve como objetivo principal aplicar o processo de cozimento *sous-vide* a filetes de cavala. Especificamente, pretendeu-se:

- Estudar e estabelecer as condições de processamento, i.e. de temperatura e tempo de cozimento *sous-vide* a utilizar, avaliando um conjunto de parâmetros físico-químicos de qualidade, como o teor de perda por gotejamento, teor de perda de cozimento, textura, cor, pH, atividade da água, teor de humidade, capacidade de retenção de água, perda de água e perda de gordura;

- Avaliar os efeitos de diferentes preparações alternativas do produto que incluíam ingredientes naturais com reconhecidas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, utilizando os mesmos parâmetros físico-químicos;

- Avaliar um conjunto de atributos sensoriais relevantes, por exemplo a aparência, cor, textura, sabor e sabor residual, assim como a intenção de compra das várias preparações.

2. Materiais e Métodos

2.1. Planeamento experimental

A Figura 2.1 ilustra de forma resumida o plano experimental realizado neste trabalho, desde a preparação dos filetes, passando pelo estudo do binómio temperatura-tempo a utilizar para o cozimento *sous-vide*, até à preparação das receitas marinadas com ingredientes naturais e sua avaliação de parâmetros de qualidade (por exemplo, a_w ; textura; CRA, PA e PG; e teor de humidade) e do ponto de vista sensorial.



Figura 2.1. Plano experimental.

2.2. Preparação de amostras

Os espécimes frescos de cavala (*Scomber colias*), fornecidas pela empresa RF & RM Octopus, em fevereiro de 2022, foram usadas como matéria-prima no estudo, sendo transportadas em caixas de esferovite com gelo em 30 minutos para o laboratório da Universidade do Algarve. No Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Engenharia Alimentar do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, Campus da Penha, foram eviscerados e filetados manualmente em condições higiénicas. De seguida, os filetes foram submetidos a uma congelação de ar forçado e armazenados em câmara de congelação (-18 ± 3 °C) até ao início dos ensaios.

2.2.1. Rendimento da filetagem

O rendimento da filetagem foi determinado da seguinte forma: pesaram-se 12 cavalas inteiras (C). Após o processo de filetagem, registou-se o peso dos respetivos filetes (F_1 e F_2) e calculou-se o rendimento de filetagem R (em %) (Eq. 1). Os espécimes de cavala (inteiros) apresentaram um peso médio de $86,9 \pm 8,0$ g e o peso médio dos dois filetes retirados de cada cavala foi de $35,0 \pm 3,5$ g. O rendimento médio de filetagem foi de $40,2 \pm 1,5\%$ (Apêndice B).

$$R = \left(\frac{F_1 + F_2}{C} \right) \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

2.2.2. Congelação de filetes

Os filetes foram congelados num congelador de ar forçado FT36 (Armfield, Inglaterra), com uma temperatura aproximadamente de -24 °C e velocidade do fluxo de ar de $2,27$ m/s. O perfil de temperatura do processo foi registado com o auxílio do registador de dados de temperatura DL2 e Data Logger (Delta-T Devices, Inglaterra) com três sondas termopares incorporadas; inseriram-se, duas das sondas nos centros térmico de dois filetes, de forma longitudinal e diagonal, e outra sonda mediou temperatura do ar no congelador. Registaram-se as temperaturas a cada 2 minutos até que ambos os filetes atingirem uma temperatura de -21 ± 1 °C e obteve-se a curva de congelação dos filetes (Figura 2.2). Verificou-se que o centro térmico dos filetes de cavala atingiu a temperatura de -20 ± 1 °C, entre 12,5 e 15 minutos após a colocação no congelador. Os filetes foram dispostos nas placas do congelador de ar forçado conforme está exemplificado na Figura 2.3, para que a congelação ocorresse o mais rápido possível.

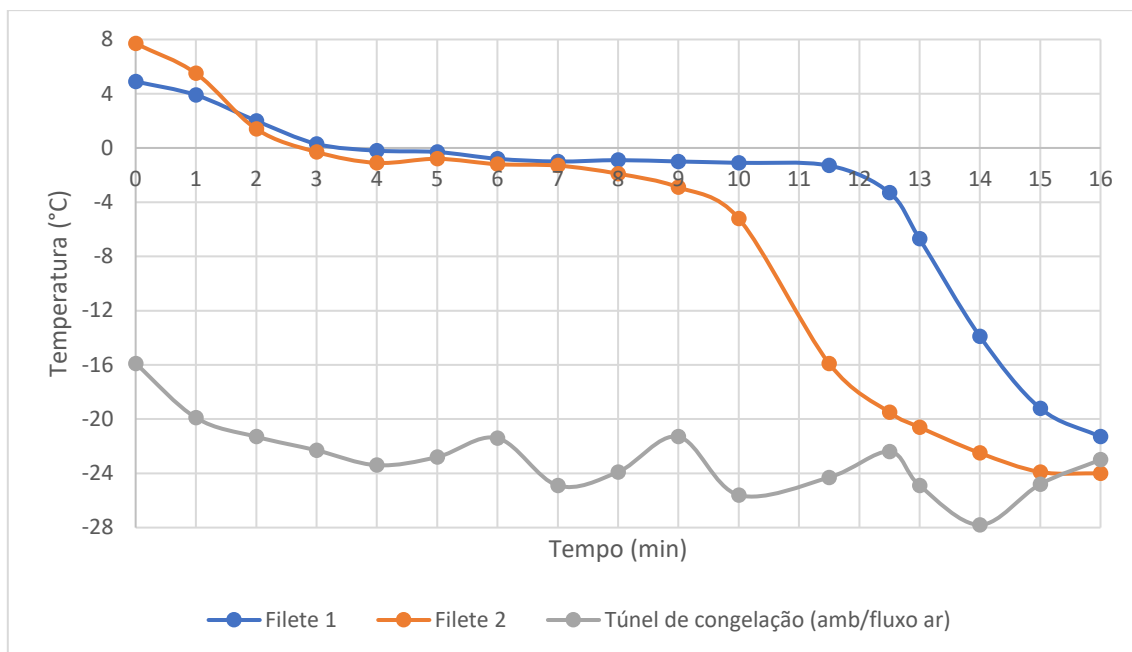


Figura 2.2. Curva de congelação do centro térmico dos filetes de cavala.



Figura 2.3. Exposição dos filetes nas placas do túnel de congelação.

2.3. Ensaios para seleção dos binómios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*

Num primeiro conjunto de ensaios, os filetes foram descongelados a 4 ± 1 °C durante a noite (ca. 8-10 h) antes dos ensaios. Os filetes descongelados foram identificados e registaram-se os respetivos pesos. Dois filetes foram colocados em sacos Combitherm® XX (Wolff Walsrode AG, Alemanha), com 0,115 mm de espessura e cuja taxa de transmissão de oxigénio é de $0,5 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}$ a 23 °C e 85% de humidade relativa, e seguidamente selados termicamente a vácuo (ca. 380 mm Hg), utilizando a máquina de selagem a vácuo Boxer 42

(Henkelman BV, Holanda), nas seguintes condições: extensão de vácuo de 99%, tempo de vácuo 15 s, tempo de selagem de 2,5 s. O registor de dados de temperatura DL2 e Data Logger (Delta-T Devices, Inglaterra) com uma sonda termopar incorporada foi inserido nos sacos a vácuo com os filetes de peixe para monitorizar as temperaturas do centro térmico dos filetes durante os ensaios de cozedura *sous-vide* e o arrefecimento.

Os filetes foram submetidos a diferentes temperaturas de cozimento *sous-vide* em banho termoestizado de 12 litros com o auxílio da resistência EC (Julabo LABORTECHNIK GMBH, Alemanha). Logo após cozimento *sous-vide*, fez-se o arrefecimento, através de um recipiente com gelo e água (a temperatura de 2 ± 1 °C), e registou-se o tempo que demoraram a atingir a temperatura esperada no centro térmico (3 ± 1 °C) (Tabela 2.1). De seguida, os filetes foram analisados em termos do aspeto e do aroma conforme classificação na Tabela 2.2. Com base nos tempos registados e na análise dos filetes, selecionaram-se quais as temperaturas e tempos de cozimento *sous-vide* e de arrefecimento a ensaiar.

Tabela 2.1. As temperaturas dos banhos-maria (Cozedura e Arrefecimento) as temperaturas dos centros térmicos dos filetes (Cozedura e Arrefecimento).

Temperatura dos banhos-maria		Temperatura dos centros térmicos dos filetes	
Cozedura	Arrefecimento	Cozedura	Arrefecimento
55 ± 1 °C	2 ± 1 °C	50 ± 1 °C	3 ± 1 °C
65 ± 1 °C	2 ± 1 °C	60 ± 1 °C	3 ± 1 °C
80 ± 1 °C	2 ± 1 °C	75 ± 1 °C	3 ± 1 °C
95 ± 1 °C	2 ± 1 °C	90 ± 1 °C	3 ± 1 °C

Tabela 2.2. Classificação do aroma "peixe cozido" e características visuais "cozidas".

Intensidade do aroma "Cozido"				
1. Quase nula	2. Pouca	3. Alguma	4. Bastante	5. Muita
Características visuais de "Cozido"				
1. Não cozido		2. Cozido com brilho		3. Cozido, mas baço

No seguimento destes ensaios (preliminares) referidos acima, e após eleger três temperaturas e três tempos diferentes de cozimento e o tempo de arrefecimento para cada temperatura de cozimento, iniciou-se a segunda fase dos ensaios. Similarmente, os filetes de cavala foram descongelados a 4 ± 1 °C durante a noite (ca. 8-10 h) antes dos ensaios. No início dos ensaios, identificaram-se os filetes e registaram-se os respetivos pesos. Em cada saco colocaram-se três filetes, como se ilustra na Figura 2.4. Procedeu-se ao cozimento *sous-vide* de cada saco, individualmente, para cada temperatura e tempo de cozedura e arrefecimento (Tabela

2.3) definidos anteriormente. Posteriormente, os sacos com os filetes cozidos em *sous-vide*, foram armazenados em refrigeração, 4 ± 1 °C. No dia seguinte, determinaram-se os seguintes parâmetros de qualidade em cada filete: teor de gotejamento/exsudação, teor de perda de cozimento, textura, cor, pH, atividade da água, teor de humidade, capacidade de retenção de água, perda de água e perda de gordura, respetivamente. Os resultados obtidos nos parâmetros de qualidade referidos permitiram seleccionar a temperatura e o tempo de cozimento *sous-vide* a utilizar na próxima fase do trabalho (Subsecção 2.5.).



Figura 2.4. Exemplo de colocação dos filetes nos sacos.

Tabela 2.3. Tempos e temperaturas dos filetes para a cozedura e arrefecimento.

Cozedura		Arrefecimento	
Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo
50 ± 1 °C	1 min.	3 ± 1 °C	3 min. e 30 s
50 ± 1 °C	3 min.	3 ± 1 °C	3 min. e 30 s
50 ± 1 °C	6 min.	3 ± 1 °C	3 min. e 30 s
60 ± 1 °C	1 min.	3 ± 1 °C	6 min.
60 ± 1 °C	3 min.	3 ± 1 °C	6 min.
60 ± 1 °C	6 min.	3 ± 1 °C	6 min.
70 ± 1 °C	1 min.	3 ± 1 °C	6 min. e 30 s
70 ± 1 °C	3 min.	3 ± 1 °C	6 min. e 30 s
70 ± 1 °C	6 min.	3 ± 1 °C	6 min. e 30 s

2.4. Preparações de filetes de cavala com aplicação do cozimento *sous-vide*

Realizou-se o cozimento *sous-vide* dos filetes segundo o binómio temperatura-tempo seleccionado e com a utilização de vários ingredientes que, reconhecidamente (cf. subsecção

1.6.), possuem potencial para estender o tempo de conservação útil e/ou garantir a segurança alimentar do produto: salmoura; azeite, alho e orégãos; infusão de hortelã da ribeira; vinagre de gengibre; vinagre de framboesa e sumo de limão.

Em termos operacionais, após descongelação a 4 ± 1 °C durante a noite (ca. 8-10 h), foram preparadas embalagens com n=3 filetes previamente preparados conforme se descreve nas subsecções seguintes. Um conjunto de filetes foi cozido em *sous-vide* sem adição de quaisquer ingredientes, servindo como amostra-padrão. Após o cozimento *sous-vide* dos filetes, foram armazenados em refrigeração, realizando-se no dia seguinte (<24 h) a determinação dos parâmetros de qualidade posteriormente referidos, exceto os teores de perda de gotejamento/exsudação e de perda de cozimento (cf. subsecção 2.5.).

2.4.1. Preparação de filetes com infusão de hortelã da ribeira

Para preparar a infusão de hortelã da ribeira, *M. cervina*, começou-se por aquecer 0,5 L de água até à ebulição (100 ± 1 °C). Adicionaram-se, imediatamente, 2 g de hortelã da ribeira, que se retiraram ao fim de 30 s e deixou-se arrefecer a infusão até ca. 30 ± 1 °C (Miguel *et al.*, 2016). Depois, colocaram-se os filetes na infusão durante 5 min, posto o que foram retirados e deixaram-se repousar durante 1 min, de forma a retirar o excesso de infusão. Embalaram-se os filetes preparados com a infusão de hortelã da ribeira em saco para vácuo para, em seguida, realizar o cozimento *sous-vide*.

2.4.2. Preparação de filetes com azeite, alho e orégãos

Para esta preparação (receita), os filetes foram marinados numa mistura de azeite (razão de 1:4 em termos de azeite:filete), alho (10% do peso do azeite) e orégãos (ca. 1 g). Os filetes permaneceram durante 10 min na marinada (aos 5 min os filetes foram voltados). Depois de repousarem durante 1 min, colocaram-se os filetes preparados com azeite, alho e orégãos em saco para vácuo para, em seguida, realizar o cozimento *sous-vide*.

2.4.3. Preparação de filetes em salmoura

Nesta preparação, utilizou-se uma salmoura a 5% (razão de 4-1 em termos de salmoura:filete). Os filetes foram sujeitos à salmoura durante 30 min (com agitação cuidadosa a cada 5 min). Após repousarem durante 1 min colocaram-se os filetes preparados em salmoura em saco para vácuo para, em seguida, realizar o cozimento *sous-vide*.

2.4.4. Preparação de filetes com sumo de limão

Na preparação desta receita, os filetes foram marinados no sumo de limão (razão de 1:2 em termos de massa de sumo de limão:filete), durante 5 min (voltados após 2,5 min). Depois de repousarem durante 1 min, colocaram-se os filetes preparados com o sumo de limão em sacos para vácuo para, em seguida, realizar o cozimento *sous-vide*.

2.4.5. Preparação de filetes com vinagre de gengibre

Para esta preparação (receita), os filetes foram marinados em vinagre de gengibre, obtido através do método clássico de Orleans, numa razão de 1:2 em termos de massa de vinagre:filete, durante 5 min (voltados após 2,5 min). Após repousarem durante 1 min, colocaram-se os filetes preparados com o vinagre em sacos para vácuo para, em seguida, realizar o cozimento *sous-vide*.

2.4.6. Preparação de filetes com vinagre de framboesa

O vinagre de framboesa foi preparado pelo método clássico de Orleans, onde foram colocados os filetes de cavala numa proporção de 1:2 em termos de massa de vinagre:filete. Os filetes estiveram dispostos no vinagre durante 5 min, sendo voltados após 2,5 min. De seguida repousaram durante 1 min, e foram colocados em sacos, sendo posteriormente cozidos através do método *sous-vide*.

2.5. Parâmetros de qualidade

2.5.1. Teor de perda por gotejamento/exsudação

O teor de perda por gotejamento/exsudação (comumente designado “drip-loss” na literatura em inglês; (DL, em %) foi determinado, através da pesagem dos filetes antes (W_1) e após a descongelação (W_2), observando a (Eq. 2).

$$DL = \left(\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right) \times 100\% \quad (\text{Eq. 2})$$

2.5.2. Teor de Perda por Cozimento

Para obter a perda por cozimento (CL, em %), as amostras foram pesadas antes do cozimento (W_3) e após o cozimento e armazenamento sob refrigeração (3 °C) durante um dia (W_4), conforme a (Eq. 3). Na pesagem após a cozedura, os filetes foram removidos dos sacos a vácuo e o excesso de exsudado removido com o auxílio de um lenço de papel (Blikra *et al.*, 2020).

$$CL = \left(\frac{W_3 - W_4}{W_3} \right) \times 100\% \quad (\text{Eq. 3})$$

2.5.3. Textura

No que concerne a textura, utilizou-se um texturómetro LFRA Texture Analyzer (Brookfield Engineering Labs Inc., USA) equipado com uma célula de carga de 1,5 kg de acordo com o método descrito por Hultmann e Rustad (2002) para realizar um teste de perfil de textura (*Texture Profile Analysis* em inglês, TPA). A amostra foi comprimida duas vezes em sequência por uma sonda de extremidade esférica de 12,7 mm de diâmetro a uma velocidade constante de 2 mm/s até atingir 50% da altura do filete, para se obterem os parâmetros: dureza, coesão/coesivisidade, gomosidade, mastigabilidade, adesividade e elasticidade. O tempo de espera entre as compressões foi de 5 s. A força de resistência foi registada g.f, mas transformada em Newton (N). Realizou-se apenas uma medição na parte dorsal interna em cada filete e registou-se o valor obtido (Cropotova *et al.*, 2019b; Cropotova *et al.*, 2019c).

2.5.4. Cor

O parâmetro de cor das amostras de filetes foi medido instrumentalmente utilizando o medidor de cor (model PCE-CSM 10, PCE, USA). Primeiramente, antes de iniciar a medição, o equipamento foi calibrado com os padrões preto e branco de referência. As medições realizaram-se em locais pré-selecionados na superfície interna na parte dorsal em cada filete a temperaturas ambiente. Utilizou-se o método $L^*a^*b^*$, de acordo com a Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Os dados recolhidos, foram registados em coordenadas de “ L^* ” (claridade, ou seja, preto = 0 e branco = 100), “ a^* ” (vermelho > 0 e verde < 0), “ b^* ” (amarelo > 0 e azul < 0), “ C^* ” (croma – saturação das cores) e “ $^{\circ}h$ ” (ângulo de tonalidade), sendo estes dois últimos calculados automaticamente pelo equipamento de medidor de cor, ou também podem ser calculados através das Eq. 4 e 5, respetivamente. Os parâmetros de cor foram medidos três vezes em cada filete e calculou-se a média das medições (Cropotova *et al.*, 2019a, b; Dowlati *et al.*, 2013; Duarte, 2017; Liao *et al.*, 2021; Okanda *et al.*, 2007; Santos, 2013; Xi *et al.*, 2021).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$^{\circ}h = \arctan(b^*/a^*) \quad (\text{Eq. 5})$$

2.5.5. pH

O pH foi analisado através do medidor de pH (model GLP 21, Crison, Spain) com sonda de penetração para semissólidos, devidamente calibrado com duas soluções tampão padrão (pH 4 e pH 7), e procedeu-se segundo as instruções deste. Os filetes foram medidos a uma temperatura ambiente, inserindo a sonda diretamente no músculo na parte dorsal ao longo do filete e realizou-se as medições em triplicado em cada filete e obteve-se a respetiva média (Cropotova *et al.*, 2019b).

2.5.6. Teor de humidade e atividade da água

O parâmetro de teor de humidade (H, em %) foi obtido após secagem dos filetes a 105 °C por >24 h em estufa (Cropotova *et al.*, 2019b). Para calcular o teor de humidade, utilizou-se a massa inicial (W_i) e massa final (W_f) (cf. Eq. 6).

$$H = \left(\frac{W_i - W_f}{W_i} \right) \times 100\% \quad (\text{Eq. 6})$$

A atividade da água corresponde à razão entre a pressão parcial da água em uma mistura (p) e a pressão parcial da água pura (p^*) (Eq. 7):

$$a_w = \frac{p}{p^*} \quad (\text{Eq. 7})$$

Para a determinação da atividade da água (a_w), utilizou-se um medidor de a_w Hygrolab (Rotronic Instruments, UK). Utilizaram-se aproximadamente 2 g de músculo, cortado em pequenos pedaços, de cada filete. Seguidamente foram colocados o mais uniforme possível em caixas porta-amostras, de forma a preencher o seu fundo, sendo as leituras realizadas seguindo as instruções do aparelho. Os valores de a_w encontram-se no intervalo de 0 a 1 (ou 0 a 100%).

2.5.7. Capacidade de retenção de água, perda de água e perda de gordura

A capacidade de retenção da água, foi determinada, inicialmente, através da pesagem de 2,0 g de cada filete (S) e do papel de filtro (V). A amostra e o papel foram colocados em tubos de centrífuga com tampa antecipadamente tarados, e realizou-se a centrifugação (4000 x g a 5 °C durante 10 minutos). Pesou-se novamente a amostra (S_1) e o papel de filtro (V_1). Após secagem do papel de filtro até peso constante em estufa a 50 °C, pesou-se o papel de filtro (V_2). A análise de CRA é medida através de métodos com utilização de força mecânica, como a absorção, centrifugação e pressão em papel filtro, na tentativa de forçar a extração de água intra e extracelular, permitindo também calcular a sua perda de água (PA) e perda de gordura (PG)

(Duarte, 2017; Santos, 2013). Calculou-se a capacidade de retenção de água (CRA, em %) através da Eq. 8, e as perdas de água (PA, em %) e de gordura (PG, em %), usando as Eq. 9 e 10, respetivamente.

$$CRA = 100\% - \left(\frac{S-S_1}{S}\right) \cdot 100\% \quad (\text{Eq. 8})$$

$$PA = 100\% \times \left(\frac{V_1-V_2}{S}\right) \quad (\text{Eq. 9})$$

$$PG = 100\% \times \left(\frac{V_2-V}{S}\right) \quad (\text{Eq. 10})$$

2.6. Avaliação sensorial das preparações de filetes de cavala cozidos em *sous-vide*

As preparações descritas na secção anterior (exceto a receita com vinagre de framboesa), nomeadamente os filetes com azeite, alho e orégãos, infusão de hortelã da ribeira, vinagre de gengibre, sumo de limão, salmoura e sem temperos (amostra-padrão), foram objeto de análise sensorial por um painel de provadores não-treinados/consumidores (n=31). Os provadores foram, principalmente, cooptados de entre estudantes, funcionários e docentes do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve (ISE UAlg) e a sessão de provas realizou-se no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Produtos e Análise Sensorial do Departamento de Engenharia Alimentar (DEA) do ISE UAlg. O Laboratório cumpre as condições definidas nacional e internacionalmente para um laboratório de análise sensorial (IPQ, 2007).

Cada provador recebeu amostras das preparações (Figura 2.5) ordenadas aleatoriamente e codificadas. Solicitou-se a avaliação dos parâmetros aparência, cor, textura, odor, sabor, sabor residual e apreciação geral (Apêndice A) usando uma escala hedónica de 6 níveis, 1-"Muito desagradável" a 6-"Muito agradável" adaptada de Meilgaard et al. (2016).



Figura 2.5. Exemplo de tabuleiro com as amostras codificadas conforme as preparações/receitas (salmoura 5%; azeite, alho e orégãos; infusão de hortelã da ribeira; vinagre de gengibre; sumo de limão; e controlo), para as provas de análise sensorial fornecidas aos inquiridos.

2.7. Análise estatística

Os dados são apresentados sob a forma de média \pm desvio-padrão. Para análise comparativa dos dados recorreu-se à análise de variância (ANOVA) a 1 fator ou a 2 fatores. Os métodos estatísticos referidos foram realizados através do uso das funções e funcionalidades do Excel, designadamente a ferramenta Análise de Dados, ou usando o SPSS (v. 28, IBM Inc.). No caso de resultados significativos na ANOVA, utilizou-se o teste HSD de Tukey para as comparações múltiplas *post-hoc*. O nível de significância foi estabelecido em 5% (Esteves, 2011).

3. Resultados e Discussão

3.1. Ensaio para seleção dos binómios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*

Nos ensaios realizados preliminarmente (Tabela 3.1), os filetes demoraram entre 105 s (1 min e 35 s) (cozedura com banho-maria a 55 °C) e 190 s (3 min e 10 s) (cozedura com banho-maria a 80 °C) a atingir uma temperatura próxima da temperatura-alvo no respetivo centro térmico. De facto, a temperatura no centro térmico ficou ca. 5 °C abaixo da temperatura da água do banho para tempos de cozimento *sous-vide* razoáveis/pre tendidos de ca. 180 s (3 min) para garantir “melhores” atributos de aspeto e aroma. À vista disso, decidiu-se utilizar uma temperatura de banho-maria um pouco mais elevada relativamente à temperatura pretendida no centro térmico do produto esperado.

Na fase de arrefecimento, a temperatura dos filetes diminuiu para 4 °C entre 260 s (4 min e 20 s) (após cozedura com banho-maria a 55 °C) e 445 s (7 min e 25 s) (após cozedura com banho-maria a 80 °C) (Tabela 3.1). No estudo de Mol *et al.* (2011) registaram o tempo de arrefecimento dos filetes da espécie *Merlangius merlangus* para o processo de cozimento *sous-vide*, em 3,5 min e 4 min para a redução de 70 °C para 12 °C e para 4 °C, respetivamente. Verifica-se que, neste caso, os filetes demoraram um pouco mais do tempo referido, todavia são espécies bastante diferentes em termos morfológicos.

Os filetes processados com banho-maria a 55 °C apresentaram-se pouco cozidos (classificação de 1); quando cozidos em *sous-vide* a temperatura de 65 °C foram considerados um “bom compromisso” a nível de aroma e aspeto “cozido” (classificação de 2, na escala de 1-5 e na escala de 1-3 respetivamente). Os filetes cozidos em *sous-vide* a 80 °C e 95 °C já foram considerados demasiado cozidos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Temperatura (°C) e tempos (s) dos filetes nas etapas de cozedura e arrefecimento, e classificação da intensidade do aroma “cozido” (1-5) e aspeto “cozido” (1-3).

Temp. do banho de Coz. (°C)	Temp. do Filete (°C)	Tempo (s)	Temp. do banho de Arref. (°C)	Temp. do Filete (°C)	Tempo (s)	Aroma “Cozido”	Aspeto “Cozido”
55	50,4	105	3	4,00	260	1	1
65	60,1	175	3	3,90	430	2	2
80	75,1	190	3	3,97	445	5	3
95	90,0	165	3	3,95	290	5	3

As temperaturas normalmente utilizadas na literatura para o cozimento *sous-vide*, variam entre 60 °C e 90 °C com uma duração entre 10 e 20 min. Os filetes estudados são consideravelmente de menores dimensões (comprimento de 11,0 ± 0,7 cm; e espessura de 1,2 ± 0,3 cm) em comparação com outros estudos publicados de cozimento *sous-vide*, por exemplo

com uma espécie congénere, a sarda (*S. scombrus*) (comprimento $17 \pm 1,4$ cm) (Cropotova *et al.*, 2018; Cropotova *et al.*, 2019a, b, c). Essas diferenças de dimensão são específicas e também devidas à distinta época de pesca, os peixes estudados foram pescados em fevereiro, no início do ano, as cavalas encontram-se ainda na fase crescimento e reprodução (Vasconcelos, 2022).

Assim, as condições selecionadas de temperatura-tempo de cozimento *sous-vide* para os ensaios foram 50 °C, 60 °C e 70 °C durante 1, 3 e 6 min para cozedura e no arrefecimento a 3 ± 1 °C durante 3 min e 30 s, 6 min, e 6 min e 30 s, respetivamente para os processos de cozedura a 50 °C, 60 °C e 70 °C (Tabela 2.3).

3.1.1. Teor de perda por gotejamento/exsudação

Após descongelação, o teor médio de perda por gotejamento (“drip loss”) dos filetes de cavala foi de $0,68 \pm 0,26\%$ (Apêndice C). Os peixes em média poderão perder entre 1 e 5% de líquido exsudado quando armazenados em refrigeração, que depende de vários fatores como, a espécie animal, as condições e/ou processos do pescado, do método de congelamento, das temperaturas e das suas flutuações ao longo do armazenamento, a duração de armazenamento e do procedimento de descongelação. A perda desse líquido ocorre devido a reações químicas, por exemplo a oxidação lipídica e desnaturação proteica, pelo crescimento bacteriano, e a reações físicas, a recristalização e mudanças de volume (Cao *et al.*, 2016; Duarte, 2017; Santos, 2013). A nível de controlo de qualidade, o teor de perda por gotejamento/exsudação é a percentagem de perda de fluídos fisiológicos durante a descongelação e o armazenamento, sendo interpretado preliminarmente, como consequência de dano celular. Em regra geral, os filetes de peixe, tendem a um maior teor de perda por gotejamento para o meio externo, devido a maior área superficial de exposição em comparação ao peixe inteiro (Duarte, 2017; Santos, 2013; Traore *et al.*, 2012).

Neste estudo obteve-se um teor de perda por gotejamento inferior em comparação a trabalhos realizados por outros autores. Por exemplo, Cao *et al.* (2016) registaram cerca de 1,8% no primeiro dia de armazenamento para carpa (*Ctenopharyngodon idellus*), Duarte (2017) registou um teor de perda por gotejamento de 2,34% para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), e Cropotova *et al.* (2019a) registou 4,53% para sarda (*S. scombrus*).

O processo de congelação utilizado neste estudo foi rápido (ca. 15 min), não houve flutuações de temperatura durante o armazenamento dos filetes e o procedimento de descongelação durou ca. de 8 a 10 h a uma temperatura estável de 4 ± 1 °C. Nestas condições, através da difusão, alguma água pode retomar à posição original anterior à congelação (Duarte, 2017). Neste caso, as cavalas encontravam-se no estado de pós-rigor quando foram filetadas e

congeladas. Os filetes retirados de peixes em estado pré-rigor tendem a encolher, a enrugar a sua superfície e distorcer a forma dos filetes quando são congelados, e a ter um maior teor de perda por gotejamento na descongelação, comparativamente com peixes filetados em estado pleno rigor ou pós-rigor (Santos, 2013).

3.1.2. Teor de perda por cozimento

Na avaliação do teor de perda de cozimento (“cook loss”), e observando a Tabela 3.2, os filetes sujeitos a temperatura de *sous-vide* de 70 °C durante 1 min tiveram o menor teor de perda de cozimento ($4,14 \pm 1,28\%$), enquanto à mesma temperatura durante 6 min apresentou o maior teor ($13,22 \pm 1,68\%$). Os teores de perda por cozimento apresentaram diferenças significativas entre tempos (ANOVA, $F_{(2)}=24,113$; $p<0,001$), entre temperaturas (ANOVA, $F_{(2)}=13,028$; $p<0,001$) e na interação entre estes dois fatores (ANOVA, $F_{(4)}=8,751$; $p<0,001$) (Apêndice D).

Tabela 3.2. Teor de perda por cozimento (“cook loss”) em percentagem (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).

Perda por cozimento “cook-loss” (%)	Temperatura de cozimento <i>sous-vide</i>		
	50 °C	60 °C	70 °C
Tempo			
1 min	$5,86 \pm 0,50^{a,A}$	$7,69 \pm 2,51^{a,B}$	$4,14 \pm 1,28^{a,A}$
3 min	$5,56 \pm 1,05^{b,A}$	$12,02 \pm 2,43^{b,B}$	$6,28 \pm 0,19^{b,A}$
6 min	$8,31 \pm 0,99^{c,A}$	$10,46 \pm 0,43^{c,B}$	$13,22 \pm 1,68^{c,A}$

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3); médias com as mesmas letras [a, b, c (tempo); A, B (tratamento)] não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p>0,05$).

O teor de perda por cozimento provoca uma diminuição no peso do peixe em comparação com o mesmo em fresco. As alterações de peso devem-se, principalmente, à perda de água intra e extracelular quando o peixe é submetido ao cozimento, levando à alteração da sua cor e textura. No entanto, também ocorre alguma perda a nível nutricional, mais propriamente de proteínas, lípidos e micronutrientes que se encontram solubilizados no líquido libertado. A duração e a temperatura do tratamento térmico, e as características fisiológicas, microbiológicas, físico-químicas e nutricionais do peixe são alguns dos fatores que podem influenciar o teor de perda por cozimento (Blikra et al., 2020; Cao *et al.*, 2016; Duarte, 2017; Mendes *et al.*, 2021; Santos, 2013). A determinação do teor de perda de cozimento é um parâmetro de qualidade mais rápido, simples, preciso e consistente de determinar, em comparação, por exemplo, com a textura e a cor, pois são dependentes de métodos de teste e

equipamentos, apresentando alguns erros relativos e alguma divergência de resultados obtidos (Cao *et al.*, 2016).

Cropotova *et al.* (2019b) determinaram um teor médio de perda por cozimento de 8,00% e 10,29% para os filetes de sarda cozidos em *sous-vide* durante 10 minutos a temperaturas de 60 °C e 75 °C, respetivamente. Noutro estudo, Cropotova *et al.* (2019c) registaram uma média de $6,2 \pm 1,7\%$ e $6,9 \pm 1,3\%$ também para os filetes de sarda cozidas em *sous-vide* durante 10 minutos a temperaturas de 70 °C e 80 °C. Em comparação com os estudos referidos anteriormente, apesar da utilização de temperaturas e tempos consideravelmente inferiores, os resultados obtidos são superiores, ou seja, os filetes apresentaram um maior teor de perda de cozimento, o que se pode justificar pela utilização de outra espécie.

De facto, a complexidade da perda de cozimento do peixe é justificada pela orientação da estrutura muscular, pois a organização dos miótomos é diferente de espécie para espécie (Blikra *et al.*, 2020).

3.1.3. Textura

No caso do pescado, a textura depende de fatores químicos (teor e distribuição de água, gordura e colágeno), fatores bioquímicos, fatores fisiológicos (espécie, tamanho, orientação dos miótomos e fixação esquelética) e fatores físicos (tempo e temperatura de armazenamento, congelação e refrigeração, tratamento térmico, adição de ingredientes e processo de filetagem) (Cheng *et al.*, 2014; Coppes *et al.*, 2002; Cropotova *et al.*, 2018; Hassoun *et al.*, 2020; Espinosa *et al.*, 2015b). A gelificação e desnaturação do tecido conjuntivo representam uma grande influência na textura dos filetes (Cheng *et al.*, 2014; Cropotova *et al.*, 2018; Kathuria *et al.*, 2022).

Na avaliação da textura (Tabela 3.3), testaram-se vários atributos. Os filetes sujeitos temperatura de cozimento *sous-vide* de 70 °C durante 6 min tiveram a menor dureza ($0,66 \pm 0,09$ N), coesividade ($0,13 \pm 0,05$), gomosidade ($8,39 \pm 3,49$ g), mastigabilidade ($6,27 \pm 2,81$ g·mm) e elasticidade ($0,75 \pm 0,13$ mm); os filetes também com a mesma temperatura, mas cozidos durante 1 min apresentaram maior adesividade ($-0,95 \pm 0,68$ g·s). Os filetes processados com temperatura de *sous-vide* de 50 °C durante 3 min obtiveram a maior gomosidade ($154,55 \pm 18,40$ g), mastigabilidade ($443,11 \pm 149,14$ g·mm) e elasticidade ($2,82 \pm 0,64$ mm); e durante 6 min tiveram a menor adesividade ($-3,23 \pm 0,01$ g·s) exceto os filetes controlo ($-3,97 \pm 0,55$ g·s). Os filetes cozidos com temperatura de *sous-vide* de 60 °C durante 6 min e 1 min, apresentaram maior dureza ($3,20 \pm 0,17$ N) e maior coesividade ($0,60 \pm 0,00$), respetivamente.

Tabela 3.3. Atributos de dureza (N), coesividade, gomosidade (g) mastigabilidade (g·mm), adesividade (g·s) e elasticidade (mm) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min). Sendo o controlo, os filetes em fresco, sem aplicação de cozimento (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).

Atributos de textura (Tempo)		Tratamento			
		Controlo	50°C	60 °C	70 °C
Dureza (N)	1 min	1,24 ± 0,20 ^{a,A}	2,57 ± 0,14 ^{b,B}	2,25 ± 0,30 ^{b,B}	0,92 ± 0,38 ^{b,C}
	3 min		2,78 ± 0,37 ^{b,B}	2,47 ± 0,15 ^{b,B}	0,99 ± 0,37 ^{b,C}
	6 min		2,22 ± 0,69 ^{b,B}	3,20 ± 0,17 ^{b,B}	0,66 ± 0,09 ^{b,C}
Coesividade	1 min	0,51 ± 0,03 ^{a,A}	0,56 ± 0,02 ^{b,A}	0,60 ± 0,00 ^{b,A}	0,57 ± 0,41 ^{b,A}
	3 min		0,55 ± 0,09 ^{a,A}	0,42 ± 0,04 ^{a,A}	0,43 ± 0,29 ^{a,A}
	6 min		0,40 ± 0,04 ^{c,A}	0,41 ± 0,02 ^{c,A}	0,13 ± 0,05 ^{c,A}
Gomosidade (g)	1 min	54,46 ± 26,24 ^{a,A}	147,70 ± 9,92 ^{c,B}	136,90 ± 17,55 ^{c,B}	63,43 ± 51,10 ^{c,A}
	3 min		154,55 ± 18,40 ^{bc,B}	106,67 ± 13,41 ^{bc,B}	50,45 ± 44,04 ^{bc,A}
	6 min		91,46 ± 32,20 ^{ab,B}	133,29 ± 12,15 ^{ab,B}	8,39 ± 3,49 ^{ab,A}
Mastigabilidade (gmm)	1 min	134,57 ± 32,57 ^{a,A}	326,60 ± 89,11 ^{b,B}	320,65 ± 77,16 ^{b,B}	100,19 ± 86,75 ^{b,A}
	3 min		443,10 ± 149,14 ^{b,B}	184,28 ± 59,69 ^{b,B}	63,92 ± 57,39 ^{b,A}
	6 min		186,63 ± 86,87 ^{ab,B}	307,25 ± 64,50 ^{ab,B}	6,27 ± 2,81 ^{ab,A}
Adesividade (gs)	1 min	-3,97 ± 0,55 ^{a,A}	-2,68 ± 0,50 ^{c,B}	-0,99 ± 0,20 ^{c,C}	-0,95 ± 0,68 ^{c,C}
	3 min		-3,10 ± 0,75 ^{b,B}	-1,98 ± 0,80 ^{b,C}	-2,59 ± 1,35 ^{b,C}
	6 min		-3,23 ± 0,01 ^{c,B}	-2,46 ± 0,65 ^{c,C}	-1,74 ± 1,29 ^{c,C}
Elasticidade (mm)	1 min	2,07 ± 0,28 ^{a,B}	2,20 ± 0,50 ^{a,B}	2,32 ± 0,26 ^{a,B}	1,34 ± 0,45 ^{a,A}
	3 min		2,82 ± 0,64 ^{a,B}	1,70 ± 0,36 ^{a,B}	1,12 ± 0,33 ^{a,A}
	6 min		1,97 ± 0,32 ^{a,B}	2,29 ± 0,28 ^{a,B}	0,75 ± 0,13 ^{a,A}

Legenda: médias ± desvios-padrão (n=3, controlo n=6; médias com as mesmas letras [a, b, c (tempo); A, B, C (tratamento)] não são estatisticamente significativos (teste Tukey, p>0,05).

Os valores apresentam diferenças estatisticamente significativas nos vários atributos: na dureza, entre temperaturas (ANOVA, $F_{(2)}=89,023$; $p<0,001$) e na interação entre os dois fatores tempo e temperatura ($F_{(4)}=5,017$; $p=0,005$); na coesividade, entre os tempos (ANOVA, $F_{(2)}=68,828$; $p<0,001$) e na interação de ambos os fatores (ANOVA, $F_{(4)}=18,552$; $p<0,001$); na gomosidade, entre tempos (ANOVA, $F_{(2)}=4,725$; $p=0,019$) e entre temperaturas (ANOVA, $F_{(2)}=31,693$; $p<0,001$); na mastigabilidade, entre os tempos (ANOVA, $F_{(2)}=3,803$; $p=0,037$), entre tratamentos (ANOVA, $F_{(2)}=47,688$; $p<0,001$) e na interação (ANOVA, $F_{(4)}=7,983$; $p<0,001$); na adesividade, entre tempos (ANOVA, $F_{(2)}=17,428$; $p<0,001$), entre temperaturas (ANOVA, $F_{(2)}=23,022$; $p<0,001$) e na interação (ANOVA, $F_{(4)}=7,671$; $p<0,001$); e na elasticidade entre temperaturas (ANOVA, $F_{(2)}=30,115$; $p<0,001$) e na interação (ANOVA, $F_{(4)}=3,792$; $p=0,016$) (Apêndice E).

Nos resultados obtidos notou-se um aumento de dureza, gomosidade, mastigabilidade e elasticidade nos filetes cozidos *sous-vide* para as temperaturas de 50 °C e 60 °C em relação ao controlo, contudo diminuíram consideravelmente com temperatura de 70 °C. Pois segundo Crotova *et al.* (2018), com o aumento de temperatura de cozimento, expandem os espaços extracelulares nos músculos do filete provocando a quebra das camadas pericelulares e o encolhimento das miofibrilas e do colágeno. No atributo de coesividade reparou-se que quanto maior é a duração de tratamento menor é a coesividade. E na adesividade os valores aumentaram quando submetidos a cozimento *sous-vide*.

No estudo de Zhou *et al.* (2022), cozeram em *sous-vide* achigã (*Micropterus salmoides*), com temperatura de 90 °C durante 15 minutos e registaram uma diminuição na dureza, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e na elasticidade, em comparação ao controlo, de igual forma acontece neste estudo com tratamento a 70 °C durante 6 minutos.

3.1.4. Cor

Na avaliação da cor (Tabela 3.4), testaram-se vários atributos, com exceção dos filetes de controlo, os filetes processados com temperatura de *sous-vide* a 50 °C durante 1 min obtiveram menor L^* ($47,01 \pm 5,472$), b^* ($3,40 \pm 0,95$) e C^* ($4,34 \pm 0,96$), e maior $^{\circ}h$ ($128,59 \pm 4,23$). Os filetes submetidos a temperatura de *sous-vide* de 60 °C durante 1 min tiveram menor valor de a^* ($-2,74 \pm 0,06$; com exceção do controlo) e durante 6 min tiveram maior b^* ($13,69 \pm 1,14$) e C^* ($13,75 \pm 1,10$). Os filetes cozidos com temperatura de *sous-vide* a 70 °C durante 6 min registaram a maior L^* ($78,65 \pm 0,34$) e durante 3 min registaram menor $^{\circ}h$ ($89,11 \pm 1,82$) e o único a registar valores positivos de a^* ($0,24 \pm 0,43$). Os valores apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) entre os tempos, temperaturas e interações de ambos os

fatores de todos os atributos estudados, exceto na interação nos parâmetros a* e °h (Apêndice F).

Tabela 3.4. Atributos de cor L*, a*, b*, C* (croma – saturação das cores) e °h (ângulo de tonalidade) (média ± desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).

Atributos de cor (Tempo)		Tratamento			
		Controlo	50 °C	60 °C	70 °C
L*	1 min	36,04 ± 2,93 ^{a,A}	47,01 ± 5,47 ^{b,B}	67,68 ± 3,51 ^{b,C}	73,10 ± 0,67 ^{b,D}
	3 min		64,82 ± 2,74 ^{c,B}	71,90 ± 0,83 ^{c,C}	75,21 ± 0,76 ^{c,D}
	6 min		67,48 ± 3,24 ^{c,B}	72,77 ± 0,86 ^{c,C}	78,65 ± 0,34 ^{c,D}
a*	1 min	-3,46 ± 0,89 ^{a,A}	-2,63 ± 0,46 ^{b,B}	-2,74 ± 0,06 ^{b,B}	-2,05 ± 0,96 ^{b,B}
	3 min		-1,71 ± 1,00 ^{c,B}	-1,32 ± 0,46 ^{c,B}	0,24 ± 0,43 ^{c,B}
	6 min		-1,62 ± 0,67 ^{c,B}	-1,13 ± 0,37 ^{c,B}	-1,51 ± 0,83 ^{c,B}
b*	1 min	0,24 ± 1,39 ^{a,A}	3,40 ± 0,95 ^{b,B}	9,32 ± 0,30 ^{b,C}	11,10 ± 1,56 ^{b,C}
	3 min		10,18 ± 1,69 ^{c,B}	11,29 ± 0,80 ^{c,C}	13,25 ± 1,63 ^{c,C}
	6 min		11,24 ± 2,43 ^{c,B}	13,69 ± 1,14 ^{c,C}	11,21 ± 1,32 ^{c,C}
C*	1 min	3,89 ± 0,63 ^{a,A}	4,34 ± 0,96 ^{b,B}	9,68 ± 0,23 ^{b,C}	11,32 ± 1,50 ^{b,C}
	3 min		10,37 ± 1,54 ^{c,B}	11,39 ± 0,74 ^{c,C}	13,26 ± 1,63 ^{c,C}
	6 min		11,39 ± 2,36 ^{c,B}	13,75 ± 1,10 ^{c,C}	11,34 ± 1,23 ^{c,C}
°h	1 min	176,84 ± 20,56 ^{a,A}	128,59 ± 4,23 ^{b,B}	106,43 ± 0,44 ^{b,B}	100,72 ± 5,19 ^{b,B}
	3 min		100,16 ± 6,55 ^{c,B}	96,88 ± 2,72 ^{c,B}	89,11 ± 1,82 ^{c,B}
	6 min		98,89 ± 4,22 ^{c,B}	94,90 ± 1,99 ^{c,B}	98,02 ± 4,77 ^{c,B}

Legenda: médias ± desvios-padrão (n=3, controlo n=6); médias com as mesmas letras [a, b, c (tempo); A, B, C, D (tratamento)] não são estatisticamente significativos (teste Tukey, p>0,05).

No atributo de L* (luminosidade), reparou-se que existiu um aumento de L* à medida que aumenta o tempo e a temperatura, tal como acontece no estudo de Cropotova *et al.* (2019b), que pode ser justificado pela maior desnaturação e agregação de proteínas sarcoplasmáticas e

miofibrilares, aumentando assim a dispersão da luz. No atributo de b^* (azul/amarelo), os filetes cozidos apresentaram uma cor mais amarelada em comparação com o controlo, que aconteceu de igual forma nos estudos de Crobotova *et al.* (2019a) e Crobotova *et al.* (2019b), devido à possibilidade de existência compostos amarelados produzidos através da oxidação lipídica de compostos primários e secundários. E nos atributos de C^* e de h , também se observou que existiu uma maior saturação das cores e menor ângulo de tonalidade, respetivamente, quando os filetes são cozidos em *sous-vide*.

3.1.5. pH

Na avaliação do pH (Tabela 3.5), os filetes sujeitos a temperatura de *sous-vide* de 70 °C durante 1 min atingiram o maior valor de pH ($6,81 \pm 0,17$); por outro lado, os filetes de controlo tiveram o menor valor de pH ($6,21 \pm 0,14$). Após o cozimento *sous-vide* houve um ligeiro aumento de pH, como acontece no estudo de Crobotova *et al.* (2019a), que registou os valores de pH de $6,31 \pm 0,02$ e $6,43 \pm 0,01$ para os filetes de sarda cozidas em *sous-vide* durante 10 minutos a 60 °C e 75 °C, respetivamente. Quanto maior for a temperatura e tempo a que o peixe é sujeito durante o seu processamento, maior vai ser o aumento do pH, permitindo ocorrer maior crescimento de microrganismos e consequentemente aumenta a degradação do peixe (Abbas *et al.*, 2008; Maqsood *et al.*, 2014; Mendes *et al.*, 2021). Porém, tal como nos estudos de Crobotova *et al.* (2019a) e Crobotova *et al.* (2018), não foram detetados sinais de degradação físicos após o cozimento em *sous-vide*. No entanto, existe ainda risco de segurança alimentar, nomeadamente na produção de toxinas e no desenvolvimento de esporos de *C. botulinum*, uma vez que se desenvolve a $pH > 4,6$ e nas condições do *sous-vide*.

Verifica-se diferenças estatisticamente significativas entre o valor de pH dos filetes controlo e dos sujeitos a tratamento (ANOVA, $F_{(2)}=3,655$; $p=0,042$) (Apêndice G).

Tabela 3.5. pH (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).

pH	Tratamento			
	Controlo	50 °C	60 °C	70 °C
Tempo				
1 min	$6,21 \pm 0,14^A$	$6,63 \pm 0,07^B$	$6,54 \pm 0,07^B$	$6,81 \pm 0,17^B$
3 min		$6,74 \pm 0,07^B$	$6,64 \pm 0,05^B$	$6,73 \pm 0,02^B$
6 min		$6,71 \pm 0,06^B$	$6,71 \pm 0,03^B$	$6,72 \pm 0,10^B$

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3, controlo n=6); médias com as mesmas letras [A, B (tratamento)] não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p > 0,05$).

3.1.6. Teor de humidade e atividade da água

Na avaliação do teor de humidade, os filetes de controlo apresentaram o maior teor de humidade ($81,62 \pm 0,63\%$); em contrapartida, os filetes cozidos com temperatura de *sous-vide* de $70\text{ }^\circ\text{C}$ durante 3 minutos tiveram o menor teor de humidade ($76,01 \pm 0,70\%$) (Tabela 3.6). Existem diferenças significativas entre os tempos (ANOVA, $F_{(2)}=9,201$; $p=0,001$), e as temperaturas (ANOVA, $F_{(2)}=16,481$; $p<0,001$), no teor em humidade dos filetes (Apêndice H).

Nos estudos de Cropotova *et al.* (2018) e Cropotova *et al.* (2019b) obtiveram teores de humidade entre $55,2\%$ a $69,9\%$ para sarda, valores consideravelmente inferiores àqueles que se obtiveram neste trabalho, uma vez que o teor de humidade dos filetes de controlo (“crús”) para sarda foi inferior ($69,3 \pm 0,4\%$) (Cropotova *et al.*, 2019b) em relação à cavala ($81,80 \pm 0,21\%$).

Em termos de a_w (Tabela 3.6), os filetes processados com temperatura de *sous-vide* de $60\text{ }^\circ\text{C}$ durante 1 min registaram a menor a_w ($0,937 \pm 0,007$), em oposição aos filetes de controlo que apresentaram a maior a_w ($0,955 \pm 0,012$). Os resultados obtidos foram consistentes com os valores publicados para peixes, $\geq 0,9$ por Silva *et al.* (2008). Observou-se que existem diferenças significativas apenas entre os valores de tempo (ANOVA, $F_{(2)}=7,671$; $p=0,003$) (Apêndice H).

A a_w é um dos fatores utilizado na determinação da qualidade do peixe, uma vez que corresponde à “água livre” que se encontra disponível para participar em reações químicas e facilitar o crescimento microbiano, influenciando a sua estabilidade (Pitombo & Lima, 2003; Silva *et al.*, 2008).

Tabela 3.6. Atividade da água (a_w) teor de humidade (%) (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a diferentes temperaturas ($50\text{ }^\circ\text{C}$ a $70\text{ }^\circ\text{C}$) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).

Parâmetros (Tempo)		Tratamento			
		Controlo	$50\text{ }^\circ\text{C}$	$60\text{ }^\circ\text{C}$	$70\text{ }^\circ\text{C}$
Humidade (%)	1 min	$81,62 \pm 0,63^{a,A}$	$80,69 \pm 0,58^{b,B}$	$78,17 \pm 0,20^{b,C}$	$79,05 \pm 1,09^{b,C}$
	3 min		$79,50 \pm 0,35^{c,B}$	$78,36 \pm 0,76^{c,C}$	$76,01 \pm 0,70^{c,C}$
	6 min		$78,68 \pm 0,94^{c,B}$	$77,27 \pm 2,08^{c,C}$	$76,81 \pm 0,43^{c,C}$
a_w	1 min	$0,955 \pm 0,012^a$	$0,945 \pm 0,002^b$	$0,937 \pm 0,007^b$	$0,940 \pm 0,010^b$
	3 min		$0,947 \pm 0,002^a$	$0,950 \pm 0,002^a$	$0,954 \pm 0,002^a$
	6 min		$0,951 \pm 0,002^a$	$0,952 \pm 0,002^a$	$0,955 \pm 0,001^a$

Legenda: médias \pm desvios-padrão ($n=3$, controlo $n=6$); médias com as mesmas letras [a, b, c (tempo); A, B, C (tratamento)] não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p>0,05$).

Nos resultados que se obtiveram neste estudo para o teor de humidade e a a_w , reparou-se que em ambos os valores diminuíram para os filetes cozidos em *sous-vide*. Ainda no teor de humidade, notou-se que existiu uma relação entre tempo e temperatura superiores e níveis inferiores de teor de humidade. Esta diminuição pode-se justificar devido a alguma perda de água durante o cozimento de *sous-vide*.

3.1.7. Capacidade de retenção de água, perda de água e perda de gordura

Na avaliação da capacidade de retenção de água (CRA), da perda de água (PA) e da perda de gordura (PG), os resultados constam da Tabela 3.7. Os filetes sujeitos a temperatura de *sous-vide* de 50 °C durante 1 min tiveram menor CRA ($65,51 \pm 0,57\%$) e maior PG ($3,91 \pm 0,24\%$). Os filetes processados com temperatura de *sous-vide* a 70 °C durante 6 min obtiveram o maior CRA ($69,96 \pm 1,35\%$), e menor PA ($26,28 \pm 1,77\%$; exceto o controlo) e PG ($1,92 \pm 0,51\%$). Os filetes cozidos a 50 °C durante 3 min obtiveram maior PA ($29,62 \pm 3,24\%$).

Os valores de CRA e de PA não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). No caso de PG, os valores são significativamente diferentes entre tempos (ANOVA, $F_{(2)}=8,667$; $p=0,002$) e entre tratamentos (ANOVA, $F_{(2)}=3,585$; $p=0,044$ (Apêndice I).

O calor e a pressão são os principais fatores que influenciam a CRA durante o processamento térmico. Assim, é necessário um controlo, uma vez que esta está relacionada com a textura, perda de cozimento, teor de humidade, perda de gotejamento e atividade da água, sendo também bastante útil na determinação da desnaturação proteica (Duarte, 2017; Mendes *et al.*, 2021; Santos, 2013; Traore *et al.*, 2012).

O expectável, seria durante o tratamento térmico, suceder-se uma diminuição de CRA, devido à desnaturação das proteínas miofibrilares e do tecido conjuntivo, forçando a água celular imobilizada a mover e fluir a uma pressão inferior. No entanto, como acontece no estudo de Cropotova *et al.* (2018), os filetes submetidos às três temperaturas mais altas não apresentaram diferenças em relação ao controlo, o que indica que não houve perda de água acentuada durante o processamento.

Em comparação com os resultados anteriormente obtidos no teor de humidade e na a_w , são contraditórios aos valores de CRA, PA e PG, devido às questões metodológicas, pois o teor de humidade e a_w são métodos mais simples e lineares, produzindo resultados com maior fiabilidade. Os métodos para calcular a CRA, PA e PG apresentam algumas nuances técnicas que podem influenciar os resultados, tornando-os pouco fiáveis. Deste modo, os resultados obtidos no teor de humidade e a_w são resultados coerentes, e os resultados de CRA, PA e PG

podem induzir em erro em virtude da forma como as amostras são colocadas nos filtros e processados na fase da pesagem.

Tabela 3.7. Capacidade de retenção de água (CRA), perda de água (PA) e perda de gordura (PG), em percentagem (%) (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a diferentes temperaturas (50 °C a 70 °C) e tempos (1 a 6 min) (comparação através do teste ANOVA a 2 fatores).

Parâmetros (Tempo)		Tratamento			
		Controlo	50 °C	60 °C	70 °C
CRA (%)	1 min	67,07 \pm 3,64	65,51 \pm 0,57	68,07 \pm 0,97	67,15 \pm 0,34
	3 min		66,17 \pm 3,23	68,14 \pm 1,93	69,46 \pm 1,04
	6 min		68,28 \pm 3,00	68,78 \pm 2,77	69,96 \pm 1,35
PA (%)	1 min	26,45 \pm 2,60	28,54 \pm 0,72	27,00 \pm 0,29	28,95 \pm 0,74
	3 min		29,62 \pm 3,24	28,19 \pm 1,28	26,89 \pm 0,87
	6 min		28,37 \pm 2,55	27,83 \pm 2,55	26,28 \pm 1,77
PG (%)	1 min	4,23 \pm 0,99 ^{a,A}	3,91 \pm 0,24 ^{b,B}	3,41 \pm 1,09 ^{b,B}	2,27 \pm 0,30 ^{b,B}
	3 min		2,69 \pm 0,20 ^{bc,B}	2,21 \pm 0,12 ^{bc,B}	2,10 \pm 0,57 ^{bc,B}
	6 min		2,06 \pm 0,24 ^{c,B}	2,03 \pm 0,15 ^{c,B}	1,92 \pm 0,51 ^{c,B}

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3, controlo n=6); médias com as mesmas letras [a, b, c (tempo); A, B (tratamento)] não são estatisticamente significativos (teste Tukey, p>0,05).

Resumindo, os filetes de controlo foram os que apresentaram maior adesividade (-3,97 \pm 0,55 g·s), teor de humidade (81,62 \pm 0,63%) e atividade da água (a_w = 0,955 \pm 0,012); e menor luminosidade (L^* = 36,04 \pm 2,93), valor de a^* (-3,46 \pm 0,89; ou seja coloração mais verde), valor de b^* (0,24 \pm 1,39; coloração menos amarela), coloração saturada (C^* = 3,89 \pm 0,63), pH (6,21 \pm 0,14) e perda de água (PA = 26,45 \pm 2,60); devido aos filetes de controlo estudados serem frescos, ou seja não foram sujeitos a qualquer processo térmico, por isso apenas foram avaliados como comparação para os filetes cozidos em *sous-vide*. Os valores da avaliação físico-química de qualidade dos filetes submetidos a cozimento *sous-vide* descritos a seguir, não tem os resultados obtidos dos filetes de controlo.

Os filetes cozidos em *sous-vide* com temperatura de 50 °C durante 1 min, apresentaram menor luminosidade (L^* = 47,01 \pm 5,472), coloração amarela (b^* = 3,40 \pm 0,95), saturação de cor (C^* = 4,34 \pm 0,96), teor de humidade (80,69 \pm 0,58%) e capacidade de retenção de água

(CRA = $65,51 \pm 0,57\%$); e maior ângulo de tonalidade ($^{\circ}h = 128,59 \pm 4,23$) e perda de gordura (PG = $3,91 \pm 0,24\%$). Sendo os filetes que aparentaram estar menos cozidos. Os mesmos 50°C de cozedura, durante 3 min, os filetes obtiveram maior gomosidade ($154,55 \pm 18,40$ g), mastigabilidade ($443,11 \pm 149,14$ g·mm), elasticidade ($2,82 \pm 0,64$ mm) e perda de água (PA = $29,62 \pm 3,24\%$). Quando cozidos em *sous-vide* durante 6 min, tiveram maior adesividade ($-3,23 \pm 0,01$ g·s).

O cozimento de *sous-vide* a uma temperatura de 60°C durante 1 minuto, resultaram em menor valor de a^* ($-2,74 \pm 0,06$; coloração mais verde), pH ($6,54 \pm 0,07$) e atividade da água ($a_w = 0,937 \pm 0,007$); e maior coesividade ($0,60 \pm 0,00$). Quando cozidos em *sous-vide* durante 3 min a 60°C , geraram resultados intermédios no modo geral. Entretanto, durante 6 min, os filetes obtiveram maior dureza ($3,20 \pm 0,17$ N), coloração amarela ($b^* = 13,69 \pm 1,14$) e saturação ($C^* = 13,75 \pm 1,10$).

Os filetes cozidos em *sous-vide* com temperatura de 70°C durante 1 min, apresentaram maior adesividade ($-0,95 \pm 0,68$ g·s) e pH ($6,81 \pm 0,17$). Durante 3 min, menor ângulo de tonalidade ($^{\circ}h = 89,11 \pm 1,82$) e teor de humidade ($76,01 \pm 0,70\%$); e maior valor de a^* ($0,24 \pm 0,43$, coloração vermelha). Os filete quando são submetidos a cozimentos *sous-vide* durante 6 min a uma temperatura de 70°C , obtiveram menor dureza ($0,66 \pm 0,09$ N), coesividade ($0,13 \pm 0,05$), gomosidade ($8,39 \pm 3,49$ g), mastigabilidade ($6,27 \pm 2,81$ g·mm), elasticidade ($0,75 \pm 0,13$ mm), teor de humidade ($76,01 \pm 0,70\%$), perda de água (PA = $26,28 \pm 1,77\%$) e perda de gordura (PG = $1,92 \pm 0,51\%$); e maior luminosidade ($L^* = 78,65 \pm 0,34$), atividade da água ($a_w = 0,955 \pm 0,001$), capacidade de retenção de água (CRA = $69,96 \pm 1,35\%$); significando assim que os filetes sujeitos a estas condições de cozimento, apresentam bastante mais cozidos em comparação com outras condições.

3.2. Qualidade físico-química das preparações de filetes de cavala com aplicação do cozimento *sous-vide*

Após a avaliação dos parâmetros de qualidade dos filetes sujeitos a cozimento *sous-vide* a temperaturas de 50 , 60 e 70°C durante 1, 3 e 6 min, foi selecionado o binómio temperatura-tempo de 60°C durante 3 min, pois de acordo com os primeiros ensaios, estes apresentaram um aroma a “cozido” pouco intenso e visualmente “cozido” brilhante. Para além disso, nos restantes parâmetros de qualidade, principalmente o teor de humidade, a perda de gordura e os vários atributos da textura e cor, nota-se que, em comparação com os outros binómios temperatura-tempo, os filetes cozidos em *sous-vide* a 60°C , apresentaram um produto de características intermédias e pertinentes. Se, por um lado, a duração de 1 min coloca algumas

dificuldades de manuseio, principalmente a nível industrial, e não garantirá um nível apropriado de segurança alimentar, por outro, a duração de 6 min, aumenta bastante o custo energético e consequente pegada ecológica e as diferenças qualitativas são mínimas em relação à duração de 3 min, embora ainda exista um risco de segurança alimentar.

De forma a melhorar os filetes de cavala cozidos em *sous-vide*, em termos de segurança alimentar e qualidades organoléticas e nutricionais, utilizaram-se vários ingredientes com principais propriedades antioxidantes, antimicrobianas, em diferentes marinadas, nomeadamente: infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura 5%; sumo de limão; vinagres de gengibre e de framboesa (Figura 3.1). Avaliaram-se, novamente, os parâmetros físico-químicos de qualidade referidos anteriormente e, complementarmente, avaliaram-se diversas características organoléticas das preparações, assim como a preferência e intenção de compra recorrendo a um painel sensorial.

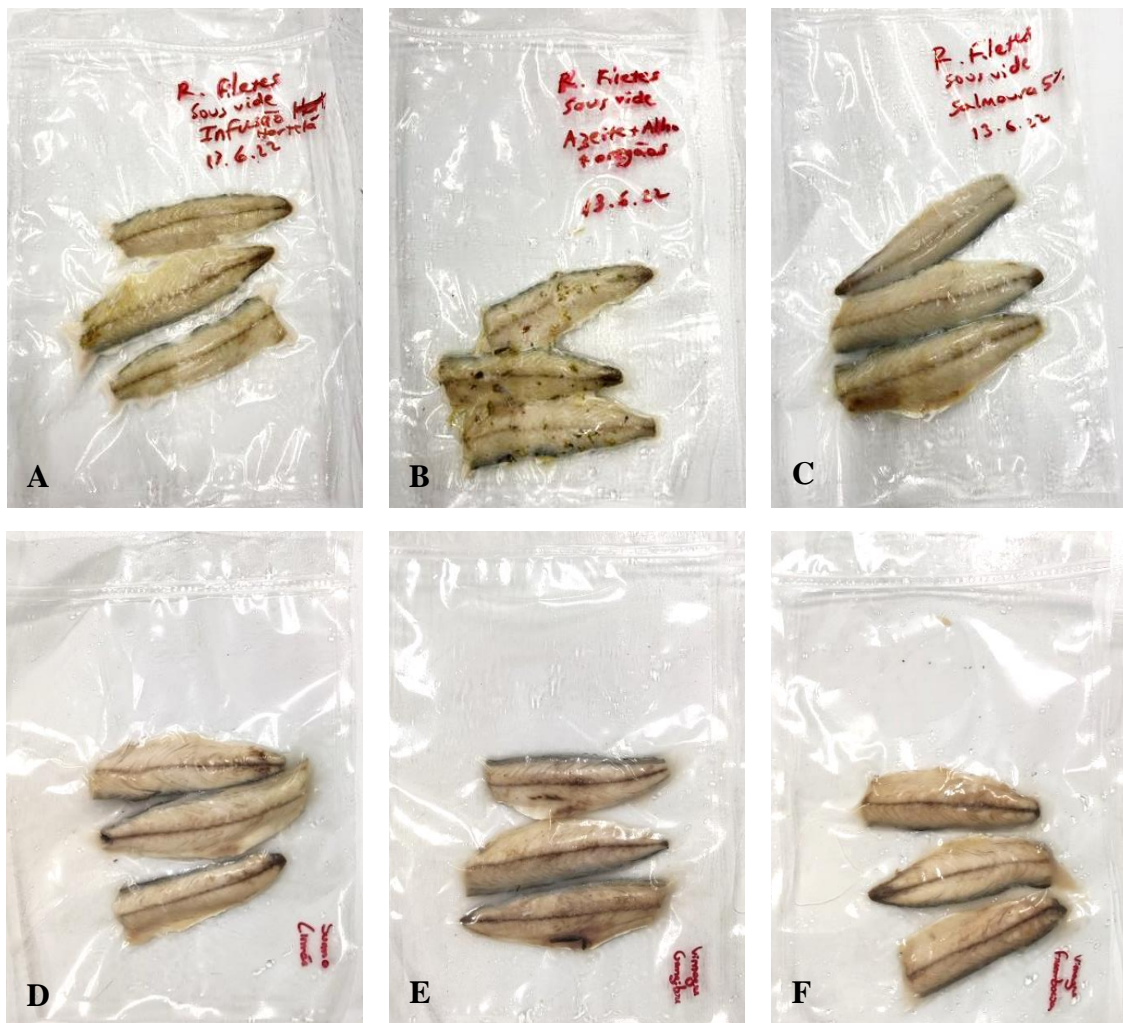


Figura 3.1. Filetes de cavala (*S. colias*) após cozimento *sous-vide* com as receitas: A – Infusão de hortelã da ribeira; B – Azeite, alho e orégãos; C – Salmoura 5%; D – Sumo de limão; E – Vinagre de gengibre; F – Vinagre de framboesa.

Na avaliação da textura das preparações (Tabela 3.8), testaram-se vários parâmetros, sendo que os filetes submetidos à preparação com sumo de limão apresentaram a menor dureza ($1,65 \pm 0,01$ N), gomosidade ($68,71 \pm 0,40$ g), mastigabilidade ($107,09 \pm 15,86$ g.mm) e elasticidade ($1,78 \pm 0,45$ mm). Em contrapartida, os filetes preparados com azeite, alho e orégãos tiveram a maior dureza ($3,97 \pm 0,49$ N), gomosidade ($202,26 \pm 27,92$ g), mastigabilidade ($473,47 \pm 52,84$ g.mm). Os filetes preparados com salmoura obtiveram a menor adesividade ($3,66 \pm 0,701$ g.s) e maior elasticidade ($2,50 \pm 0,23$ mm). Os filetes sujeitos à preparação de vinagre de framboesa tiveram a menor coesividade ($0,39 \pm 0,04$). E por fim, os filetes de controlo, ou seja, cozidos em *sous-vide* sem adição de qualquer ingrediente, apresentaram maior coesividade ($0,58 \pm 0,10$) e adesividade ($-2,64 \pm 0,62$ g.s).

Tabela 3.8. Atributos de dureza (N), coesividade, gomosidade (g) mastigabilidade (g.mm), adesividade (g.s) e elasticidade (mm) do parâmetro de textura (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).

Atributos de textura	Preparação /Receita							ANOVA (valor <i>p</i>)
	Controlo	Infusão hortelã	Azeite, alho e orégãos	Salmoura	Sumo limão	Vinagre gengibre	Vinagre framboesa	
Dureza (N)	2,63 \pm 0,29 ^{ab}	2,48 \pm 0,65 ^{ab}	3,97 \pm 0,49 ^c	2,94 \pm 0,08 ^{bc}	1,65 \pm 0,01 ^a	3,12 \pm 0,16 ^{bc}	3,44 \pm 0,55 ^{bc}	<0,001
Coesividade	0,58 \pm 0,10	0,44 \pm 0,03	0,500 \pm 0,015	0,46 \pm 0,02	0,44 \pm 0,06	0,44 \pm 0,11	0,39 \pm 0,04	0,062
Gomosidade (g)	154,19 \pm 29,49 ^{bc}	113,50 \pm 35,98 ^{ab}	202,26 \pm 27,92 ^c	137,79 \pm 8,38 ^{bc}	68,71 \pm 0,40 ^a	160,34 \pm 17,36 ^{bc}	137,17 \pm 29,65 ^{bc}	<0,001
Mastigabilidade (g.mm)	346,97 \pm 43,79 ^{bc}	270,74 \pm 32,56 ^b	473,47 \pm 52,84 ^d	345,67 \pm 51,90 ^{bc}	107,09 \pm 15,86 ^a	437,34 \pm 51,29 ^{cd}	293,82 \pm 47,32 ^b	<0,001
Adesividade (g.s)	-2,64 \pm 0,62	-2,97 \pm 0,65	-3,30 \pm 0,58	-3,66 \pm 0,70	-2,83 \pm 0,52	-3,29 \pm 0,45	-3,08 \pm 0,40	0,547
Elasticidade (mm)	2,29 \pm 0,38	1,88 \pm 0,30	2,35 \pm 0,07	2,50 \pm 0,23	1,78 \pm 0,45	2,49 \pm 0,40	2,17 \pm 0,35	0,109

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3) com as mesmas letras (a, b, c, d) não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p > 0,05$).

Os atributos de dureza (ANOVA, $F_{(6)}=10,680$; $p < 0,001$), gomosidade (ANOVA, $F_{(6)}=8,582$; $p < 0,001$) e mastigabilidade (ANOVA, $F_{(6)}=22,409$; $p < 0,001$) apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as preparações/receitas, contrariamente aos restantes atributos coesividade (ANOVA, $F_{(6)}=2,650$; $p=0,062$), adesividade (ANOVA,

$F_{(6)}=0,859$; $p=0,547$) e elasticidade (ANOVA, $F_{(6)}=2,173$; $p=0,109$), que não evidenciaram significância estatística (Apêndice J).

No estudo de Díaz et al. (2010), embora para uma outra espécie, salmão (*Salmo salar*) tratado com salmoura e azeite cozido em *sous-vide*, também registaram um aumento na dureza, gomosidade e mastigabilidade em relação ao controlo, como acontece neste estudo para o tratamento com azeite, alho e orégãos.

Em termos de cor (Tabela 3.9), os filetes sujeitos à preparação de salmoura, registaram o maior valor de $^{\circ}h$ ($113,26 \pm 14,75$), e o menor valor de a^* ($-2,83 \pm 1,58$), b^* ($5,10 \pm 0,50$) e C^* ($6,00 \pm 1,00$). Entretanto, os filetes submetidos à receita de infusão de hortelã, tiveram maior valor de b^* ($10,46 \pm 3,18$) e C^* ($11,84 \pm 1,22$). Os filetes preparados com sumo de limão apresentaram menor valor de $^{\circ}h$ ($81,75 \pm 12,97$) e maior valor de L^* ($67,89 \pm 2,00$). Contrariamente, os filetes sujeitos à preparação com azeite, alho e orégãos obtiveram menor valor de L^* ($57,87 \pm 4,18$). Por último, os filetes de controlo foram os únicos que tiveram no atributo de a^* uma média positiva ($0,38 \pm 2,23$).

Tabela 3.9. Atributos de L (luminosidade, 0 – preto e 100 – branco), a (- verde e + vermelho), b (- azul e + amarelo), C (croma, saturação das cores) e $^{\circ}h$ (ângulo de tonalidade) (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).

Atributos de cor	Preparação/Receita							ANOVA (valor p)
	Controlo	Infusão hortelã	Azeite, alho e orégãos	Salmoura	Sumo limão	Vinagre gengibre	Vinagre framboesa	
L^*	$66,06 \pm 4,91$	$63,97 \pm 0,76$	$57,87 \pm 4,18$	$59,45 \pm 6,98$	$67,89 \pm 2,00$	$59,82 \pm 1,34$	$58,29 \pm 8,32$	0,126
a^*	$0,38 \pm 2,23$	$-0,11 \pm 0,79$	$-0,73 \pm 0,32$	$-2,83 \pm 1,58$	$-0,65 \pm 0,83$	$-0,90 \pm 1,36$	$-0,14 \pm 0,88$	0,143
b^*	$9,34 \pm 1,81$	$10,46 \pm 3,18$	$7,89 \pm 1,91$	$5,10 \pm 0,50$	$7,14 \pm 4,13$	$9,44 \pm 2,90$	$10,00 \pm 2,07$	0,219
C^*	$9,86 \pm 1,02$	$11,84 \pm 1,22$	$8,05 \pm 1,95$	$6,00 \pm 1,00$	$8,22 \pm 2,69$	$9,57 \pm 2,80$	$10,03 \pm 2,07$	0,059
$^{\circ}h$	$84,70 \pm 17,40^{ab}$	$91,11 \pm 4,15^{ab}$	$99,69 \pm 0,44^{ab}$	$113,26 \pm 14,75^b$	$81,75 \pm 12,97^a$	$97,11 \pm 8,73^{ab}$	$91,30 \pm 5,01^{ab}$	0,048

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3) com as mesmas letras (a, b) não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p>0,05$). h

Apenas no $^{\circ}h$ se observaram diferenças estatisticamente significativas, embora marginalmente (ANOVA, $F_{(6)}= 2,883$; $p=0,0481$) (Apêndice K). Aparentemente, as preparações testadas não originaram alterações significativas da cor, enquanto conjunto de

parâmetros medidos instrumentalmente, embora o painel sensorial tenha salientado diferenças significativas na aparência e na cor (subsecção 3.3.). De facto, existem características (organoléticas) dos alimentos que são “demasiado complexas” para análise instrumental.

Na avaliação do pH (Tabela 3.10), os filetes submetidos à receita de sumo de limão tiveram o menor pH ($5,01 \pm 0,13$) e os filetes processados com a infusão de hortelã apresentaram o maior pH ($6,27 \pm 0,10$). Foram verificadas diferenças estatisticamente significativas (ANOVA, $F_{(6)}=101,889$; $p<0,001$) ente as diferentes receitas (Apêndice L).

Segundo Espinosa *et al.* (2015a) e Giavasis *et al.* (2012), registaram-se valores de pH inferiores em filetes de douradas (*Sparus aurata*) e de truta (*Oncorhynchus mykiss*) quando cozidos em *sous-vide* juntamente com azeite e vinagre, e ácido cítrico, respetivamente. No estudo de Cosansu *et al.* (2013) obtiveram valor de pH de $5,08 \pm 0,08$ para filetes da espécie *Merlangius merlangus* com sumo de limão cozidos em *sous-vide*; neste estudo relata também que se acredita que para melhor preservação é necessário um valor de pH inferior a 5,7. A preparação com sumo de limão possui ácido cítrico na sua composição, contribuindo decisivamente para o menor pH, o que melhora o produto a nível de segurança alimentar. No entanto, os valores obtidos do pH são superiores a 4,6; logo ainda existe um risco de segurança alimentar devido ao desenvolvimento de esporos de *C. botulinum* e à produção de toxinas.

Tabela 3.10. pH (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).

Parâmetro de pH	Preparação/Receita							ANOVA (valor <i>p</i>)
	Controlo	Infusão hortelã	Azeite, alho e orégãos	Salmoura	Sumo limão	Vinagre gengibre	Vinagre framboesa	
	$6,17 \pm 0,02^b$	$6,27 \pm 0,10^b$	$6,26 \pm 0,09^b$	$6,18 \pm 0,17^b$	$5,01 \pm 0,13^a$	$5,15 \pm 0,10^a$	$5,17 \pm 0,03^a$	<0,001

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3) com as mesmas letras (a, b) não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p>0,05$).

No que toca ao teor de humidade e à a_w das preparações (Tabela 3.11), os filetes sujeitos à receita de sumo de limão e os filetes de controlo, apresentaram menor a_w , ($0,946 \pm 0,012$) e ($0,946 \pm 0,009$) respetivamente. Os filetes preparados com sumo de limão tiveram menor teor de humidade ($76,19 \pm 0,51\%$). Os filetes submetidos à preparação com azeite, alho e orégãos obtiveram maior a_w ($0,966 \pm 0,001$) e os filetes processados com salmoura tiveram o maior teor de humidade ($81,92 \pm 2,08\%$).

Existem diferenças estatisticamente significativas entre preparações/receitas no teor de humidade (ANOVA, $F_{(6)}=4,193$; $p=0,013$), mas não existem para a_w (ANOVA, $F_{(6)}=1,953$; $p=0,142$) (Apêndice M).

No estudo de Altemio *et al.* (2021) com filetes de sorubim híbrido (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) cozidos em *sous-vide* com tratamento, maioritariamente em água e azeite, obtiveram um teor de humidade $75,45 \pm 0,59\%$. Por outro lado, González-Fandos *et al.* (2005) registaram um valor de a_w bastante próximo de 1 em fatias de salmão com azeite e sal cozidas em *sous-vide*. Verificando assim que os resultados neste estudo apresentam conformes nos estudos anteriores referidos.

Tabela 3.11. Atividade da água (a_w) e teor de humidade (%) (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparação através do teste ANOVA a 1 fator).

Parâmetros	Preparação/Receita							ANOVA (valor p)
	Controlo	Infusão hortelã	Azeite, alho e orégãos	Salmoura	Sumo limão	Vinagre gengibre	Vinagre framboesa	
Humidade (%)	77,34 \pm 0,57 ^{ab}	77,12 \pm 2,61 ^a	77,23 \pm 0,70 ^{ab}	81,92 \pm 2,08 ^b	76,19 \pm 0,51 ^a	76,41 \pm 2,76 ^a	76,30 \pm 0,53 ^a	0,013
a_w	0,946 \pm 0,009	0,952 \pm 0,013	0,966 \pm 0,001	0,959 \pm 0,011	0,946 \pm 0,012	0,952 \pm 0,002	0,955 \pm 0,001	0,142

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3); médias com as mesmas letras (a, b) não são estatisticamente significativas (teste Tukey, $p>0,05$).

As preparações não alteraram significativamente o teor de humidade em comparação com o controlo. Simplisticamente, a_w consiste “na água livre”, que se encontra disponível para reações químicas e facilita o crescimento de microrganismos (Pitombo & Lima, 2003; Silva *et al.*, 2008). É, por isso, importante reduzir a a_w , “idealmente” para valores abaixo de 0,90, visto que, valores superiores facilitam o crescimento bacteriano (Gava *et al.*, 2009; Hall, 2001; Koral *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2008; Tsironi & Taoukis, 2014). Todavia, neste caso é, de certa forma, expectável observar valores de a_w superiores a 0,90, pois os filetes foram cozidos no seu próprio líquido exsudado e com respetivos temperos no interior da embalagem, o que poderá resultar em condições que permitem o crescimento de microrganismos (Díaz *et al.*, 2010).

Finalmente, em termos capacidade de retenção de água (CRA), perda de água (PA) e perda de gordura (PG), os filetes submetidos à receita com sumo de limão apresentaram a menor CRA ($66,02 \pm 1,07\%$) e a maior PA ($30,18 \pm 1,33\%$) (Tabela 3.12). Em contrapartida, os filetes

sujeitos à preparação com vinagre de framboesa tiveram a maior CRA ($69,33 \pm 0,09\%$) e os filetes com salmoura tiveram a menor PA ($27,57 \pm 2,86\%$). Os filetes preparados com azeite, alho e orégãos obtiveram a maior PG ($3,56 \pm 0,06\%$) e os filetes preparados com vinagre de gengibre obtiveram a menor PG ($1,64 \pm 0,42\%$). Apenas o parâmetro PG apresentou diferenças estatisticamente significativas ($F_{(6)}=5,989$; $p=0,003$) entre as receitas (Apêndice N).

Tabela 3.12. Capacidade de retenção de água (CRA), perda de água (PA) e perda de gordura (PG) (média \pm desvio-padrão), em filetes de cavala, *S. colias*, sujeitas a cozimento *sous-vide* a 60 °C durante 3 min, com diferentes preparações/receitas (infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura a 5%; sumo de limão e vinagre de gengibre e de framboesa) (comparações através do teste ANOVA a 1 fator).

Parâmetros	Preparação/Receita							ANOVA (valor <i>p</i>)
	Controlo	Infusão hortelã	Azeite, alho e orégãos	Salmoura	Sumo limão	Vinagre gengibre	Vinagre framboesa	
CRA (%)	67,61 \pm 1,59	67,02 \pm 2,29	67,06 \pm 1,55	67,34 \pm 1,49	66,02 \pm 1,07	68,46 \pm 0,19	69,33 \pm 0,09	0,176
PA (%)	28,75 \pm 1,70	29,43 \pm 0,71	27,71 \pm 1,47	27,57 \pm 2,86	30,18 \pm 1,33	28,92 \pm 0,33	27,75 \pm 0,27	0,316
PG (%)	2,70 \pm 0,24 ^{ab}	2,25 \pm 0,11 ^{ab}	3,56 \pm 0,06 ^b	3,14 \pm 1,00 ^b	2,47 \pm 0,67 ^{ab}	1,64 \pm 0,42 ^a	1,74 \pm 0,19 ^a	0,003

Legenda: médias \pm desvios-padrão (n=3); médias com as mesmas letras (a, b) não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p>0,05$).

Resumidamente, após a avaliação dos parâmetros físico-químicos de qualidade dos filetes de cavala cozidos em *sous-vide* com diferentes preparações/receitas, observou-se que os filetes de controlo foram os únicos que tiveram valores de a^* positivos, ou seja, uma coloração vermelhada ($0,38 \pm 2,23$), maior coesividade ($0,58 \pm 0,10$) e adesividade ($-2,64 \pm 0,62$ g.s).

Os filetes com infusão de hortelã da ribeira foram os que apresentaram uma coloração mais amarelada ($b^* = 10,46 \pm 3,18$) e saturada ($C^* = 11,84 \pm 1,22$), devido à própria infusão ser um meio amarelado, e maior valor de pH ($6,27 \pm 0,10$), embora não tenha grande diferença em comparação com o controlo.

Os filetes preparados com azeite, alho e orégãos foram os obtiveram maior dureza ($3,97 \pm 0,49$ N), gomosidade ($202,26 \pm 27,92$ g), mastigabilidade ($473,47 \pm 52,84$ g.mm), atividade da água ($a_w = 0,97 \pm 0,00$) (embora o valor não seja significativo em relação às outras receitas) e perda de gordura (PG = $3,56 \pm 0,06\%$); e menor luminosidade ($L^* = 57,87 \pm 4,18$).

Os filetes tratados com salmoura a 5% tiveram a maior elasticidade ($2,50 \pm 0,23$ mm), coloração verdeada ($a^* = -2,83 \pm 1,58$), angulo de tonalidade ($^{\circ}h = 113,26 \pm 14,75$) e teor de

humidade ($81,92 \pm 2,08$ %); e menor adesividade ($3,66 \pm 0,701$ g.s), coloração amarelada ($b^* = 5,10 \pm 0,50$) e saturada ($C^* = 6,00 \pm 1,00$) e perda de água ($PA = 27,57 \pm 2,86\%$).

A receita com sumo de limão foi a que obteve maior luminosidade ($L^* = 67,89 \pm 2,00$) e perda de água ($PA = 30,18 \pm 1,33\%$); e menor dureza ($1,65 \pm 0,01$ N), gomosidade ($68,71 \pm 0,40$ g), mastigabilidade ($107,09 \pm 15,86$ g.mm), elasticidade ($1,78 \pm 0,45$ mm), angulo de tonalidade ($^{\circ}h = 81,75 \pm 12,97$), pH ($5,01 \pm 0,13$), teor de humidade ($76,19 \pm 0,51$ %) e capacidade de retenção de água ($CRA = 66,02 \pm 1,07\%$).

Os filetes com as preparações de vinagres, apresentaram maior capacidade de retenção de água ($CRA = 69,33 \pm 0,09\%$), e menor coesividade ($0,39 \pm 0,04$) e perda de gordura ($PG = 1,64 \pm 0,42\%$).

3.3. Avaliação sensorial das preparações de filetes de cavala com aplicação do cozimento *sous-vide*

Na prova sensorial, estiveram envolvidos $n=31$ provadores, sendo que 61,3% correspondiam ao sexo feminino e 38,7% ao sexo masculino. A maioria dos indivíduos encontrava-se na faixa etária dos 21-30 (32,3%) e dos 41-50 anos (29,0%). As situações profissionais “estudante” e “outra” foram as mais referidas pelos provadores, ambas com 29,0%. Quanto à frequência do consumo de pescado, mais de metade dos indivíduos respondeu consumir “até 3 vezes por semana” (61,3%), 35,5% referiu consumir “4 a 7 vezes por semana”, 3,2% “mais de 8 vezes por semana” e ninguém afirmou consumir “sempre” ou “nunca” (Figura 3.2).

A receita com vinagre de framboesa não foi sujeita a avaliação sensorial, uma vez que a combinação dos odores do peixe e do vinagre de framboesa se revelou bastante desagradável. E, visto que os valores obtidos nos parâmetros anteriores, quanto aos filetes com vinagre de framboesa e com vinagre de gengibre foram idênticos, não se considerou relevante esta análise.

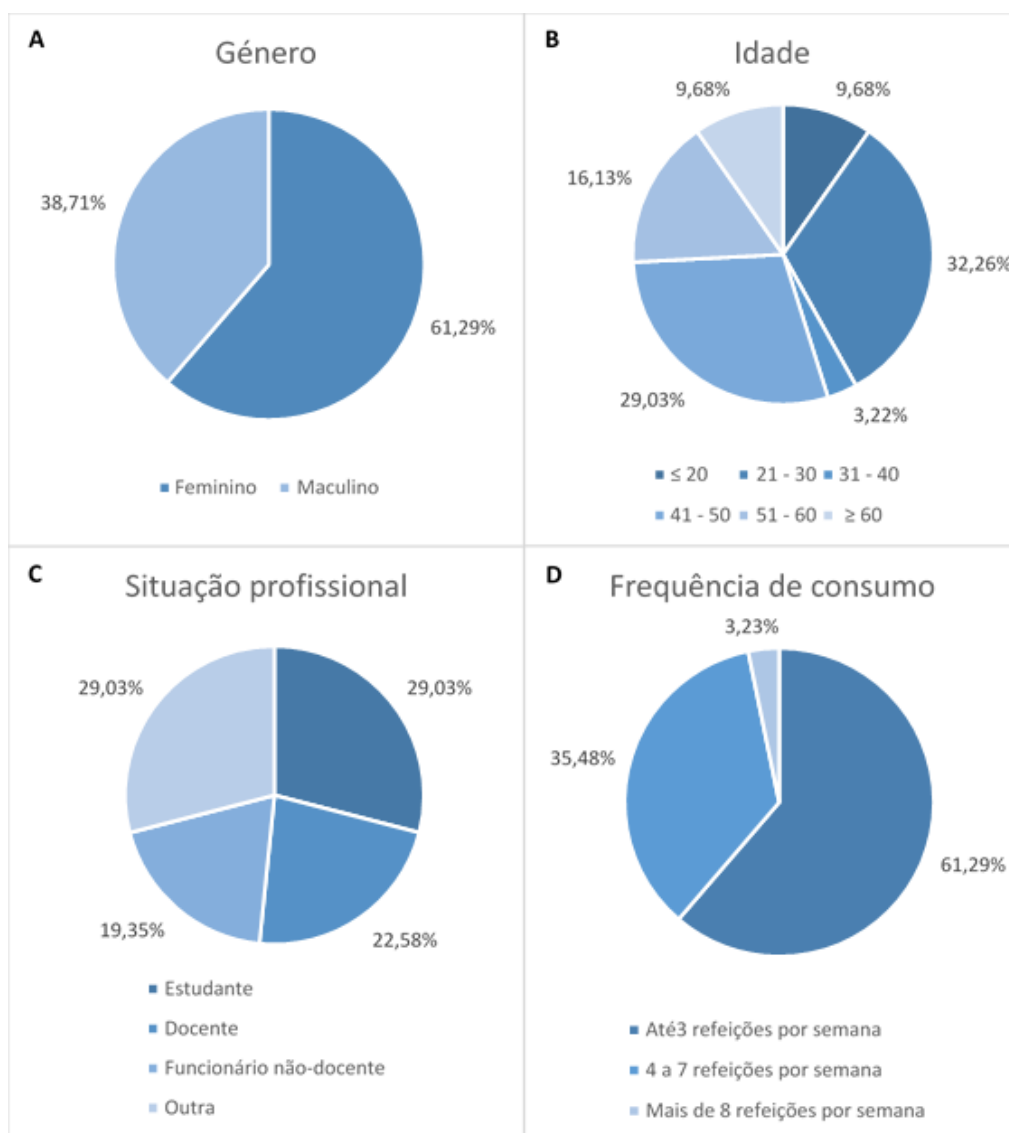


Figura 3.2. Caracterização dos provadores (n=31) envolvidos na análise sensorial das preparações de filetes de cavala cozidos em *sous-vide*. A – Género; B – Idade; C – Situação profissional; D – Frequência do Consumo

Dos seis tratamentos analisados sensorialmente, os provadores preferiram os filetes temperados com azeite, alho e orégãos quanto a todos os parâmetros avaliados (avaliação média igual ou superior a 5,5). Os filetes de controlo foram considerados os menos desejáveis quanto à aparência ($4,7 \pm 0,9$), cor ($4,6 \pm 1,0$), textura ($5,1 \pm 0,7$), e odor ($4,6 \pm 1,1$). Em relação ao sabor e ao sabor residual, os que obtiveram menores valores foram os filetes com infusão de hortelã, $4,3 \pm 1,0$ e $4,4 \pm 1,1$, respetivamente. Quanto à apreciação geral, os inquiridos consideraram os filetes de controlo e os temperados com sumo de limão, os menos preferidos ($4,6 \pm 1,1$) (Tabela 3.13). Existem diferenças estatisticamente significativas (ANOVA, $p < 0,022$) em todos os atributos sensoriais entre as diferentes receitas (Apêndice O).

Tabela 3.13. Características organoléticas (aparência, cor, textura, odor, sabor, sabor residual e apreciação geral) avaliadas pelos inquiridos na análise sensorial (média \pm desvio-padrão) dos filetes cozidos em *sous-vide* a 60 °C durante 3 min, com as diferentes preparações/receitas (controlo; infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura; sumo de limão e vinagre de gengibre) (comparações entre preparações/receitas através de ANOVA a 1 fator).

Preparações /Receitas	Aparência	Cor	Textura	Odor	Sabor	Sabor residual	Apreciação geral
Controlo	4,7 \pm 0,9 ^a	4,6 \pm 1,0 ^a	5,1 \pm 0,7 ^a	4,6 \pm 1,1 ^a	4,4 \pm 1,1 ^{abc}	4,5 \pm 1,1 ^a	4,6 \pm 1,1 ^a
Infusão de hortelã da ribeira	4,8 \pm 1,1 ^a	4,9 \pm 1,0 ^a	5,3 \pm 0,8 ^{ab}	4,8 \pm 0,9 ^a	4,3 \pm 1,0 ^{ab}	4,4 \pm 1,1 ^a	4,6 \pm 1,0 ^a
Azeite, alho e orégãos	5,6 \pm 0,6 ^b	5,6 \pm 0,6 ^b	5,7 \pm 0,5 ^b	5,5 \pm 0,6 ^b	5,5 \pm 1,0 ^d	5,3 \pm 0,9 ^b	5,5 \pm 0,9 ^b
Salmoura	5,0 \pm 0,6 ^{ab}	4,9 \pm 0,7 ^a	5,2 \pm 0,6 ^{ab}	4,8 \pm 0,8 ^a	5,2 \pm 0,9 ^{bcd}	5,1 \pm 0,9 ^{ab}	5,1 \pm 0,8 ^{ab}
Sumo de limão	5,1 \pm 1,0 ^{ab}	5,1 \pm 0,9 ^{ab}	5,1 \pm 0,7 ^a	4,9 \pm 0,9 ^a	4,7 \pm 1,3 ^{abcd}	4,5 \pm 1,4 ^{ab}	4,6 \pm 1,1 ^a
Vinagre de gengibre	5,1 \pm 0,9 ^{ab}	5,1 \pm 0,8 ^{ab}	5,2 \pm 0,9 ^{ab}	4,8 \pm 0,8 ^a	4,6 \pm 1,1 ^{abc}	4,6 \pm 1,2 ^{ab}	4,6 \pm 1,1 ^a
ANOVA (valor <i>p</i>)	0,004	<0,001	0,022	0,001	<0,001	0,006	0,001

Legenda: avaliações dos atributos sensoriais usando escala hedónica de 6 níveis, 1-"Muito desagradável" a 6-"Muito agradável" adaptada de Meilgaard *et al.* (2016). Médias \pm desvios-padrão (n=31) com as mesmas letras (a, b, c, d) numa coluna não são estatisticamente significativos (teste Tukey, $p > 0,05$).

A maioria dos provadores respondeu que compraria os filetes cozidos em *sous-vide* preparados com azeite, alho e orégãos (87,1%) e em salmoura (74,2%). No caso dos filetes com vinagre de gengibre (38,7%), infusão de hortelã (35,5%) e controlo (35,5%) os provadores responderam maioritariamente que “não comprariam”, sendo que os controlo (41,9%) e com infusão de hortelã (35,5%) obtiveram percentagens consideráveis de “talvez compraria” (Tabela 3.14).

Tabela 3.14. Análise da intenção de compra (%) pelos inquiridos para cada preparação/receita (controlo; infusão de hortelã da ribeira; azeite, alho e orégãos; salmoura; sumo de limão e vinagre de gengibre).

Compraria?	Controlo		Infusão hortelã		Azeite, alho e orégãos		Salmoura		Sumo limão		Vinagre gengibre	
Sim	7	22,58%	9	29,03%	27	87,10%	23	74,19%	12	38,71%	11	35,48%
Não	11	35,48%	11	35,48%	2	6,45%	5	16,13%	11	35,48%	12	38,71%
Talvez	13	41,94%	11	35,48%	2	6,45%	3	9,68%	8	25,81%	8	25,81%

Os filetes preparados com azeite, alho e orégãos foram considerados como a receita preferida por 2/3 dos provadores (67,7%), seguido da salmoura (19,4%). As receitas menos preferidas pelos indivíduos foram sumo de limão, infusão de hortelã da ribeira (ambas com 3,2%) e vinagre de gengibre (6,5%). Quase todos os provadores identificaram corretamente a sua receita preferida (87,1%) (Figura 3.3).

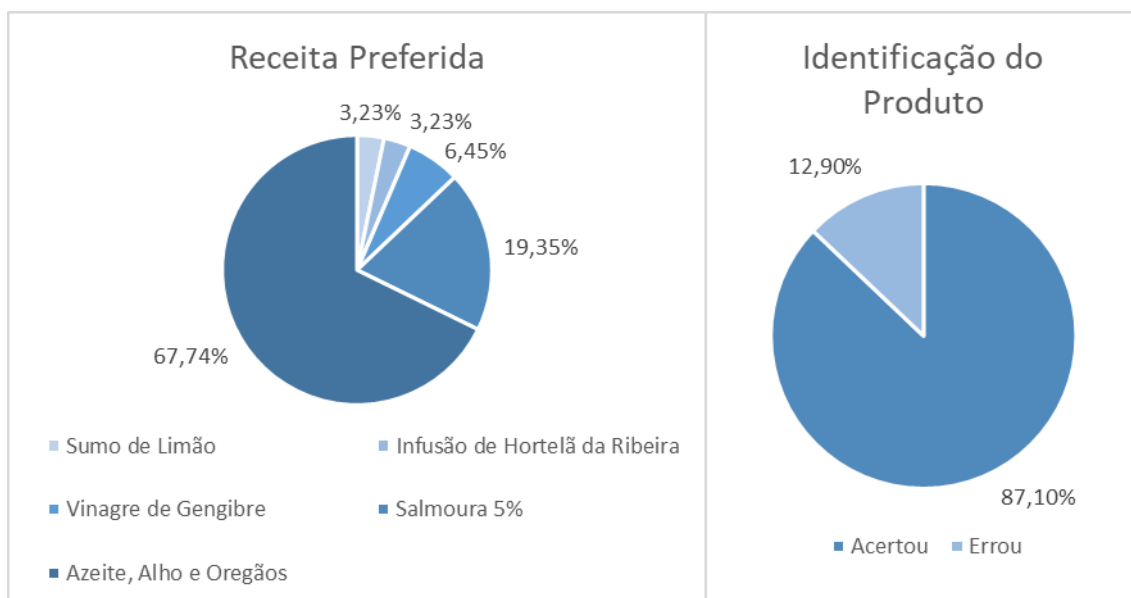


Figura 3.3. Receita preferida (%) pelos provadores (esq.). Identificação correta (%) da receita preferida pelos provadores (dir.).

Com os resultados obtidos na análise físico-química e na análise sensorial, pode-se especular uma preferência por filetes com maior dureza, gomosidade e mastigabilidade. Porém, a preferência pelas receitas com azeite, alho e orégãos e com salmoura, também se pode dever ao facto de serem alimentos bastante apreciados, facilmente aceites e utilizados diariamente pela população portuguesa.

4. Conclusão

A aplicação do processo de cozimento *sous-vide* a filetes de cavala (*S. colias*) foi estudada por meio da seleção dos binómios temperatura-tempo e dos efeitos de diferentes preparações alternativas de ingredientes naturais com reconhecidas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, sendo estas avaliadas através de vários parâmetros físico-químicos e sensoriais de qualidade. O binómio temperatura-tempo selecionado foi de 60 °C durante 3 min, pois apresentou um produto de características intermédias e interessantes, principalmente nos parâmetros de teor de humidade ($78,36 \pm 0,76\%$) e PG ($2,21 \pm 0,12\%$) e nos vários atributos da textura e cor, como a dureza ($2,47 \pm 0,15$ N), a gomosidade ($106,67 \pm 13,41$ g) a L* ($71,90 \pm 0,83$), o valor de b* ($11,29 \pm 0,80$) e de C* ($11,39 \pm 0,74$). Consoante os resultados obtidos na análise sensorial, verificou-se uma boa aceitabilidade de praticamente todas as receitas. Os filetes preparados com azeite, alho e orégãos foram os mais bem avaliados, sendo a receita preferida por 67,7% dos provadores, obtendo uma média igual ou superior a 5,5 (numa escala hedónica de 1-6) em todos os parâmetros sensoriais analisados, seguido dos filetes submetidos a salmoura que também apresentaram uma elevada aceitabilidade e intenção de compra (74,2%). Com este estudo pode-se especular uma preferência por filetes com maior dureza, gomosidade e mastigabilidade, no entanto, a preferência pelas receitas com azeite, alho e orégãos e com salmoura, também se pode dever ao facto de serem alimentos bastante apreciados, facilmente aceites e utilizados diariamente pela população portuguesa. Este trabalho explorou o potencial da aplicação do cozimento por *sous-vide* a filetes de cavala e elaboração de um produto pronto-a-consumir ou de conveniência, contudo é importante salientar que existe risco de segurança alimentar, principalmente devido ao pH elevado e às condições anaeróbias que podem contribuir para o desenvolvimento de esporos de *C. botulinum* e a produção de toxinas. Atendendo aos resultados obtidos, julga-se que a continuação do estudo será interessante do ponto de vista da investigação e poderá resultar num produto de pescado comercial.

5. Perspetivas de trabalhos futuros

Após uma análise crítica dos resultados deste estudo considera-se interessante dar continuidade a esta linha de estudo, aprofundando a otimização das condições de produção e respetivos efeitos usando parâmetros de qualidade físico-químicos e microbiológicos como, por exemplo, a determinação de compostos básicos voláteis (TMA e ABVT), aminas biogénicas (histamina, cadaverina, ou putrescina), compostos resultantes da oxidação lipídica (peróxidos e ácido tiobarbitúrico), da degradação proteica e da deterioração por microrganismos psicrotróficos e anaeróbios, e a análise sensorial através do método do índice de qualidade (QIM na sigla em Inglês). Estes parâmetros permitirão estudar as alterações de índole físico-química, microbiológica e sensorial que ocorrem durante a conservação dos filetes de cavala em *sous-vide*, não só para descrição da dinâmica dessas alterações, em termos de (perda de) qualidade/deterioração e segurança alimentar, mas também para a estimação do tempo de conservação útil do produto.

6. Bibliografia

Abbas, K.; Mohamed, A.; Jamilah, B.; Ebrahimian, M. (2008) A review on correlations between fish freshness and pH during cold storage. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, v. 4, n. 4, pp. 416-421.

Abd-El-Malek, A.; El-khateib, T. (2018) Prevalence of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat fish and its control by fresh lemon juice. *International Journal of Food Science and Nutrition*, v. 3, n. 2, pp. 49-57.

Akçar, H.; Gümüşkesen, A. (2011) Sensory evaluation of flavored extra virgin olive oil. *GIDA*, v. 36, n. 5, pp. 249-253.

Al-Ali, K.; Abdelrazik, M.; Hemeg, H.; Ozbak, H. (2014) Antibacterial activity of four herbal extracts against Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* Strains from patients in Almadinah hospital, Saudi Arabia. *International Journal of Academic Scientific Research*, v. 2, n. 2, pp. 27-34.

Alasalvar, C.; Miyashita, K.; Shahidi, F.; Wanasundara, U. (2011) *Handbook of seafood quality, safety and health*. John Wiley & Sons.

Alves, L.; Corrêa, S.; Rocha, J.; Amado, D.; Cottica, S.; Souza, M. (2020) Use of natural antioxidants in sous vide tilapia fillet. *Qualidade de Produtos de Origem Animal, Boletim de Indústria Animal*, v. 77, pp. 1-12. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1471>

Altemio, A.; Silva, T.; Merlo, T.; Fonseca, G. (2021) Development and evaluation of low-fat ready-made dishes prepared by the sous vide process from hybrid sorubim fillets by using different treatments. *Food Science and Applied Biotechnology*, v. 4, n. 2, pp. 138-146. <https://doi.org/10.30721/fsab2021.v4.i2.147>

Ayub, H.; Ahmad, A. (2019) Physiochemical changes in *sous-vide* and conventionally cooked meat. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 17, 100145. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100145>

Baiano, A.; Terracone, C.; Gambacorta, G.; Notte, E. (2009) Changes in quality indices, phenolic content and antioxidant activity of flavored olive oils during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 86, 1083. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1446-8>

Baldwin, D. (2012) Sous vide cooking: a review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 1, n. 1, pp. 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>

Berr, C.; Portet, F.; Carriere, I.; Akbaraly, T.; Feart, C.; Gourlet, V.; Combe, N.; Barberger-Gateau, P.; Ritchie, K. (2009) Olive oil and cognition: results from the three-city study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, v. 28, pp. 357-364.

Blikra, M.; Hodnefjell, Å.; Feyissa, A.; Skipnes, D. (2020) Dimensional change and cook loss during heating of fish: Problem formulation and semi-empirical modeling approach. *Journal of Food Engineering*, v. 281, 110004.

- Bongiorno, T.; Tulli, F.; Comi, G.; Sensidoni, A.; Andyanto, D.; Iacumin, L. (2018) Sous vide cook-chill mussel (*Mytilus galloprovincialis*): evaluation of chemical, microbiological and sensory quality during chilled storage (3 °C). *LWT – Food Science and Technology*, v. 91, pp. 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.005>
- Cao, L.; Rasco, B.; Tang, J.; Niu, L.; Lai, K.; Fan, Y.; Huang, Y. (2016) Effects of freshness on the cook loss and shrinkage of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets following pasteurization. *International Journal of Food Properties*, v. 19, n. 10, pp. 2297-2306. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1123271>
- Cheng, J.; Sun, D.; Han, Z.; Zeng, X. (2014) Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 13, n. 1, pp. 52-61. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12043>
- Cicerale, S.; Lucas, L.; Keast, R. (2012) Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory phenolic activities in extra virgin olive oil. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 23, n. 2, pp. 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.09.006>
- Coppes, Z.; Pavlisko, A.; Vecchi, S. (2002) Texture measurements in fish and fish products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v. 11, n. 1, pp. 89-105. https://doi.org/10.1300/J030v11n01_08
- Cosansu, S.; Mol, S.; Alakavuk, D.; Ozturan, S. (2013) The effect of lemon juice on shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). *Food and Bioprocess Technology*, v. 6, pp. 283-289. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0572-0>
- Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Standal, I.; Rustad, T. (2018) A non-invasive approach to assess texture changes in *sous-vide* cooked Atlantic mackerel during chilled storage by fluorescence imaging. *Food Control*, v. 92, pp. 216-224.
- Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Standal, I.; Rustad, T. (2019a) Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and *sous-vide* cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. *Food Control*, v. 104, pp. 1-8.
- Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Standal, I.; Rustad, T. (2019b) The influence of cooking parameters and chilled storage time on quality of *sous-vide* Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v. 28, pp. 505-518.
- Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Standal, I.; Aftret, K.; Rustad, T. (2019c) The effect of *sous-vide* cooking parameters, chilled storage and antioxidants on quality characteristics of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in relation to structural changes in proteins. *Food Technology & Biotechnology*, v. 57, n. 2, pp. 191-199.
- Decreto-Lei n.º 37/2004, de 26 de fevereiro. *Diário da República*, 1ª Série, n. 48, pp. 1006-1009.
- Díaz, P.; Garrido M.; Bañón, S. (2010) Spoilage of sous vide cooked salmon (*salmo salar*) stored under refrigeration. *Food Science and Technology International*, v. 17, n. 1, pp. 31-37. <https://doi.org/10.1177/1082013210368744>

Dogruyol, H.; Mol, S. (2015) Effect of irradiation on shelflife and microbial quality of cold-stored *sous-vide* mackerel fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 41, n. 2, e12804.

Dosoky, N.; Setzer, W. (2018) Biological activities and safety of Citrus spp. essential oils. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, n. 7, 1966.

Dowlati, M.; Mohtasebi, S.; Omid, M.; Razavi, S.; Jamzad, M.; Guardia, M. (2013) Avaliação da frescura da dourada (*Sparus aurata*) por visão de máquina com base nas alterações da cor das guelras e dos olhos. *Revista de Engenharia de Alimentos*, v. 119, n. 2, pp. 227-287. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.023>

Duarte, F. (2017) Caracterização da carne da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetida à dietas suplementadas com óleo de peixe. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Universidade Federal de Goiás.

Espinosa, M.; López, G.; Días, P.; Linares, M.; Garrido, M. (2015a) Development of a convenience and safety chilled *sous vide* fish dish: Diversification of aquacultural products. *Food Science and Technology International*, v. 22, n. 3, pp. 185-195. <https://doi.org/10.1177/1082013215582275>

Espinosa, M.; Días, P.; Linares, M.; Teruel, M.; Garrido, M. (2015b) Quality characteristics of sous vide ready to eat seabream processed by high pressure. *LWT – Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, pp. 657-662. <https://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.027>

Esteves, E. (2011) statistical analysis in food science. In: Cruz, R. (ed.) *Practical food and research*. Nova Science Publishers Inc., pp. 409-451.

Esteves, E. (2021) *Introdução à Análise Sensorial*. Departamento de Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve.

Esteves, E.; Diler, A.; Genç, I. (2016) General introduction to seafood quality and safety maintenance and applications. *Handbook of Seafood: Quality and Safety Maintenance and Applications*, Nova Science Publishers Inc., pp. 1-11.

Esteves, E.; Guerra, L.; Aníbal, J. (2021) Effects of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality and shelf-life of gray triggerfish (*Balistes capriscus*) Fillets. *Foods*, v. 10, n. 250. <https://doi.org/10.3390/foods10020250>

Franco, M.; Galeano-Díaz, T.; López, Ó.; Fernández-Bolaños, J.; Sánchez, J.; Miguel, C.; Gil, M.; Martín-Vertedor, D. (2014) Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. *Food Chemistry*, v. 163, pp. 289-298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.091>

Gava, A.; Silva, C.; Frias, J. (2009). *Tecnologia de alimentos. Princípios e aplicações*, NBL Editora.

Giavasis, I.; Apostolopoulou, A.; Deirmentzoglou, A.; Katsanidis, E. (2012) Combined hurdle effects of process parameters on biochemical, microbiological and sensory attributes of trout

fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 38, n. 1, pp. 466-476. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00795.x>

Gonçalves, J.; Bentes, L.; Rangel, M.; Oliveira, F.; Monteiro, P.; Henriques, N.; Sousa, I.; Afonso, C.; Erzini, K. (2015) Valorização de recursos pesqueiros: Cavala VRP. CCMAR.

Gonçalves, J.; Blanc, N.; Brandão, C.; Paitio, J.; Rangel, M.; Monteiro, P.; Bentes, L.; Afonso, C.; Oliveira, F.; Erzini, K. (2006) Valorização de recursos pesqueiros: Cavala Algarvia. Universidade do Algarve, CCMAR.

González-Fandos, E.; Villarino-Rodríguez, A.; García-Linares, M.; García-Arias, M.; García-Fernández, M. (2005) Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food Control*, v. 16, n. 1, pp. 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.11.011>

Guan, W.; Ren, X.; Li, Y.; Mao, L. (2019) The beneficial effects of grape seed, sage and oregano extracts on the quality and volatile flavor component of hairtail fish balls during cold storage at 4 °C. *LWT*, v. 101, pp. 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.024>

Hassoun, A.; Cropotova, J.; Rustad, T.; Heia, K.; Lindberg, S.; Nilsen, H. (2020) Use of spectroscopic techniques for a rapid and non-destructive monitoring of thermal treatments and storage time of *sous-vide* cooked cod fillets. *Sensors*, v. 20, n. 8, 2410. <https://doi.org/10.3390/s20082410>

Hall, G. (2001) Tecnología del procesado del pescado. Editorial Acribia S.A.

Huss, H. (1995) Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper*, n. 348, pp. 1-195.

Huss, H.; Ababouch, L.; Gram, L. (2003) Assessment and management of seafood safety and quality. *FAO Fisheries Technical Paper*, n. 444.

Ibrahim, M.; Amin, R.; Eleiwa, Z.; Ghanaym, H. (2018) Effect of marination on *Vibrio Parahaemolyticus* in *Tilapia* fillets. *Benha Veterinary Medical Journal*, v. 34, n. 2, pp. 234-245.

IFT (1981) Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. Sensory Evaluation Division, Institute of Food Technologists. *Food Technology*, v. 35, n. 11, pp. 50-59.

IPQ – Instituto Português da Qualidade (2007) NP EN ISSO 8589. Sensory analysis. General Guidance for Design of Test Rooms (ISO 8589:2007/Amd 1:2013).

ISO 5492:2008 Sensory analysis – Vocabulary. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

Kathuria, D.; Dhiman, A.; Attri, S. (2022) Sous vide, a culinary technique for improving quality of food products: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 119, pp. 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.031>

Koral, S.; Tufan, B.; Ščavničar, A.; Kočar, D.; Pompe, M.; Köse, S. (2013) Investigation of the contents of biogenic amines and some food safety parameters of various commercially salted

fish products. *Food Control*, v. 32, n. 2, pp. 597-606. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.043>

Liao, Q.; Wei, C.; Ying, L.; Guo, L.; Ouyang, H. (2021) Developing a machine vision system equipped with UV light to predict fish freshness based on fish-surface color. *Food and Nutrition Science*, v. 12, n. 3, pp. 239-248.

Maqsood, S.; Benjakul, S.; Abushelaibi, A.; Alam, A. (2014) Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: a detailed review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 13, n. 6, pp. 1125-1140.

Mendes, R.; Silva, H.; Oliveira, P.; Oliveira, L.; Teixeira, B. (2021) Quality of frozen hake fillets in the portuguese retail market: a case study of inadequate practices in the european frozen white fish market. *Foods*, v. 10, n. 4, 848. <https://doi.org/10.3390/foods10040848>

Meilgaard, M.; Carr, B.; Civille, G. (2016) *Sensory Evaluation Techniques*, Fifth Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group.

Meldrum, B. (2000) Glutamate as a Neurotransmitter in the Brain: Review of Physiology and Pathology. *The Journal of Nutrition*, v. 130, n. 4, pp. S1007-S1015. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.1007S>

Miguel, M.; Barros, L.; Pereira, C.; Calhelha, R.; Garcia, P.; Castro, M.; Buelga, C.; Ferreira, I. (2016) Chemical characterization and bioactive properties of two aromatic plants: *Calendula officinalis* L. (flowers) and *Mentha cervina* L. (leaves). *Food & Function*, v. 7, n. 5, pp. 2223-2232.

Mol, S.; Ozturan, S.; Cosansu, S. (2011) Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordman, 1840) stored at cold (4C) and temperature abuse (12C). *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 36, n. 6, pp. 497-503.

Mouritsen, O.; Styrbaek, K. (2018) Cephalopod gastronomy – a promise for the future. *Frontiers in Communication*, v. 3, n. 38. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2018.00038>

Ndelekwute, E.; Assam, E.; Unah, U.; Assam, E.; Okonkwo, A. (2019) Antibacterial action and dietary effect of lemon juice on nutrient digestibility and growth performance of broiler chickens. *Nigerian Journal of Animal Production*, v. 46, n. 2, pp. 102-110.

Nieto, G.; Lorenzo, J. (2021) Use of olive oil as fat replacer in meat emulsions. *Current Opinion in Food Science*, v. 40, pp. 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.007>

Nollet, L.; Toldrá, F. (2010) *Handbook of seafood and seafood products analysis*. CRC Press, Taylor & Francis Group.

Okanda, K.; Ueda, Y.; Oyabu, J.; Ogasawara, N.; Hirayama, A.; Kodama, K. (2007) Plaque color analysis by the conventional yellow-color grading system and quantitative measurement using LCH color space. *Journal of Interventional Cardiology*, v. 20, n. 5, pp. 324-334. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8183.2007.00276.x>

- Olatunde, O.; Benjakul, S. (2018) Natural preservatives for extending the shelf-life of seafood: a revisit. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 18, n. 6, pp. 1595-1612.
- Ozogul, Y.; Balikci, E. (2013) Effect of various processing methods on quality of mackerel (*Scomber scombrus*). *Food Bioprocess Technology*, v. 6, pp. 1091-1098. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0641-4>
- Paiva-Martins, F.; Rodrigues, V.; Calheiros, R.; Marques, M. (2010) Characterization of antioxidant olive oil biophenols by spectroscopic methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 91, n. 2, pp. 309-314. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4186>
- Perestrelo, R.; Silva, C.; Silva, P.; Câmara, J. (2017) Global volatile profile of virgin olive oils flavoured by aromatic/medicinal plants. *Food Chemistry*, v. 227, pp. 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.090>
- Politi, M.; Rodrigues, C.; Gilão, M.; Pintado, M.; Castro, P. (2008) Antioxidant principles and volatile constituents from the north-western iberian mint “erva-peixeira”, *Mentha cervina*. *Natural Product Communications*, v. 3, n. 12, pp. 2065-2068.
- Porfírio, A. (2017) *Biologia do crescimento da cavala (Scomber colias) na costa portuguesa*. Mestrado em Ecologia Marinha, Departamento de Biologia Animal, Universidade de Lisboa.
- Pitombo, R.; Lima, G. (2003) Nuclear magnetic resonance and water activity in measuring the water mobility in Pintado (*Pseudoplatystoma corruccans*) fish. *Journal of Food Engineering*, v. 58, n. 1, pp. 59-66. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00334-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00334-5)
- Qiu, X.; Wu, Y. (2021) Application of Taguchi method to improve the sous vide processed large yellow croaker (*Larimichthys crócea*) fillet product quality during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 45, n. 6, e15565.
- Rafael, A. (2017) *Formação de um painel sensorial para avaliação de produtos à base de tomate*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.
- Rocha, J.; Carvalho, S.; Politi, M.; Castro, P.; Pintado, M. (2009) Antimicrobial and antioxidante activity of diferente extracts of *Mentha cervina* from Portugal. *Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa | Porto*.
- Salehi, B.; Stojanović-Radić, Z.; Matejić, J.; Sharopov, F.; Antolak, H.; Kręgiel, D.; Sem, S.; Sharifi-Rad, M.; Acharya, K.; Sharifi-Rad, R.; Martorell, M.; Sureda, A.; Martins, N.; Sharifi-Rad, J. (2018) Plants of genus *Mentha*: from farm to food factory. *Plants*, v. 7, n. 3, 70. <https://doi.org/10.3390/plants7030070>
- Sampels, S. (2015) The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products. *Trends in Food Science & Technology*, v. 44, n. 2, pp.131-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.003>
- Santos, E. (2013) *Métodos de abate e qualidade da Tilápia do Nilo*. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, CAUNESP – como parte dos requisitos para

obtenção do título de Doutora, Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista.

Silva, V.; Silva, L.; Andrade, J.; Veloso, M.; Santos, G. (2008) Determination of moisture content and water activity in algae and fish by thermoanalytical techniques. *Química Nova*, v. 31, n. 4, pp. 901-905. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000400030>

Sousa, A.; Casal, S.; Malheiro, R.; Lamas, H.; Bento, A.; Pereira, J. (2015) Aromatized olive oils: influence of flavouring in quality, composition, stability, antioxidants, and antiradical potential. *LWT – Food Science and Technology*, v. 60, n. 1, pp. 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.026>

Stefanaki, A.; Andel, T. (2021) Chapter 3 – Mediterranean aromatic herbs and their culinary use. *Aromatic Herbs in Food*, pp. 93-121. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-822716-9.00003-2>

Szczesniak, A. (2002) Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, v. 13, n. 4, pp. 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)

Tavares, J.; Martins, A.; Fidalgo, L.; Lima, V.; Amaral, R.; Pinto, C.; Silva, A.; Saraiva, J. (2021) Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods*, v. 10, n. 4, 780. <https://doi.org/10.3390/foods10040780>

Traore, S.; Aubry, L.; Gatellier, P.; Przybylsky, W.; Jaworka, D.; Kajak-Siemaszko, K.; Santé-Lhoutellier, V. (2012) Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Science*, v. 90, n. 4, pp. 917-924. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.033>

Tsironi, T.; Taouki, P. (2014) Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish filets. *Journal of Food Engineering*, v. 123, pp. 188-192. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.020>

Valenzuela-Gutierrez, R.; Assunção-Leston, L.; Vargas-Albores, F.; Cicala, F.; Martínez-Porchas, M. (2021) Exploring the garlic (*Allium sativum*) properties for fish aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 47, pp. 1179-1198. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-00952-7>

Vasconcelos, I. (2022) Peixes azuis. *Teste Saúde, Deco Proteste*, v. 155, pp. 18-19.

Vasconcelos, J.; Dias, M.; Faria, G. (2011) Age and growth of the Atlantic chub mackerel *Scomber colias* Gmelin, 1789 off Madeira Island. *Arquipélago, Life and Marine Sciences*, v. 28, pp. 57-70.

Wells, N.; Yusufu, D.; Mills, A. (2019) Colourimetric plastic film indicator for the detection of the volatile basic nitrogen compounds associated with fish spoilage. *Talanta*, v. 194, pp. 830-836. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.11.020>

Xi, W.; Liu, Y.; Zhao, W.; Hu, R.; Luo, X. (2021) Colored radiative cooling: how to balance color display and radiative cooling performance. *International Journal of Thermal Sciences*, v. 170, 107172. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.107172>

Zavadlav, S.; Blažić, M.; Velje, F.; Vignatti, C.; Fenoglio, C.; Piagentini, A.; Pirovani, M.; Perotti, C.; Kovačević, D.; Putnik, P. (2020) *Sous-vide* as a technique for preparing healthy and high-quality vegetable and seafood products. *Foods*, v. 9, n. 11, 1537. <https://doi.org/10.3390/foods9111537>

Zhou, M.; Ling, Y.; Chen, F.; Wang, C.; Qiao, Y.; Xiong, G.; Wang, L.; Wu, W.; Shi, L.; Ding, A. (2022) Effect of high hydrostatic pressure combined with *sous-vide* treatment on the quality of largemouth bass during storage. *Foods*, v. 11, n. 13, 1931. <https://doi.org/10.3390/foods11131931>

7. Apêndices

7.1. Apêndice A

Questionário fornecido aos inquiridos, de forma a avaliar os filetes de cavala cozidos em *sous-
vide* em cada preparação/receita.

Filetes de cavala cozidos em sous-*vide*

A cavala, *Scomber colias* (espécie da família Scombridae), é uma das espécies de pescado mais abundantes na costa portuguesa, capturada com redes de cerco e não tem um grande valor económico.

O músculo do pescado é considerado bastante saudável, mas é altamente suscetível à deterioração devido aos seus altos teores proteicos e de ácidos gordos polinsaturados. O termo francês “sous-*vide*”, i.e. cozinhar “sob vácuo”, corresponde ao tratamento térmico de alimentos previamente embalados a vácuo sob condições controladas de temperatura (abaixo de 100°C) e tempo. Implica o uso de temperaturas de aquecimento mais baixas (abaixo de 100 °C) e tempos de cocção mais longos em comparação com os procedimentos tradicionais. O processo de sous-*vide* oferece vários benefícios relacionados com a preservação da qualidade e características sensoriais em comparação com os métodos tradicionais de tratamento térmico. Os conservantes naturais e tradicionais, com excelentes propriedades antioxidantes e antimicrobianas, já têm sido testados e usados no processamento de pescado.

Neste estudo, depois de otimizado o processo de sous-*vide*, nesta 2ª fase do trabalho prepararam-se diferentes preparações de filetes de cavala em sous-*vide*: controlo (sem ingredientes); em infusão de hortelã da ribeira; em azeite, alho e orégãos; em salmoura a 5%; com sumo de limão; e com vinagre de gengibre.

O preenchimento do questionário contribui de modo a estabelecer, qual das receitas de filetes de cavala cozidos em sous-*vide* é a mais agradável para o público geral.

Desde já, muito obrigado pela sua participação!

Dados pessoais

Género? *

- Feminino
- Masculino
- Outro

Idade? *

- ≤ 20
- 21 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- ≥ 60

Situação profissional *

- Estudante
- Docente
- Funcionário não-docente
- Investigador
- Outra

Com que frequência consome pescado ou produtos da pesca ou aquacultura? *

- Nunca
- Até 3 refeições por semana
- 4 a 7 refeições por semana
- Mais de 8 refeições por semana
- Sempre

Amostras de filete de cavala

Avalie as características das amostras usando a escala de 6 níveis de "Muito desagradável" a "Muito agradável"

Nº amostra *

A sua resposta _____

Avaliação *

Deve assinalar a opção conforme a sua opinião e apenas uma opção para cada linha (parâmetro).

	Muito desagradável	Desagradável	Pouco desagradável	Pouco agradável	Agradável	Muito agradável
Aparência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor residual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciação geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compraria? *

- Sim
- Não
- Talvez

Nº amostra *

A sua resposta _____

Avaliação *

Deve assinalar a opção conforme a sua opinião e apenas uma opção para cada linha (parâmetro).

	Muito desagradável	Desagradável	Pouco desagradável	Pouco agradável	Agradável	Muito agradável
Aparência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor residual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciação geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compraria? *

- Sim
- Não
- Talvez

Nº amostra *

A sua resposta _____

Avaliação *

Deve assinalar a opção conforme a sua opinião e apenas uma opção para cada linha (parâmetro).

	Muito desagradável	Desagradável	Pouco desagradável	Pouco agradável	Agradável	Muito agradável
Aparência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor residual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciação geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compraria? *

- Sim
- Não
- Talvez

Nº amostra *

A sua resposta _____

Avaliação *

Deve assinalar a opção conforme a sua opinião e apenas uma opção para cada linha (parâmetro).

	Muito desagradável	Desagradável	Pouco desagradável	Pouco agradável	Agradável	Muito agradável
Aparência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor residual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciação geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compraria? *

- Sim
- Não
- Talvez

Nº amostra *

A sua resposta _____

Avaliação *

Deve assinalar a opção conforme a sua opinião e apenas uma opção para cada linha (parâmetro).

	Muito desagradável	Desagradável	Pouco desagradável	Pouco agradável	Agradável	Muito agradável
Aparência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor residual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciação geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compraria? *

- Sim
- Não
- Talvez

Nº amostra *

A sua resposta _____

Avaliação *

Deve assinalar a opção conforme a sua opinião e apenas uma opção para cada linha (parâmetro).

	Muito desagradável	Desagradável	Pouco desagradável	Pouco agradável	Agradável	Muito agradável
Aparência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor residual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciação geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compraria? *

- Sim
- Não
- Talvez

Conclusão

Qual foi a receita que mais gostou? *

A sua resposta _____

Consegue identificar a preparação da receita que mais gostou? *

Sem temperos
 Infusão de hortelã da ribeira
 Azeite, alho e orégãos
 Salmoura
 Sumo de limão
 Vinagre de Gengibre

7.2. Apêndice B

Tabela com os pesos das cavalas inteiras e dos filetes, e o cálculo do rendimento da filetagem, da média e do desvio-padrão.

#	Cavala (g)	Filete (g)	Filete (g)	Soma Filetes (g)	Rendimento da filetagem (%)
1	75,9	13,9	14,6	28,5	37,55
2	84,4	18,1	15,9	34	40,28
3	97,2	18,6	20,6	39,2	40,33
4	83,5	15,3	18,8	34,1	40,84
5	100,8	20,7	20,8	41,5	41,17
6	93,7	17	20,2	37,2	39,70
7	78	16,8	15,4	32,2	41,28
8	93,4	16,8	21,2	38	40,69
9	77,9	15,3	18,2	33,5	43,00
10	88,1	18,2	16,3	34,5	39,16
11	83,8	19,2	15	34,2	40,81
12	86,1	17,8	14,7	32,5	37,75
Média	86,9	17,5		35,0	40,21
Desvio-padrão	8,0	2,2		3,5	1,52

7.3. Apêndice C

Tabela do teor de perda por gotejamento (“drip-loss”), em percentagem, entre os pesos dos filetes congelados e dos filetes descongelados, para os ensaios da seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

#	Peso Congelado (g)	Peso Descongelado (g)	Perda por gotejamento (%)
1	16,33	16,28	0,31
2	14,05	13,98	0,50
3	17,95	17,77	1,01
4	14,5	14,37	0,90
5	19,06	18,92	0,74
6	17,43	17,32	0,64
Média	16,55	16,44	0,68
Desvio-padrão	1,98	1,95	0,26

7.4. Apêndice D

Tabela do Teste ANOVA do teor de perda de cozimento para os ensaios para seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

Fonte de variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor <i>P</i>
Tempo	102,912	2	51,456	24,113	<0,001
Tratamento	55,604	2	27,802	13,028	<0,001
Interação	74,694	4	18,674	8,751	<0,001
Erro	38,411	18	2,134		
Total	271,622	26			

7.5. Apêndice E

Tabela do Teste ANOVA dos atributos da dureza, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, adesividade e elasticidade para os ensaios para seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

ANOVA						
	Fonte de variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor <i>P</i>
Dureza	Tempo	0,134	2	0,067	0,669	0,522
	Tratamento	17,899	2	8,950	89,023	<0,001
	Interação	2,017	4	0,504	5,017	0,005
	Erro	2,312	23	0,101		
	Total	25,269	32			

Coesividade	Tempo	0,533	2	0,266	68,828	<0,001
	Tratamento	0,004	2	0,002	0,551	0,584
	Interação	0,287	4	0,072	18,552	<0,001
	Erro	0,089	23	0,004		
	Total	0,915	32			
Gomosidade	Tempo	6896,410	2	3448,205	4,725	0,019
	Tratamento	4626,684	2	23130,342	31,693	<0,001
	Interação	6895,460	4	1723,865	2,362	0,083
	Erro	16786,173	23	729,834		
	Total	86666,627	32			
Mastigabilidade	Tempo	22915,408	2	11457,704	3,803	0,037
	Tratamento	287343,957	2	143671,979	47,688	<0,001
	Interação	96206,173	4	24051,543	7,983	<0,001
	Erro	69292,714	23	3012,727		
	Total	505344,555	32			
Adesividade	Tempo	7,487	2	3,744	17,428	<0,001
	Tratamento	9,890	2	4,945	23,022	<0,001
	Interação	6,591	4	1,648	7,671	<0,001
	Erro	4,941	23	0,215		
	Total	42,850	32			
Elasticidade	Tempo	0,389	2	0,195	1,449	0,255
	Tratamento	8,091	2	4,045	30,115	<0,001
	Interação	2,037	4	0,509	3,792	0,016
	Erro	3,090	23	0,134		
	Total	13,889	32			

7.6. Apêndice F

Tabela do Teste ANOVA dos atributos de L*, a*, b*, C* e °h para os ensaios para seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

ANOVA						
	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
Cor - L*	Tempo	533,155	2	266,578	36,301	<0,001
	Tratamento	1191,715	2	595,857	81,141	<0,001
	Interação	302,038	4	75,509	10,283	<0,001
	Erro	168,900	23	7,343		
	Total	7443,900	32			
Cor - a*	Tempo	11,184	2	5,592	11,092	<0,001
	Tratamento	3,703	2	1,852	3,673	0,041
	Interação	3,882	4	0,970	1,925	0,140
	Erro	11,595	23	0,504		
	Total	47,247	32			
Cor - b*	Tempo	90,827	2	45,414	22,360	<0,001
	Tratamento	68,877	2	34,438	16,956	<0,001
	Interação	55,187	4	13,797	6,793	<0,001
	Erro	46,714	23	2,031		
	Total	779,898	32			
Cor - C*	Tempo	73,268	2	36,634	23,329	<0,001
	Tratamento	57,819	2	28,910	18,410	<0,001
	Interação	46,316	4	11,579	7,374	<0,001
	Erro	36,117	23	1,570		
	Total	445,297	32			
Cor - °h	Tempo	1473,031	2	736,516	7,058	0,004
	Tratamento	852,411	2	426,206	4,085	0,030
	Interação	668,013	4	167,003	1,600	0,208
	Erro	2399,946	23	104,345		
	Total	33243,086	32			

7.7. Apêndice G

Tabela do Teste ANOVA do pH para os ensaios para seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

ANOVA					
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
Tempo	0,013	2	0,007	0,712	0,501
Tratamento	0,069	2	0,034	3,655	0,042
Interação	0,062	4	0,015	1,650	0,196
Erro	0,276	23	0,009		
Total	1,493	32			

7.8. Apêndice H

Tabela do Teste ANOVA do teor de humidade e da atividade da água (a_w) para os ensaios para seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

ANOVA						
	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
Humidade	Tempo	14,585	2	7,293	9,201	0,001
	Tratamento	26,124	2	13,062	16,481	<0,001
	Interação	8,366	4	2,091	2,639	0,060
	Erro	18,229	23	0,793		
	Total	122,017	32			
a_w	Tempo	0,001	2	0,000	7,671	0,003
	Tratamento	5,119E-5	2	2,559E-5	0,546	0,587
	Interação	0,000	4	4,359E-5	0,930	0,464
	Erro	0,001	23	4,688E-5		
	Total	0,002	32			

7.9. Apêndice I

Tabela do Teste ANOVA do CRA, PA e PG para os ensaios para seleção dos binômios temperatura-tempo de cozimento *sous-vide*.

ANOVA

	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
CRA	Tempo	19,759	2	9,880	1,665	0,211
	Tratamento	23,788	2	11,894	2,004	0,158
	Interação	7,181	4	1,795	0,302	0,873
	Erro	136,501	23	5,935		
	Total	190,961	32			
PA	Tempo	3,024	2	1,512	0,369	0,695
	Tratamento	10,888	2	5,444	1,329	0,284
	Interação	13,783	4	3,446	0,841	0,513
	Erro	94,246	23	4,098		
	Total	133,156	32			
PG	Tempo	6,813	2	3,407	8,667	0,002
	Tratamento	2,818	2	1,409	3,585	0,044
	Interação	2,020	4	0,505	1,285	0,305
	Erro	9,041	23	0,393		
	Total	35,139	32			

7.10. Apêndice J

Tabela do Teste ANOVA dos atributos da dureza, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, adesividade e elasticidade para os ensaios de adição de ingredientes nos filetes cozidos em *sous-vide*.

ANOVA						
	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
Dureza	Entre grupos	9,875	6	1,646	10,680	<0,001
	Erro	2,157	14	175,289		
	Total	12,032	20			
Coesividade	Entre grupos	0,063	6	0,011	2,650	0,062
	Erro	0,056	14	0,004		
	Total	0,119	20			
Gomosidade	Entre grupos	30851,030	6	5141,838	8,582	<0,001
	Erro	8387,960	14	599,140		
	Total	39238,989	20			
Mastigabilidade	Entre grupos	260921,428	6	43486,905	22,409	<0,001
	Erro	27168,126	14	1940,580		
	Total	288089,555	20			
Adesividade	Entre grupos	2,705	6	0,451	0,859	0,547
	Erro	7,347	14	0,525		
	Total	10,052	20			
Elasticidade	Entre grupos	1,445	6	0,241	2,173	0,109
	Erro	1,552	14	0,111		
	Total	2,997	20			

7.11. Apêndice K

Tabela do Teste ANOVA dos atributos de L, a, b, C e °h para os ensaios de adição de ingredientes nos filetes cozidos em *sous-vide*.

ANOVA

	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
L	Entre grupos	291,219	6	48,536	2,050	0,126
	Erro	331,498	14	23,678		
	Total	622,717	20			
a	Entre grupos	19,206	6	3,201	1,948	0,143
	Erro	23,008	14	1,643		
	Total	42,214	20			
b	Entre grupos	64,433	6	10,739	1,601	0,219
	Erro	93,920	14	6,709		
	Total	158,353	20			
C	Entre grupos	61,883	6	10,314	2,706	0,059
	Erro	53,361	14	3,812		
	Total	115,244	20			
°h	Entre grupos	1994,293	6	332,382	2,883	,048
	Erro	1613,889	14	115,278		
	Total	3608,181	20			

7.12. Apêndice L

Tabela do Teste ANOVA do parâmetro pH para os ensaios de adição de ingredientes nos filetes cozidos em *sous-vide*.

ANOVA

	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
	Entre grupos	6,361	6	1,060	101,889	<0,001
	Erro	0,146	14	0,010		
	Total	6,507	20			

7.13. Apêndice M

Tabela do Teste ANOVA dos parâmetros a_w e teor de humidade para os ensaios de adição de ingredientes nos filetes cozidos em *sous-vide*.

ANOVA

	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
Humidade	Entre grupos	72,271	6	12,045	4,193	0,013
	Erro	40,213	14	2,872		
	Total	112,484	20			
a_w	Entre grupos	0,001	6	0,000	1,953	0,142
	Erro	0,001	14	7,448E-5		
	Total	0,002	20			

7.14. Apêndice N

Tabela do Teste ANOVA dos parâmetros CRA, PA e PG para os ensaios de adição de ingredientes nos filetes cozidos em *sous-vide*.

ANOVA

	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
CRA	Entre grupos	20,691	6	3,449	1,776	0,176
	Erro	27,184	14	1,942		
	Total	47,875	20			
PA	Entre grupos	17,620	6	2,937	1,309	0,316
	Erro	31,401	14	2,243		
	Total	49,021	20			
PG	Entre grupos	8,861	6	1,477	5,989	0,003
	Erro	3,453	14	0,247		
	Total	12,314	20			

7.15. Apêndice O

Tabela do Teste ANOVA dos parâmetros organoléticos (aparências, cor, textura, odor, sabor, sabor residual e apreciação geral) para avaliação sensorial dos filetes cozidos em *sous-vide*, com ingredientes.

ANOVA						
	<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>
Aparência	Entre grupos	13,124	5	2,625	3,656	0,004
	Erro	129,226	180	0,718		
	Total	142,350	185			
Cor	Entre grupos	16,478	5	3,296	4,769	<0,001
	Erro	124,387	180	0,691		
	Total	140,866	185			
Textura	Entre grupos	7,188	5	1,438	2,697	0,022
	Erro	95,935	180	0,533		
	Total	103,124	185			
Odor	Entre grupos	16,430	5	3,286	4,408	0,001
	Erro	134,194	180	0,746		
	Total	150,624	185			
Sabor	Entre grupos	30,688	5	6,138	5,293	<0,001
	Erro	208,710	180	1,159		
	Total	239,398	185			
Sabor residual	Entre grupos	20,435	5	4,087	3,397	0,006
	Erro	216,581	180	1,203		
	Total	237,016	185			
Apreciação geral	Entre grupos	21,962	5	4,392	4,380	0,001
	Erro	180,516	180	1,003		
	Total	202,479	185			