

Universidade de Évora - Instituto de Investigação e Formação Avançada
Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia

Programa de Doutoramento em Ciências Agrárias e Ambientais

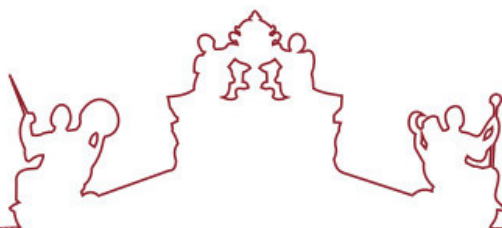
Tese de Doutoramento

**Desenvolvimento de fiambres de pescado com utilização de
fibras vegetais e aplicação de diferentes tecnologias de
gelificação**

Ana Teresa da Cunha Machado Ribeiro

Orientador(es) | Miguel Nuno Geraldo Viegas Santos Elias
Rogério Mendes

Évora 2020



Universidade de Évora - Instituto de Investigação e Formação Avançada
Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia

Programa de Doutoramento em Ciências Agrárias e Ambientais

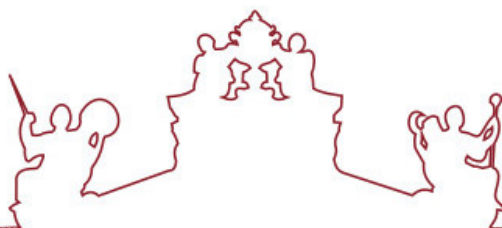
Tese de Doutoramento

**Desenvolvimento de fiambres de pescado com utilização de
fibras vegetais e aplicação de diferentes tecnologias de
gelificação**

Ana Teresa da Cunha Machado Ribeiro

Orientador(es) | Miguel Nuno Geraldo Viegas Santos Elias
Rogério Mendes

Évora 2020



A tese de doutoramento foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Instituto de Investigação e Formação Avançada:

- Presidente | António José Estevão Grande Candeias (Universidade de Évora)
- Vogal | Maria Leonor Martins Braz de Almeida Nunes (CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental)
- Vogal | Maria João dos Ramos Fraqueza (Universidade de Lisboa - Faculdade de Medicina Veterinária)
- Vogal | Luis Avelino da Silva Coutinho Patarata (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)
- Vogal | António Salvador Ferreira Henriques Barreto (Universidade de Lisboa)
- Vogal-orientador | Miguel Nuno Geraldo Viegas Santos Elias (Universidade de Évora)

	Pág.
ÍNDICE	
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
AGRADECIMENTOS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XIV
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	XVI
ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS	XVII
1. PRODUTOS DA PESCA, IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO AQUÍCOLA E AS PRINCIPAIS ESPÉCIES PRODUZIDAS EM PORTUGAL	1
1.1 Introdução	1
1.2 Importância da produção aquícola	1
1.3 Espécies produzidas em aquacultura	3
1.4 Classificação taxonómica, características e fatores que afetam a qualidade da dourada (<i>Sparus aurata</i>), robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>) e corvina (<i>Argyrosomus regius</i>) de aquacultura	5
1.4.1 Dourada (<i>Sparus aurata</i>)	5
1.4.2 Robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	8
1.4.3 Corvina (<i>Argyrosomus regius</i>)	9
2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL DO PESCADO, PREPARAÇÃO DE POLPAS E PRINCIPAIS APLICAÇÕES	12
2.1 Introdução	12
2.2 Composição química do pescado e valor nutricional	13
2.3 Fatores que podem afetar as características do músculo do pescado	18
2.3.1 Fatores que podem afetar a composição química do músculo do pescado .	18
2.3.2 Fatores que podem afetar as propriedades sensoriais, nutricionais e de frescura do músculo do pescado	20
2.4 Preparação de polpas	22
2.5 Utilização das polpas de pescado na tecnologia alimentar	24
3. PRODUTOS GELIFICADOS DE PROTEÍNAS DO PESCADO	27
3.1 Introdução	27
3.2 Proteínas do pescado, propriedades estruturais e funcionais	28
3.3 Interações químicas	37
3.4 Processo de “setting” e gel “suwari”	39
3.5 Proteases e destruição da rede proteica – Efeito “modori”	40
3.6 Gelificação induzida por adição de transglutaminase	41
3.7 Gelificação induzida por processamento térmico e outras tecnologias alternativas	42
4. INCORPORAÇÃO DE OUTROS INGREDIENTES	46
4.1 Introdução	46
4.2 Fibra alimentar	46
4.2.1 Definição, fontes e efeitos sobre a saúde	46
4.2.2 Propriedades físico-químicas e aplicações	47
4.3 Proteínas vegetais	54
4.3.1 Definição, fontes e efeitos sobre a saúde	54
4.3.2 Propriedades físico-químicas e aplicações	55
4.4 Transglutaminase microbiana	57
4.4.1 Caracterização	57
4.4.2 Aplicações	59

ÍNDICE	Pág.
4.5 Corantes naturais	60
4.5.1 Caracterização	60
4.5.2 Aplicações	62
5. ALTAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS	63
5.1 Introdução	63
5.2 Descrição da tecnologia	64
5.3 Efeitos e Aplicações	67
6. MATERIAIS E MÉTODOS	73
6.1 Delineamento experimental	73
6.2 Materiais	76
6.2.1 Espécies de peixes utilizadas	76
6.2.2 Outros ingredientes, reagentes e meios de cultura	76
6.3 Métodos	77
6.3.1 Planeamentos e processos tecnológicos	77
6.3.1.1 Preparação de polpas de dourada, robalo e corvina	77
6.3.1.2 Planeamento para concretização do 1.º objetivo	79
6.3.1.3 Planeamento para concretização do 2.º objetivo	79
6.3.1.4 Planeamento para concretização do 3.º objetivo	82
6.3.1.5 Preparação dos fiambres em função dos objetivos	83
6.3.2 Métodos físico-químicos e sensoriais	87
6.3.2.1 Composição química (proteína, gordura, humidade e cinza)	87
6.3.2.2 Perfil de ácidos gordos	87
6.3.2.3 Perfil de aminoácidos	88
6.3.2.4 Capacidade de retenção de água	89
6.3.2.5 pH	89
6.3.2.6 Cor	89
6.3.2.7 Textura	90
6.3.2.7.1 Teste de dobragem (“folding test”)	90
6.3.2.7.2 Medições de textura instrumental	90
6.3.2.8 Análise sensorial	91
6.3.3 Preferência do consumidor sobre a cor do fiambre de peixe/Inquérito “on line”	92
6.3.4 Métodos microbiológicos	93
6.3.5 Aminas biogénicas	93
6.3.6 Análise estatística	93
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
7.1. Rendimento na obtenção de polpas de dourada, robalo e corvina e influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas	96
7.1.1 Rendimento na obtenção de polpas de dourada, robalo e corvina	96
7.1.2 Influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas	97
7.2 Influência da espécie, da época de captura e da adição de MTGase e KGM (formulações) em fiambres de dourada, de robalo e de corvina	100
7.2.1 pH	100
7.2.1.1 Influência da espécie e da época de captura	100
7.2.1.2 Influência da MTGase e do KGM	101
7.2.2 Capacidade de retenção de água	102
7.2.2.1 Influência da espécie e da época de captura	102

ÍNDICE	Pág.
7.2.2.2 Influência da MTGase e do KGM	103
7.2.3 Cor	104
7.2.3.1 Influência da espécie e da época de captura	104
7.2.3.2 Influência da MTGase e do KGM	111
7.2.4 Textura	114
7.2.4.1 “Folding test”	114
7.2.4.2 Deformação à rutura, força à rutura, força de gel e trabalho à rutura .	115
7.2.4.2.1 Influência da espécie e da época de captura	115
7.2.4.2.2 Influência da MTGase e do KGM	120
7.2.4.3 Elasticidade	122
7.2.4.3.1 Influência da espécie e da época de captura	122
7.2.4.3.2 Influência da MTGase e do KGM	123
7.2.4.4 Dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade	124
7.2.4.4.1 Influência da espécie e da época de captura	124
7.2.4.4.2 Influência da MTGase e do KGM	128
7.2.4.5 Distância à rutura e força à rutura	131
7.2.4.5.1 Influência da espécie e da época de captura	131
7.2.4.5.2 Influência da MTGase e do KGM	133
7.2.5 Análise sensorial	135
7.2.5.1 Influência da espécie e da época de captura	135
7.2.5.2 Influência da MTGase e do KGM	138
7.3 Otimização das propriedades físicas e funcionais do fiambre de corvina.	
Incorporação de outros ingredientes	142
7.3.1 Efeito da substituição do KGM por fibrulose e da adição de pisane em	
fiambres com fibrulose, no pH, CRA, cor (L*a*b*), parâmetros de textura e	
sensoriais dos fiambres	142
7.3.1.1 pH	142
7.3.1.2 Capacidade de retenção de água	143
7.3.1.3 Cor (L*, a*, b*, “chroma”, “whiteness” e “hue”)	145
7.3.1.4 Textura	147
7.3.1.5 Análise sensorial	153
7.4 Preferência do consumidor quanto à cor do fiambre de peixe, através de	
inquéritos “on-line”	155
7.5 Caracterização do fiambre de corvina capturada no inverno com adição de 1%	
fibra dietética de chicória e 1% de isolado de proteína de ervilha	165
7.5.1 Características químicas, reológicas e sensoriais	165
7.5.2 Características nutricionais (ácidos gordos e aminoácidos)	165
7.5.2.1 Composição em ácidos gordos	165
7.5.2.2 Composição em aminoácidos	168
7.5.3 Características microbiológicas	171
7.5.4 Aminas biogénicas	173
7.6 Estudo de diferentes combinações de altas pressões em fiambre de corvina	175
7.6.1 Efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica	
na CRA, cor e textura de fiambres de corvina	175
7.6.1.1 Capacidade de retenção de água	175
7.6.1.2 Cor	176
7.6.1.3 Textura	180
7.6.1.4 Análise de componentes principais	183
7.6.2 Estudo do efeito da MTGase em fiambres submetidos a altas pressões	185
7.6.2.1 Capacidade de retenção de água	185

ÍNDICE	Pág.
7.6.2.2 Textura	186
7.6.2.3 Análise de componentes principais	189
7.6.3 Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica em algumas características nutricionais dos fiambres de corvina	190
7.6.3.1 Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões na composição em ácidos gordos de fiambres de corvina	191
7.6.3.2 Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões na composição em aminoácidos de fiambres de corvina	192
7.6.4 Estudo de estabilidade em armazenagem sob refrigeração: comparação entre fiambres submetidos ao tratamento térmico tradicional e os submetidos a altas pressões	193
7.6.5 Aminas biogénicas	198
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	200
9. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	205
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	207
APÊNDICES	
Apêndice 1	248
Apêndice 2	251
Apêndice 3	253
Apêndice 4	273
Apêndice 5	277

RESUMO

Com o objetivo de desenvolver um produto saudável e pronto a consumir com características semelhantes às de um fiambre de porco, entre as quais a textura, prepararam-se fiambres de pescado com incorporação de fibras vegetais e aplicação de duas tecnologias de gelificação.

Neste sentido, foi estudado o efeito da espécie (dourada, robalo e corvina, de aquacultura), época de captura (verão e inverno), adição de transglutaminase microbiana (MTGase) e glucomanano de konjac (KGM) e gelificação térmica (pasteurização) ou processamento por altas pressões (HPP), nas propriedades texturais e na cor dos fiambres. O produto preparado com corvina capturada no inverno e 0,5 % de MTGase apresentou as características que mais se assemelhavam às do fiambre de porco. A substituição de KGM por fibra de chicória e a adição de isolado de proteína de ervilha permitiram otimizar as propriedades físicas e melhorar as propriedades funcionais deste fiambre.

A preferência do consumidor, relativamente à cor de fiambre de peixe e avaliada por um inquérito “on line”, foi para um fiambre preparado com 0,0005 % de cochonilha, cuja cor era muito semelhante à do fiambre de corvina sem corante.

Os fiambres de corvina submetidos às combinações 350 MPa/10 min ou 20 min/30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C apresentaram a textura mais próxima da do fiambre pasteurizado. Sob estas últimas condições de HPP, estudou-se o efeito da MTGase (0,25 % - 0,5 %) como potenciador da gelificação, tendo os resultados evidenciado a necessidade do uso de, pelo menos, 0,25 % de MTGase, para não comprometer as propriedades texturais.

O tratamento térmico foi mais eficaz na inativação microbiana que o HPP a 500 MPa/10 min/30 °C, e os fiambres, pasteurizados ou submetidos ao HPP, apresentaram-se próprios para consumo até ao 35.º e 21.º dia de armazenagem em refrigeração, respetivamente.

Palavras-chave: fiambre, dourada, robalo, corvina, capacidade de retenção de água, cor, textura, altas pressões, desenvolvimento de produto.

Development of fish hams using vegetable fibers and application of different gelling technologies

ABSTRACT

In order to develop a healthy and ready to eat product with similar characteristics to those of a commercial cooked pork ham, namely texture, fish hams were prepared with the incorporation of vegetable fibers and the application of two gelation technologies.

Thus, the effect of the species (farmed gilthead sea bream, sea bass and meagre), harvesting seasons (summer and winter), addition of microbial transglutaminase (MTGase) and konjac glucomannan (KGM), as well as thermal gelation (pasteurization) or high pressure processing (HPP), were studied on the textural properties and color of fish ham. The characteristics of the ham prepared with winter meagre and 0.5% MTGase were the most similar to those of cooked pork ham. The replacement of KGM by chicory fiber and the addition of pea protein isolate allowed to optimize the physical properties and to improve the functional properties of this ham.

Consumer preference for fish ham color was assessed by an on-line survey and was for a ham prepared with 0.0005% cochineal, whose color was very similar to that of the dye-free meagre.

The meagre hams submitted to the combinations 350 MPa/10 min or 20 min/30 °C and 500 MPa/10 min/30 °C had a texture closer to that of pasteurized ham. Under these HPP conditions, the effect of MTGase (0.25 % - 0.5 %) as a gelation enhancer was studied, and the results showed that at least 0.25 % MTGase is needed, for not compromising the textural properties.

The heat treatment was more effective on the microbial inactivation than HPP at 500 MPa/10 min/30 °C, and the pasteurized or HPP cooked hams were fit for consumption up to the 35th and 21st storage days in refrigeration, respectively.

Keywords: cooked ham, sea bream, sea bass, meagre, water holding capacity, color, texture, high pressure, product development.

AGRADECIMENTOS

Esta tese insere-se no âmbito do Doutoramento em Ciências Agrárias e Ambientais, lecionado pela Universidade de Évora. A realização prática decorreu inteiramente no Departamento do Mar e Recursos Marinhos (DMRM), do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), e teve o apoio da Escola Superior Agrária de Santarém (ESAS). Ao primeiro, agradeço a disponibilidade não só dos meios físicos, mas também dos meios humanos. À segunda, agradeço a disponibilidade de meios físicos e à facilidade que me deu e que muito contribuiu para a realização desta tese.

Ao Doutor Miguel Elias, na qualidade de orientador interno, expresso a minha maior gratidão pela forma como se empenhou na realização deste trabalho, para além de todos os incentivos e sugestões com que me premiou, bem como pela minuciosa revisão do manuscrito.

Ao Doutor Rogério Mendes, na qualidade de orientador externo, pelo grande rigor científico e sentido prático, bem como pela transmissão de conhecimentos e sugestões de carácter científico da maior importância no desenvolvimento experimental do trabalho, manifesto a minha gratidão, admiração e amizade. Destaco também a disponibilidade e empenho, desde o primeiro dia, para orientar e delinear esta tese, para a leitura crítica do texto original e cedência de documentação bibliográfica.

À Doutora Bárbara Teixeira, do DMRM/IPMA, agradeço o apoio e o incentivo constantes, a nível científico e também a nível pessoal, prestados ao longo do trabalho experimental, assim como a cedência de documentação bibliográfica, a orientação em termos de práticas laboratoriais, a total disponibilidade manifestada e, ainda, pela revisão do documento final. Obrigada pelo companheirismo e amizade.

À Doutora Carla Pires, do DMRM/IPMA, pelo apoio laboratorial, incentivo ao longo deste trabalho e ainda por ter disponibilizado todos os meios para a sua execução, testemunho a minha gratidão, admiração e amizade.

Ao Doutor Irineu Batista, do DMRM/IPMA, agradeço a amizade, disponibilidade, empenho e análise crítica na revisão minuciosa deste manuscrito.

À Doutora Helena Silva, do DMRM/IPMA, agradeço toda a colaboração laboratorial e científica na realização das análises microbiológicas deste trabalho e por ter disponibilizado todos os meios para a sua execução.

À Engenheira Helena Vieira, à Júlia Ferreira e ao Manuel Pires, do DMRM/IPMA, o meu muito obrigada pelo apoio laboratorial.

Os meus agradecimentos ao Doutor Pedro Marques Pousão Ferreira, da divisão de Aquacultura e Valorização, Estação Piloto de Piscicultura de Olhão - IPMA, pela disponibilidade

e fornecimento de peixe utilizado neste trabalho.

Aos colaboradores do DMRM/IPMA, que, de uma forma desinteressada, disponibilizaram o seu tempo para a realização das provas sensoriais e a todos os que contribuíram para a concretização desta tese, os meus agradecimentos.

Ao Doutor Jorge Saraiva, do departamento de química da Universidade de Aveiro, por ter permitido a utilização do equipamento de alta pressão, e ao Ricardo Duarte pelo auxílio prestado durante a utilização do mesmo, os meus agradecimentos.

Agradeço à direção da ESAS, que, embora tenha mudado de diretores e subdiretores, todos, sem exceção, facilitaram e apoiaram-me na execução deste trabalho.

Agradeço ainda a todos os colaboradores da ESAS que, direta ou indiretamente, me apoiaram e ajudaram, nomeadamente:

À Doutora Marília Ferreira, pela disponibilidade e empenho na leitura crítica do texto sobre as análises microbiológicas, resultados e discussão;

À Engenheira Maria da Conceição Faro, por toda a colaboração laboratorial e científica na realização da composição química das polpas de peixe deste trabalho, ao disponibilizar todos os meios para a sua execução;

À Engenheira Ana Teresa Jorge, pelo apoio bibliográfico;

Ao Doutor Igor Dias, pelo desafio, pela companhia e ajuda;

Aos Doutores Helena Mira e António Raimundo, pelos incentivos e pelas facilidades as quais me permitiram a concretização dos meus objetivos;

A estes, obrigada pela amizade que nos une.

À Dr.^a Cátia Glória, da empresa Induxtria De Suministros Portuguesa, Lda., pelo apoio e cedência de ingredientes, no esclarecimento de dúvidas e pela força e amizade com que me presenteou.

Aos meus amigos, agradeço muito o carinho, os incentivos e prometo compensar as ausências a que a realização deste trabalho me obrigou.

E, por último, mas o mais importante, quero agradecer à minha FAMÍLIA, especialmente aos meus pais por terem sido e serem a minha “fortaleza”, à minha irmã Isabel pela leitura cuidadosa de parte deste manuscrito, à minha sobrinha Xaninha pela leitura cuidada do abstract, ao Artur pela paciência e apoio incondicional e à minha querida filha Maria.... Por ti, tenho sempre força!

A todos quantos não mencionei individualmente, mas que, de uma forma ou de outra, participaram na realização deste trabalho, deixo também o meu mais sincero agradecimento.

Obrigada também a todos os meus PROFESSORES!

ÍNDICE DE TABELAS

Tabelas	Pág.
Tabela 1. Composição química média do músculo de dourada (<i>S. aurata</i>)	7
Tabela 2. Composição química média do músculo de robalo (<i>D. labrax</i>)	11
Tabela 3. Composição química média do músculo de corvina (<i>A. regius</i>)	11
Tabela 4. Composição química do músculo do pescado	13
Tabela 5. Compostos azotados não proteicos presentes no pescado	16
Tabela 6. Proteínas do músculo de pescado, suas funções e exemplos das principais de cada grupo	32
Tabela 7. Etapas de gelificação pelo calor de polpa de pescado	43
Tabela 8. Influência das diferentes variáveis no mecanismo de gelificação do glucomanano de konjak (KGM)	50
Tabela 9. Aplicações de glucomanano de konjac em produtos reestruturados de pescado	51
Tabela 10. Aplicações de inulina em produtos reestruturados de pescado	53
Tabela 11. Aplicações de carragenina em produtos reestruturados de pescado	54
Tabela 12. Aplicações da MTGase em produtos reestruturados de pescado	59
Tabela 13. Corantes alimentares de origem natural aprovados na UE e pela FDA	61
Tabela 14. Corantes permitidos a adicionar em pescado e produtos de pescado cozidos e limites máximos autorizados	62
Tabela 15. Resumo de alguns parâmetros e efeitos do HPP na gelificação do pescado mencionados por diferentes autores	71
Tabela 16. Pesos médios das espécies utilizadas nos fiambres	76
Tabela 17. Ingredientes adicionados para a preparação de fiambres de pescado	78
Tabela 18. Formulações (%) para fabrico dos fiambres em função do 1.º objetivo	79
Tabela 19. Combinação dos fatores para cumprimento do 1.º objetivo	80
Tabela 20. Formulações (%) para fabrico dos fiambres em função do 2.º objetivo	80
Tabela 21. Combinação dos fatores para cumprimento do 2.º objetivo	81
Tabela 22. Corantes, quantidades (%) usadas para obtenção de amostras de fiambres com diferentes cores para estudo da preferência do consumidor e valores obtidos na medição dos parâmetros de cor obtidos ($L^*a^*b^*$)	81
Tabela 23. Formulações A e B (%) para fabrico dos fiambres em função do 3.º objetivo	82
Tabela 24. Condições de ensaio para estudo do efeito das altas pressões hidrostáticas na CRA, cor e textura dos fiambres	83
Tabela 25. Condições de ensaios para o estudo do efeito do HPP como alternativa à MTGase e para o estudo comparativo de estabilidade microbiológica durante a armazenagem .	83
Tabela 26. Métodos microbiológicos utilizados em função do grupo de microrganismos a determinar/pesquisar	95
Tabela 27. Características sociodemográficas dos inquiridos	157
Tabela 28. pH, CRA e parâmetros de cor, de textura e sensoriais obtidos no fiambre de corvina capturada no inverno, com 1% de fibra de chicória e 1% de isolado de proteína de ervilha	166
Tabela 29. Composição em ácidos gordos (mg/g) deste fiambre de peixe	166
Tabela 30. Resultados das análises microbiológicas realizadas nos fiambres de corvina pasteurizados. Valores médios \pm DP ($n = 2$)	172
Tabela 31. Composição em ácidos gordos (mg/g) dos fiambres de corvina submetidos a diferentes processamentos: térmico e HPP. Valores médios \pm DP ($n=2$)	191
Tabela 32. Resultados (média \pm DP) das análises microbiológicas realizadas nos fiambres de corvina pasteurizados e nos submetidos a altas pressões (500 MPa, 10 min, 30 °C)	195
Tabela 33. Quantificação de aminas biogénicas (histamina, tiramina e putrescina) (mg/kg) presentes nos fiambres de corvina submetidos a diferentes processamentos de gelificação	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1. Representação esquemática da estrutura da tese	XV
Figura 2. Produção de aquacultura (toneladas) em águas salobras e marinhas, em Portugal, no ano 2015	4
Figura 3. Classificação taxonómica, fotografia e dados gerais da dourada <i>Sparus aurata</i>	5
Figura 4. Classificação taxonómica, fotografia e dados gerais do robalo <i>D. labrax</i>	8
Figura 5. Classificação taxonómica, fotografia e dados gerais da corvina <i>A. Regius</i>	10
Figura 6. Fatores que podem afetar a composição química do pescado	19
Figura 7. Esquema da correia e do cilindro de um separador de polpa	24
Figura 8. Propriedades funcionais das proteínas nos alimentos	28
Figura 9. Conformação estrutural das proteínas. A) Estrutura primária; B) Estrutura secundária; C) Estrutura terciária; D) Estrutura quaternária	30
Figura 10. Reações catalisadas pela MTGase: (a) acil-transferência; (b) ligações cruzadas entre resíduos de lisina e de glutamina, cujo resultado são pontes ϵ -(γ -glutamil) de lisina; (c)	37
Figura 11. Estrutura química do glucomanano de konjac. Retirado de Luo, He & Lin (2013)	49
Figura 12. Diagrama esquemático dos efeitos de uma solução alcalina na cadeia molecular do KGM	49
Figura 13. Estrutura química genérica da inulina. Retirado de Mensink <i>et al.</i> (2015)	52
Figura 14. Estrutura geral da MTGase. Retirado de Yokoyama <i>et al.</i> (2004)	57
Figura 15. Reações promovidas pela MTGase. (1) Ligação cruzada entre glutamina e resíduos de lisina de proteínas ou péptidos, (2) Incorporação de uma amina ou lisina livre, e (3) Desamidação de um resíduo de glutamina para formar glutamato	58
Figura 16. Perfil de pressão e temperatura durante um tratamento típico de HPP aplicado a alimentos	64
Figura 17. Equipamento típico usado para o HPP	65
Figura 18. Aplicações do HPP para a obtenção de produtos de pescado	69
Figura 19. Interações entre os principais mecanismos propostos para os efeitos da alta pressão na qualidade da carne de peixe pressurizada	70
Figura 20. Esquema dos objetivos e respetivos ensaios realizados	75
Figura 21. Separador mecânico BAADER 694 e separação da polpa da pele e espinhas	77
Figura 22. Etapas para obtenção de fiambre de peixe	84
Figura 23. A) Homogeneizador de cuba fixa; B) Enchedora hidráulica modelo EB-12	85
Figura 24. Perfil de textura generalizado (adaptado de Sahin & Sumnu, 2006)	91
Figura 25. Composição química média das polpas de dourada, robalo e corvina, capturadas no verão e no inverno	98
Figura 26. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no pH dos fiambres	101
Figura 27. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na CRA dos fiambres	103
Figura 28. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro L* da cor dos fiambres	105
Figura 29. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro a* da cor dos fiambres	106
Figura 30. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro b* da cor dos fiambres	107
Figura 31. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro "chroma" da cor dos fiambres	107
Figura 32. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro "whiteness" da cor dos fiambres	108
Figura 33. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro "hue" da cor dos fiambres	109
Figura 34. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na deformação à rutura dos fiambres	115

Figuras	Pág.
Figura 35. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na força à rutura dos fiambres	116
Figura 36. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na força de gel dos fiambres	117
Figura 37. Teste de compressão até à rutura	117
Figura 38. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no trabalho à rutura dos fiambres	118
Figura 39. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na elasticidade dos fiambres	123
Figura 40. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na dureza dos fiambres	124
Figura 41. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na coesividade dos fiambres	125
Figura 42. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na gomosidade dos fiambres	126
Figura 43. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na “springiness” dos fiambres	127
Figura 44. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na mastigabilidade dos fiambres	127
Figura 45. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na distância à rutura dos fiambres	132
Figura 46. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na força à rutura dos fiambres	133
Figura 47. Aspeto visual de amostras de fiambre de dourada, robalo e corvina com 1 % de KGM .	135
Figura 48. Influência da espécie e da época de captura na avaliação sensorial de fiambres de dourada (D), robalo (R) e corvina (C), com polpas de peixes de diferentes épocas de captura (verão e inverno), das diferentes formulações	136
Figura 49. Influência da espécie (D - dourada, R - robalo e C - corvina) e da época de captura (verão e inverno) na apreciação global da avaliação sensorial de fiambres	138
Figura 50. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura (V – verão; I – inverno) na avaliação sensorial dos fiambres de dourada (D)	139
Figura 51. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura (V – verão; I – inverno) na avaliação sensorial dos fiambres de robalo (R)	139
Figura 52. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura (V – verão; I – inverno) na avaliação sensorial dos fiambres de corvina (C)	140
Figura 53. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura na apreciação global dos fiambres de dourada, robalo e corvina	140
Figura 54. Frequências relativas (%) das respostas obtidas de 47 crianças que provaram fiambre de corvina	141
Figura 55. Valores médios de pH dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco	143
Figura 56. Valores médios de CRA dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco	144
Figura 57. Valores médios dos parâmetros L*, a*, b*, “chroma”, “whiteness” e “hue” da cor dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco	146
Figura 58. Valores médios da deformação à rutura, força à rutura, força de gel (teste de penetração) e trabalho à rutura dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco	149
Figura 59. Valores médios da elasticidade (teste de compressão-relaxamento) e da dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade (TPA) dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco	150

Figuras	Pág.
Figura 60. Valores médios da distância à rutura e da força à rutura (teste de compressão a 80 %) dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco	151
Figura 61. Resultados obtidos na análise sensorial dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações. KGM (glucomanano de konjac)	154
Figura 62. Apreciação global obtida na análise sensorial dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações. KGM (glucomanano de konjac)	155
Figura 63. Número de respostas ao inquérito por distrito e por países estrangeiros	156
Figura 64. Nível de formação dos inquiridos, por género e grupo etário. Do total das respostas (2237), o género feminino (■) representa 70,6 % e o género masculino (■) 29,4 % ...	157
Figura 65. Frequências relativas sobre se os inquiridos assumem a responsabilidade das compras em casa (em %), por género e grupo etário. Do total das respostas (2237), o género feminino (■) representa 70,6 % e o género masculino (■) 29,4 %	158
Figura 66. Frequências relativas (%) da preferência de consumo ou não de fiambre e, se sim, de fiambres de porco, peru e ou frango, em função do género e faixa etária dos inquiridos. Os inquiridos podiam escolher mais do que uma opção. Do total das respostas (2237), o género feminino (■) representa 70,6 % e o género masculino (■) 29,4 %	158
Figura 67. Frequências relativas (%) de consumo de fiambre, num total de 1997 consumidores, 70,6 % do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■)	159
Figura 68. Frequências relativas (%) de consumo de peixe. Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■)	160
Figura 69. Resultado das cores mais votadas pelos inquiridos	161
Figura 70. Percentagens das quatro cores mais votadas e aspeto original dos fiambres	161
Figura 71. Frequências relativas (%) dos géneros e grupos de idade em função das cores mais preferidas. Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■)	162
Figura 72. Frequências relativas (%) dos géneros e grupos de idade em função da seguinte questão: “Se este novo produto estivesse atualmente no mercado, acha que seria um potencial comprador?” Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■)	162
Figura 73. Frequências relativas (%) dos consumidores ou não de fiambre de diferentes espécies relativamente à intenção de compra de fiambre de peixe. Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■)	163
Figura 74. Aminoácidos (g/100g de proteína) detetados no fiambre de corvina	169
Figura 75. “Score” de aminoácidos essenciais (%) detetados no fiambre de corvina	169
Figura 76. Quantificação de aminas biogénicas presentes no fiambre de corvina (histamina, tiramina e putrescina)	174
Figura 77. Valores médios da capacidade de retenção de água (CRA) dos fiambres de corvina pasteurizados e dos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de alta pressão ..	175
Figura 78. Valores médios dos parâmetros L*, a*, b*, “chroma”, “whiteness”, “hue” e da diferença total de cor (ΔE) dos fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão (HPP)	178
Figura 79. Valores médios da deformação à rutura, força à rutura, força do gel (teste de penetração) e trabalho à rutura dos fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão .	181
Figura 80. Valores médios de elasticidade (teste de compressão-relaxamento), dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade (TPA) dos fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão	182
Figura 81. Análise de componentes principais (CP) da CRA e avaliação da textura de fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos ao tratamento térmico (pasteurização) e ao HPP	184

Figuras	Pág.
Figura 82. Valores médios da capacidade de retenção de água (CRA) de fiambres de corvina submetidos a processamento térmico ou processamento de alta pressão em função de diferentes níveis de transglutaminase microbiana (MTGase)	186
Figura 83. Valores médios da deformação à rutura, força à rutura, força do gel (teste de penetração) e trabalho à rutura dos fiambres de corvina submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão, em função de diferentes níveis de transglutaminase microbiana (MTGase)	187
Figura 84. Valores médios de elasticidade (teste de compressão-relaxamento), dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade (TPA) dos fiambres de corvina submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão, em função de diferentes níveis de transglutaminase microbiana (MTGase) .	188
Figura 85. Análise de componentes principais (CP) da CRA e avaliação da textura de fiambres de corvina com diferentes adições de MTGase (0,0 %, 0,25 % e 0,5 %) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão	190
Figura 86. “Score” de aminoácidos essenciais detetados nos fiambres de corvina submetidos a processamento térmico (■) ou a HPP (■)	193
Figura 87. Resultados obtidos nas determinações de microrganismos mesófilos realizadas às amostras de fiambre pasteurizado e às amostras do fiambre submetido ao HPP ao longo da armazenagem	196
Figura 88. Resultados obtidos nas determinações de microrganismos psicrótrópicos realizadas às amostras de fiambre pasteurizado e às amostras do fiambre submetido ao HPP ao longo da armazenagem	196

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Communities International
APA	Associação Portuguesa de Aquacultores
ATP	Adenosina Trifosfato
BPF	Boas Práticas de Fabrico
ca	Cerca /Aproximadamente
CAC / MISC	Codex Alimentarius Commission / Miscellaneous
Cap.	Capítulo
CAS	Chemical Abstracts Service
CCMAR	Centro de Ciências do Mar
CE	Comunidade Europeia
CIE	International Commission on Illumination
CIIMAR	Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental
CO - FCUL	Centro de Oceanografia - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
CODEX STAN	Codex Standard
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DHA	Ácido Docosahexanóico
DMRM	Departamento do Mar e Recursos Marinhos
DP	Desvio-Padrão
EC	Enzyme Commission
e.g.	<i>Exempli Grata</i> / Por Exemplo
EN	European Norm
EPA	Ácido Eicosapentaenóico
ESAS	Escola Superior Agrária de Santarém
EFSA	European Food Safety Authority
et al.	E outros
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	FAO Statistics
FDA	Food and Drug Administration
Glu	Glutamil
GOED	Global Organization for EPA and DHA Omega-3s
GRAS	Generally Recognized As Safe
GL	Ligações glutamina-lisina
H	Humidade
HHP	High Hydrostatic Pressure
HPA	Health Protection Agency
HPP	High Pressure Processing / Processamento por Alta Pressão
HPLC	High performance liquid chromatography
HSD	Honestly Significant Difference
HUFA	High Unsaturated Fatty Acids
ICMSF	International Commission on Microbiological Specifications for Foods
INE	Instituto Nacional de Estatística
IOM	Institute of Medicine
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISO	International Organization Standardization
ITIS	Integrated Taxonomic Information System
KGM	Glucomanamo de Konjac
log	Logaritmo
Lys	Lisina
MPa	Megapascal
MTGase	Transglutaminase Microbiana
MUFA	Monounsaturated Fatty Acids
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
p/p	Peso por Peso

p/v	Peso por Volume
PA/PE	Poliamida/Polietileno
PEAP	Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa
pH	Potencial de Hidrogénio
p	Probabilidade do Teste Estatístico
p.	Página
pp.	Páginas
PUFA	Polyunsaturated Fatty Acids
rpm	Rotação por Minuto
SFA	Saturated Fatty Acids
TPA	Texture Profile Analysis
ι	iota
κ	kappa
λ	lambda
U	Unidade
UE	União Europeia
ufc	Unidade Formadora de Colónias
vs.	<i>Versus</i>
ω	Ómega

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

I - INTRODUÇÃO

- Enquadramento do trabalho e objetivos.

II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Produtos da pesca, importância da produção aquícola e as principais espécies produzidas em Portugal (Cap. 1).
- Composição química e valor nutricional do pescado, preparação de polpas e principais aplicações (Cap. 2).
- Produtos gelificados de proteínas do pescado (Cap. 3).
- Incorporação de outros ingredientes (Cap. 4).
- Altas pressões hidrostáticas (Cap. 5).

III – DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

- Delineamento experimental, Materiais e Métodos (Cap. 6).
- Estudo da influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas;
- Estudo da influência da espécie e da época de captura, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo da Influência da adição de MTGase e KGM no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo do efeito da substituição do KGM por Fibrulose, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo do efeito da adição de Pisane, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo da interação da Fibrulose e do Pisane, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Caracterização do fiambre de pescado obtido com a formulação otimizada: Características químicas, microbiológicas, nutricionais, texturais e sensoriais;
- Estudo da preferência do consumidor quanto à cor do fiambre de peixe, através de inquéritos “on-line”;
- Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica na CRA, cor e na textura em fiambres de corvina;
- Estudo do efeito da MTGase em fiambres submetidos a altas pressões;
- Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica em algumas características nutricionais dos fiambres de corvina;
- Estudo de estabilidade em armazenagem em refrigerado: comparação entre fiambres submetidos ao tratamento térmico tradicional e os submetidos a altas pressões (cap. 7).

IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Apresentação das principais conclusões e sugestões de futuros estudos (Cap. 8 e Cap. 9).

Figura 1. Representação esquemática da estrutura da tese.

ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

No novo estilo de vida de algumas sociedades industrializadas, vários aspetos são descurados, entre os quais a alimentação. Assim, tornou-se comum a prática de refeições incompletas, ricas em gordura e açúcar e muito pobres em fibras alimentares, vitaminas e minerais. Face aos problemas de saúde inerentes a esta má alimentação, tem vindo a ser recomendado o aumento do consumo de produtos da pesca, uma vez que estes são, em regra, alimentos de alto valor nutritivo. Vários componentes benéficos têm sido identificados, mormente, vitaminas, minerais, proteínas facilmente digeríveis e ácidos gordos polinsaturados $\omega 3$ ($\omega 3$ -PUFA) (Alasalvar *et al.*, 2011).

No contexto geral da crescente procura mundial de produtos da pesca e da diminuição dos recursos marinhos selvagens, a aquacultura é a fonte que permite obter mais proteína de pescado. O facto do mercado de pescado inteiro de aquacultura estar a mostrar sinais de saturação nos países do Sul da Europa (Cardoso, 2011), cria uma oportunidade potencial para a criação de mais-valias através do seu aproveitamento para produtos transformados.

O processo de reestruturação do pescado oferece aos industriais de transformação dos produtos da pesca a oportunidade de obter novos produtos. Adicionalmente, a oferta no mercado de novos ingredientes, aditivos e outros coadjuvantes tecnológicos, que podem modificar as propriedades físicas, enriquecer nutricionalmente e aumentar o tempo de prateleira, é uma realidade que permite a transformação do pescado em produtos de qualidade e aceites pelo consumidor.

Alguns produtos de pescado, nomeadamente as salsichas, podem ser obtidos de modo semelhante ao utilizado para a elaboração de salsichas de carne de suíno (Ribeiro, 2001) e os fiambres de pescado são outro exemplo de produto transformado. Os estudos de investigação sobre fiambre de peixe, entre os quais se destacam os trabalhos de Cardoso *et al.* (2011a, 2012b), Cardoso, Mendes & Nunes (2013a), Cardoso, Ribeiro & Mendes (2012a), Chalamaiah *et al.* (2012), Ramírez *et al.* (2002), Siddappaji & Prabhu (2002) e Tanikawa (1963), mostram que a obtenção de fiambre de pescado, com as características do típico fiambre de porco, é um desafio tecnológico particular. A estrutura e a bioquímica do músculo de peixe são diferentes da do músculo de mamíferos e aves (Ramírez *et al.*, 2011), apresentando um comportamento reológico diferente. Consequentemente, devido ao comportamento da matriz proteica ao formar géis, os produtos de pescado devem ser processados de modo diferente.

Apesar da gelificação das proteínas de peixe ser obtida por tratamentos térmicos clássicos, recentemente tem havido um crescente interesse pela gelificação induzida por pressão. Para além de induzir efeitos semelhantes aos gerados pelo calor (*e.g.* desnaturação e

gelificação proteica, inativação de microrganismos), alega-se que os nutrientes de baixo peso molecular, principalmente compostos por ligações covalentes (*e.g.* vitaminas, aromas e corantes) não são influenciados pela alta pressão (Farr, 1990; Hoover, 1993). Deste modo, os alimentos processados por esta tecnologia retêm as propriedades sensoriais e nutricionais do produto fresco (Camp, Feys & Huyghebaert, 1996; Lanier, 1995), além de que os géis formados geralmente possuem mais brilho e maior resistência à deformação (Lanier, 1995). Estudos recentes têm demonstrado o impacto das altas pressões hidrostáticas na gelificação de sistemas musculares, como pode ser aplicada para induzir certas características de textura, além da inativação microbiana, enzimática e preservação do valor nutritivo dos alimentos.

Os produtos da pesca de aquacultura apresentam um grande potencial dada a ampla diversidade de espécies, a larga gama de aplicações e o seu valor nutricional (Cardoso, 2011). Por outro lado, a atual tecnologia permite a remoção de componentes indesejáveis do músculo do peixe, obtendo-se polpas de peixe prontas para transformação.

Tendo como base de comparação o fiambre de porco, com este estudo pretendeu-se contribuir para um melhor aproveitamento de pescado de aquacultura no desenvolvimento de fiambres, perceber quais as espécies mais adequadas, o comportamento de diferentes ingredientes e observar os efeitos de diferentes tecnologias de gelificação. Neste contexto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1.º Objetivo

- Obtenção de polpas de dourada, robalo e corvina, em duas épocas de captura (verão e inverno);
- Estudo da influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas;
- Desenvolvimento e preparação de fiambres de pescado com diferentes fontes de matéria-prima (corvina, dourada e robalo), diferentes adições de transglutaminase microbiana (MTGase – 0,0 % a 0,5 %) e de glucomanano de Konjac (KGM – 0,0 % a 1,0 %), obtidos por gelificação térmica semelhante à pasteurização;
- Estudo da influência da espécie e da época de captura, no pH, capacidade de retenção de água (CRA), cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo da influência da adição de MTGase e KGM no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres.

2.º Objetivo

- Otimização das propriedades físicas e melhoria das propriedades funcionais dos

fiambres de peixe. Incorporação de outros aditivos:

- Estudo do efeito da substituição do KGM por Fibrulose, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo do efeito da adição de Pisane, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Estudo da interação da Fibrulose e do Pisane, no pH, CRA, cor, parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres.
- Caracterização do fiambre de pescado obtido com a formulação otimizada: Características químicas, microbiológicas, nutricionais, texturais e sensoriais;
- Estudo da preferência do consumidor quanto à cor do fiambre de peixe, através de inquéritos “on-line”.

3.º Objetivo

- Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica na CRA, cor e na textura em fiambres de corvina;
- Estudo do efeito da MTGase em fiambres submetidos a altas pressões;
- Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica em algumas características nutricionais dos fiambres de corvina;
- Estudo de estabilidade em armazenagem em refrigerado: comparação entre fiambres submetidos ao tratamento térmico tradicional e os submetidos a altas pressões.

1. PRODUTOS DA PESCA, IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO AQUÍCOLA E AS PRINCIPAIS ESPÉCIES PRODUZIDAS EM PORTUGAL

1.1 Introdução

Todos os animais marinhos ou de água doce (com exceção dos moluscos bivalves, equinodermes, tunicados e gastrópodes marinhos vivos e de todos os mamíferos, répteis e rãs), selvagens ou de aquacultura, incluindo todas as formas, partes e produtos comestíveis desses animais (REGULAMENTO (CE) N.º 853/2004), são designados por produtos da pesca ou pescado.

O incremento da procura de pescado está associado a uma maior informação sobre o valor nutricional e os benefícios ligados ao seu consumo. O pescado é hoje reconhecido como uma boa alternativa na dieta, sendo uma importante fonte de proteínas de elevado valor biológico, ampla variedade de sais minerais, vitaminas e, especialmente, lípidos constituídos por ácidos gordos polinsaturados, da série ω 3. Contudo, é o aumento do poder de compra dos consumidores o fator determinante para a sua procura. Em Portugal, provavelmente devido à crise económica, o consumo aparente de pescado, no quinquénio 2012-2016, foi menor do que o apurado no período 2008-2011 (Instituto Nacional de Estatística [INE], 2017a).

O pescado de aquacultura, além de apresentar um valor comercial mais baixo, comparativamente ao pescado selvagem, possibilita o fornecimento de matéria-prima ao longo do ano, com as mesmas características físicas e químicas. Adicionalmente, nos países do Sul da Europa, o mercado de pescado inteiro de aquacultura apresenta sinais de saturação (Cardoso, 2011). Estes aspetos geram a oportunidade para a criação de produtos de maior valor acrescentado através do aproveitamento do pescado de aquacultura para produtos transformados, permitindo ao industrial obter alimentos competitivos, procurando a manutenção das suas características nutricionais e reológicas, nomeadamente a textura.

1.2 Importância da produção aquícola

Os produtos da pesca e da aquacultura são importantes fontes de alimento e meio de subsistência para centenas de milhões de pessoas em todo o mundo (Food and Agriculture Organization [FAO], 2016). Contudo, o esforço de pesca é cada vez mais intenso e os recursos cada vez mais escassos. Adicionalmente, o consumo e a conseqüente procura global de produtos de origem marinha são cada vez maiores, o que leva a que os “stocks” de pescado selvagem das espécies mais procuradas atinjam, de uma forma geral, os seus limites máximos de exploração. Por outro lado, as espécies de menor valor comercial passaram a ser alvo de uma exploração mais intensa, por falta das espécies mais nobres. Neste sentido, o panorama

das pescas a nível mundial é bastante preocupante, pelo que, se não forem introduzidos novos modelos de gestão, são expectáveis sérios riscos de sustentabilidade, com as consequências negativas a nível social, económico e ambiental. A resolução destes problemas passa sobretudo por uma correta conduta do Homem perante o mar e os seus recursos.

A exploração dos recursos para além da sua capacidade de regeneração, juntamente com as alterações ambientais, tem impedido que a capacidade de produção da pesca extrativa acompanhe a evolução da procura, favorecendo assim o crescimento da produção de pescado de aquacultura (Cardoso, 2011). Nos últimos dez anos, a aquacultura registou, a nível mundial, uma rápida expansão, constituindo hoje o setor com o crescimento mais acentuado no segmento da produção alimentar de origem animal (Gonçalves, 2015).

O abastecimento mundial de pescado, *per capita*, atingiu um novo recorde (de 20 kg em 2014) graças ao vigoroso crescimento da aquacultura, que, atualmente, fornece metade de todo o pescado para consumo humano, e também devido à evolução da gestão pesqueira, que permitiu uma ligeira melhoria no estado de determinadas unidades populacionais de peixes (FAO, 2016).

A importância da aquacultura reforça-se face aos pareceres recentes de especialistas, organizações internacionais, indústria e representantes da sociedade civil, que destacam o enorme potencial atual dos oceanos e das águas interiores, e ainda no futuro para contribuir significativamente para a nutrição adequada de uma população global que deverá atingir 9,7 mil milhões de pessoas até 2050 (FAO, 2016). Segundo a FAO (2016), em 2014, a aquacultura atingiu um marco histórico, quando a sua contribuição para o abastecimento de peixes para consumo humano excedeu, pela primeira vez, os desembarques de pescado selvagem. É expectável que a sua relevância cresça devido às limitações da captura de espécies selvagens, ao aumento da população e a uma maior confiança do consumidor, pois cada vez mais, a produção de organismos aquáticos é praticada de uma forma responsável e sustentável, tendo em conta a conservação do ambiente e dos recursos naturais e com a garantia de elevados padrões de segurança alimentar (Gonçalves, 2015).

Portugal apresenta um consumo bastante elevado de pescado *per capita*, cerca de 60 kg/habitante/ano, mas está muito longe de ser autossuficiente, pois importa a maioria do pescado que consome (Cluster do mar, 2018). Por sua vez, a União Europeia (UE) é igualmente muito deficitária em produtos de origem marinha, importando mais de 70% do que consome (Cluster do mar, 2018). No entanto, com o crescimento económico verificado na China e na América do Sul, o consumo de pescado nestas regiões aumentou significativamente e os diversos países dessas regiões deixaram de ser fornecedores tradicionais de pescado, passando, nalguns casos, a importadores em quantidades relevantes (Cluster do mar, 2018).

Deste modo, existe a necessidade urgente quer de Portugal, quer da União Europeia (UE), de aumentar a sua produção de pescado e de outros produtos de origem marinha (Cluster do mar, 2018).

No entender de Gonçalves (2015), secretário-geral da Associação Portuguesa de Aquicultores (APA), “ ... a aquacultura nacional é uma atividade com um futuro promissor e com potencialidades inegáveis (...). A estratégia a desenvolver nesse sentido deverá basear-se na capacidade produtiva instalada nas unidades em atividade, assegurando o seu enquadramento nos vários planos de ordenamento e desenvolvimento territorial e prevendo áreas para a sua expansão. A valorização de todo o potencial produtivo existente nas zonas de água salgada (produção extensiva e semi-intensiva) e a identificação de locais ao longo da costa, que permitam investir nas espécies que atualmente se mostram mais adaptadas às características climáticas de Portugal, são a vertente fundamental”.

1.3 Espécies produzidas em aquacultura

Segundo a FAO (2018), até 2016, foram registados dados sobre a produção de 598 espécies, ou grupos de espécies, cultivadas em todo o mundo, incluindo as cultivadas no passado. Entre estas espécies incluem-se 369 de peixes (incluindo híbridos), 109 de moluscos, 64 de crustáceos, 7 de rãs e répteis, 9 de invertebrados aquáticos e 40 de plantas aquáticas. Em 2016, a produção mundial da aquacultura atingiu 54,1 milhões de toneladas de peixe, 17,1 milhões de toneladas de moluscos, 7,9 milhões de toneladas de crustáceos e 938,5 mil toneladas de outras espécies de animais aquáticos (FAO, 2018). A produção de organismos aquáticos continental é o setor mais importante da aquacultura mundial de pescado destinada à alimentação. Em 2016 obteve uma produção de 47,5 milhões de toneladas de peixe, 3,0 milhões de toneladas de crustáceos, 286 mil toneladas de moluscos e 531 mil toneladas de outras espécies de animais aquáticos (FAO, 2018). A produção total das águas interiores representou 64,2% da produção em 2016, em comparação com a aquacultura em águas salgadas (FAO; 2018).

Em termos mundiais, em 2013, o salmão e a truta foram as espécies comercializadas de maior valor económico (FAOSTAT, 2016). Em 2015, representaram cerca de 17 % do valor total dos produtos da pesca comercializados internacionalmente, seguidos pelos camarões e lagostins (cerca de 16 %), espécies de fundo (*e. g.* pescada, bacalhau, arinca e escamudo do Alasca), (cerca de 10 %), e o atum (9 %). No mesmo período, a farinha de peixe representou cerca de 3 % do valor das exportações e o óleo de peixe 1 % (FAOSTAT, 2016).

Na UE, os moluscos bivalves representam cerca de metade da produção, sendo os mexilhões e as ostras os mais importantes. Os peixes de água salgada, como o salmão, a

dourada e o robalo, constituem cerca de um quarto da produção e os peixes de água doce, como a truta e a carpa, cerca de um quinto (Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa [PEAP], 2018a).

Várias espécies marinhas de peixes ósseos cultivadas no Mediterrâneo são as mais importantes em termos comerciais e incluem o besugo, a dourada e o robalo europeu (FAOSTAT, 2016; Grigorakis & Rigos, 2011). A corvina surgiu como um candidato promissor com a previsão de uma acelerada produção nos próximos anos (Grigorakis & Rigos, 2011).

Embora, até 1990, a produção aquícola em Portugal se limitasse a duas espécies, truta e amêijoas, a década de 90 foi caracterizada pelo forte crescimento e modernização da aquicultura de espécies marinhas (PEAP, 2018b). No contexto da UE, Portugal representava, em 2011, 2 % do valor da produção aquícola europeia (PEAP, 2018a). Atualmente verificam-se produções significativas de várias espécies, quer de bivalves (amêijoas e ostras), quer de peixes (pregado, dourada, robalo e linguado) (PEAP, 2018b).

De entre as principais espécies produzidas em aquicultura, em Portugal, destaca-se a produção de bivalves em regime extensivo que, em 2012, representava uma parte significativa da produção nacional (36 % em águas marinhas e salobras e 35 % da produção nacional) (PEAP, 2018c). Em 2015, a produção em águas salobras e marinhas continuou a ser a mais importante, correspondendo a cerca de 91 % da produção total (INE, 2017b). A produção de peixe em águas salobras e marinhas representou 45 % da produção, da qual 87 % era constituída por dourada (28 %) e pregado (59 %), seguida do robalo (8 %), linguado legítimo (3 %), corvina (2 %), enguia europeia (0,03 %) e outros (0,05 %) (Figura 2).

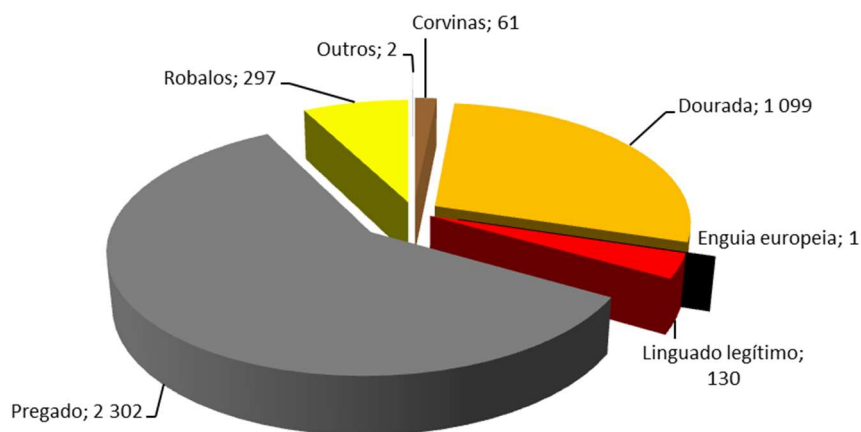


Figura 2. Produção de aquicultura (toneladas) em águas salobras e marinhas, em Portugal, no ano 2015. Retirado de INE (2017b).

A crescente procura de peixe de aquicultura por parte dos consumidores estimula o mercado, e abre novas perspetivas à indústria alimentar no sentido da oferta de novos

produtos alimentares. Nesse cenário, a dourada, o robalo e a corvina são três espécies de aquacultura que, além da venda em fresco, apresentam potencialidades como matéria-prima para a indústria de transformação.

1.4 Classificação taxonômica, características e fatores que afetam a qualidade da dourada (*Sparus aurata*), robalo (*Dicentrarchus labrax*) e corvina (*Argyrosomus regius*) de aquacultura

1.4.1 Dourada (*Sparus aurata*)

A dourada *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) é um peixe teleósteo, membro da família Sparidae (Figura 3), de águas salobras, demersal, com faixa de distribuição entre 1 a 150 m (geralmente de 1 a 30 m) e subtropical, tendo como habitat natural o Atlântico oriental (ilhas britânicas, do estreito de Gibraltar a Cabo Verde e ilhas Canárias) e também o Mediterrâneo. Apresenta espinhas dorsais, um corpo ovalado de cor cinzento-prata (Centro de Ciências do Mar [CCMAR] *et al.*, 2014), mancha dourada a nível dos olhos, uma mancha preta no opérculo branquial e o focinho tem mais do dobro do diâmetro do olho. Vive solitária ou em pequenos grupos (CCMAR *et al.*, 2014), é uma espécie carnívora e acessoriamente herbívora, alimentando-se de marisco, incluindo mexilhões e ostras (FishBase, 2014). Reproduz-se de outubro a dezembro e, apesar de desovar no mar, os juvenis procuram a proteção dos estuários para se desenvolverem (CCMAR *et al.*, 2014).

Reino: Animalia Filo: Chordata Subfilo: Vertebrata Superclasse: Actinopterygii Classe: Teleostei Superordem: Acanthopterygii Ordem: Perciformes Subordem: Percoidei Família: Sparidae Gênero: <i>Sparus</i> Espécie: <i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758) Sinónimo: <i>Sparus auratus</i> (Linnaeus, 1758)	 Nomes comuns: dourada Comprimento na primeira maturidade: 33-40cm Comprimento comum: 35 cm Tamanho mínimo para captura: 19 cm nas águas da União Europeia
--	--

Figura 3. Classificação taxonômica, fotografia e dados gerais da dourada *Sparus aurata*. Adaptado de FishBase (2014) e ITIS (2018a); fotografia original.

Na Europa, é um dos peixes mais importantes na aquacultura salina e hipersalina (FishBase, 2014), sendo um dos principais peixes cultivados nos países do Mediterrâneo (FAO, 2016; Goulas & Kontominas, 2007).

De um modo geral, a composição química das douradas selvagens apresenta variações sazonais. No entanto, a ampla diversidade de valores da composição química da dourada de aquacultura, encontrados na literatura (ver Tabela 1), sugere que fatores genéticos, variáveis

ambientais, o histórico da alimentação (energia das dietas e taxas de alimentação), entre outros, influenciam os resultados obtidos (Grigorakis, 2007; Hurtado-Rodriguez *et al.*, 2010). Embora os dados não sejam consistentes e sejam condicionados pela origem dos peixes (selvagens ou de aquacultura), para García-Gallego & Akharbach (1998), Grigorakis *et al.* (2002), Lie (2001) e Rueda *et al.* (2001), é determinante o papel da dieta na sua composição lipídica, em detrimento dos fatores genéticos, da fase de desenvolvimento e de variáveis ambientais (tais como temperatura e salinidade). Na produção aquícola, a abundância de alimento e as condições controladas não são comparáveis com as registadas no meio natural. Neste caso, de um modo geral, o ciclo reprodutivo é o fator mais determinante das variações sazonais da composição química (Cardinal *et al.*, 2011; Grigorakis, 2007; Grigorakis *et al.*, 2002; Hurtado-Rodriguez *et al.*, 2010; Senso *et al.*, 2007).

As douradas de aquacultura e selvagens têm essencialmente o mesmo teor de proteína (Grigorakis, Taylor & Alexis, 2003; Kyrana, Lougovois & Valsamis, 1997; Šimat *et al.*, 2012) e este não varia em função da época do ano de captura (Grigorakis, 2007). Douradas criadas em condições intensivas, em França, Grécia e Espanha, apresentaram um bom equilíbrio em aminoácidos essenciais, e a influência potencial da alimentação ou de outros fatores de criação não se refletiram no perfil de aminoácidos do músculo (Cardinal *et al.*, 2011). Porém, Grigorakis (2007) constatou que as douradas selvagens apresentavam um teor de gordura muscular significativamente menor e maior teor de humidade muscular em comparação com as de aquacultura. Na produção de organismos aquáticos, as douradas apresentam um elevado crescimento, sendo comercialmente rentáveis. Nas douradas de tamanho comercial, o músculo esquelético representa cerca de 34 % – 48 % do peso corporal total (Grigorakis & Alexis, 2005; Testi *et al.*, 2006). Todavia, os diferentes sistemas de cultivo, a origem genética e os diferentes lotes, causam grande variabilidade na produção e, conseqüentemente, na qualidade do produto final. Para Cardinal *et al.* (2011), a escolha da formulação das rações comerciais é, certamente, um dos principais determinantes da qualidade da carne final dos peixes de aquacultura. Por outro lado, o manuseamento e a conservação *post-mortem* (refrigeração, congelação, entre outros) influenciam também a qualidade final do músculo (Ayala *et al.*, 2010).

Tabela 1. Composição química média do músculo de dourada (*S. aurata*)

Origem	Humidade (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinza (%)	Época captura/Local/Peso médio			Referência
Selvagem	78,1	20,0	1,2	1,4	Janeiro	Ilha Poros, Grécia	400 g	Grigorakis <i>et al.</i> (2003)
	74,5	20,2	3,7	1,4	Janeiro	Ilha Poros, Grécia	400 g	Grigorakis <i>et al.</i> (2003)
	78,1	20,1	1,2	1,4	Janeiro	Ilha Poros, Grécia	380 g	Grigorakis <i>et al.</i> (2002)
	77,3	19,3	1,6	1,3	Fevereiro	Turquia	113 g	Özyurt, Polat & Özkütük (2005)
	79,1	19,9	0,9	1,1	Abril	Mar Adriático	380 a 420 g	Šimat <i>et al.</i> (2012)
	76,4	19,3	2,0	1,4	Abril	Turquia	113 g	Özyurt <i>et al.</i> (2005)
	76,5	21,2	0,9	1,4	Primavera	Mediterrâneo	300 a 340 g	Flos <i>et al.</i> (2002)
	79,9	19,5	0,9	1,5	Mai	Ilha Poros, Grécia	501 g	Grigorakis <i>et al.</i> (2002)
	75,4	19,9	3,0	1,4	Julho	Turquia	113 g	Özyurt <i>et al.</i> (2005)
75,9	19,8	2,0	1,3	Novembro	Turquia	113 g	Özyurt <i>et al.</i> (2005)	
Aquacultura	71,2	18,1	9,8	1,4	Janeiro	Ilha Poros, Grécia	400 g	Grigorakis <i>et al.</i> (2003)
	69,6	20,0	8,9	1,4	Janeiro	Ilha Poros, Grécia	400 g	Grigorakis <i>et al.</i> (2003)
	75,7	19,7	3,4	1,4	Fevereiro	Mediterrâneo, Almeria, Espanha	280 g	Senso <i>et al.</i> (2007)
	---	19,5	8,1	---	Março	Mediterrâneo (Grécia, França e Espanha)	419 g	Cardinal <i>et al.</i> (2011)
	74,5	19,6	4,2	1,1	Abril	Croácia	380 a 420 g	Šimat <i>et al.</i> (2012)
	65,8	20,1	7,4	1,4	Abril	Ilha Poros, Grécia	210 g	Hurtado-Rodriguez <i>et al.</i> (2010)
	74,6	19,4	3,7	1,4	Abril	Almeria, Espanha	298 g	Senso <i>et al.</i> (2007)
	76,6	19,2	2,5	1,4	Junho	Almeria, Espanha	274 g	Senso <i>et al.</i> (2007)
	72,7	21,5	3,6	1,5	Junho	Ilha Poros, Grécia	281 g	Hurtado-Rodriguez <i>et al.</i> (2010)
	---	18,5	9,8	---	Junho	Mediterrâneo (Grécia, França e Espanha)	350 g	Cardinal <i>et al.</i> (2011)
	71,4	21,4	4,9	1,4	Julho	Ilha Poros, Grécia	272 g	Hurtado-Rodriguez <i>et al.</i> (2010)
	72,4	19,9	6,2	1,4	Julho	Igoumenitsa, Grécia	305 g	Goulas & Kontominas (2007)
	75,0	19,8	3,6	1,4	Agosto	Almeria, Espanha	261 g	Senso <i>et al.</i> (2007)
	75,2	20,0	2,8	1,5	Outubro	Almeria, Espanha	314 g	Senso <i>et al.</i> (2007)
	---	20,6	11,9	---	Outubro	Mediterrâneo (Grécia, França e Espanha)	384 g	Cardinal <i>et al.</i> (2011)
71,9	20,1	6,0	1,4	Novembro	Ilha Poros, Grécia	432 g	Hurtado-Rodriguez <i>et al.</i> (2010)	
75,8	20,2	3,1	1,4	Dezembro	Almeria, Espanha	266 g	Senso <i>et al.</i> (2007)	

1.4.2 Robalo (*Dicentrarchus labrax*)

O robalo *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) é um peixe teleósteo, demersal, com distribuição entre 1 a 100 m, tendo como habitat natural o Atlântico oriental (Noruega a Marrocos, Ilhas Canárias e Senegal) e também o Mediterrâneo e o Mar Negro. Na Figura 4, apresenta-se a classificação taxonómica, fotografia e dados gerais do robalo *D. labrax*. Tem um corpo alongado, de cor cinzento-prateado, com reflexos azuis ou verdes (CCMAR *et al.*, 2014), apresenta espinhas dorsais, escamas cicloides na cabeça e no espaço inter orbital. Tem dois espinhos operculares planos, a borda posterior do opérculo é finamente serrilhada e a borda inferior é denteada. A boca é moderadamente protráctil e contém dentes vomerianos apenas anteriormente e em banda crescente. Os jovens apresentam algumas manchas escuras na parte superior do corpo.

O robalo pode ser encontrado na zona litoral em vários tipos de fundos, em estuários (águas salobras), lagoas e, ocasionalmente, em rios. Os indivíduos desta espécie entram nas águas costeiras e nas entradas de rio, no verão, mas migram para o mar, em clima frio, e ocorrem em águas profundas durante o inverno (Fishbase, 2018a). Os juvenis encontram-se junto aos estuários, sendo tolerantes a águas de baixa salinidade (CCMAR *et al.*, 2014).

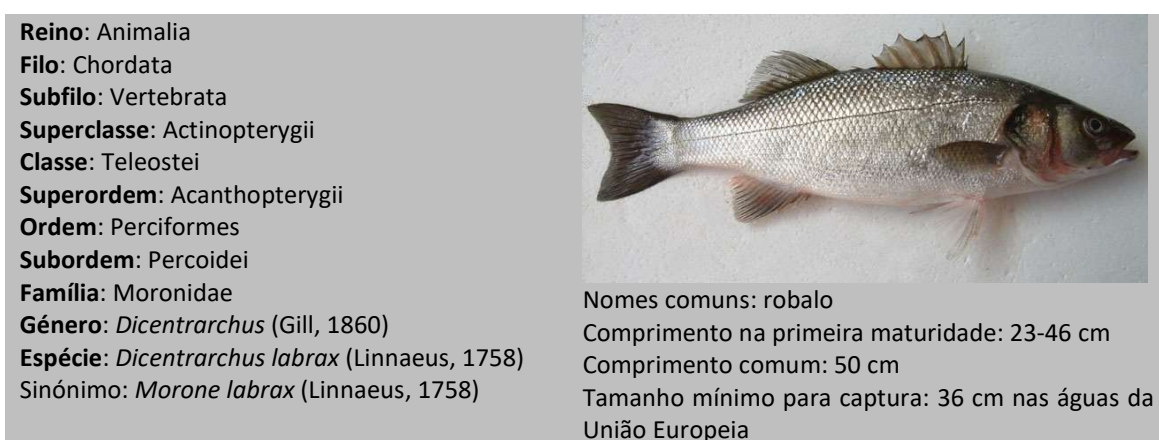


Figura 4. Classificação taxonómica, fotografia e dados gerais do robalo *D. labrax*.

Adaptado de Fishbase (2018a) e de ITIS (2018b); fotografia tirada por Crocetta, F..

A composição química do músculo dos peixes de aquacultura depende de muitos fatores que afetam a qualidade, tais como a espécie, idade, tamanho, sexo, desova (Gallagher, Kane & Beringer, 1984; Giogios, Grigorakis & Kalogeropoulos, 2013; Grigorakis, 2007), fatores ambientais (estação do ano, temperatura da água, salinidade, mudanças no fotoperíodo e origem geográfica) (Andrew, Holm & Huntingford, 2004; Bagni *et al.*, 2007; Calabretti *et al.*, 2003; Eroldoğan, Kumlu & Aktaş, 2004) e alimentação, especialmente nos peixes de aquacultura (composição da dieta e taxa de alimentação) (Boujard *et al.*, 2004). O sabor/aroma do músculo de peixe depende da sua composição química e também do método

de captura e posterior manipulação (Nasopoulou, Karantonis & Zabetakis, 2011). A temperatura (dependente da época do ano) tem um efeito significativo na taxa de crescimento do robalo e determina a qualidade do músculo do peixe (Cardoso *et al.*, 2014; Ruyet *et al.*, 2004). No verão, a temperatura mais alta induz uma alimentação mais intensiva e eficiente no robalo (Ruyet *et al.*, 2004), permitindo uma maior e mais rápida acumulação de gordura no peixe.

As condições de cultivo das espécies de aquacultura têm um forte impacto na qualidade do produto final. Vários estudos têm sido realizados sobre comparação do músculo de robalo selvagem e o de aquacultura (Tabela 2). Para a composição química, aminoácidos, teor em ácidos gordos, aspeto externo e características organoléticas, Grigorakis (2007) verificou que o robalo de aquacultura apresentava apenas um maior e significativo teor de cinza, comparativamente com o selvagem. Fuentes *et al.* (2010), em robalo de aquacultura de duas áreas geográficas diferentes (Grécia e Espanha) e de origem selvagem, verificaram que o músculo do peixe selvagem era mais firme, o que poderia ser atribuído ao menor teor de gordura e maior nível de atividade física em relação aos peixes de aquacultura. De um modo geral, embora dependendo da alimentação, o teor em lípidos, no robalo de aquacultura, é maior do que o do robalo selvagem (Alasalvar *et al.*, 2002; Grigorakis *et al.*, 2002). Mas, no estudo de Lenas *et al.* (2011), o robalo selvagem apresentou uma concentração significativamente maior de ácidos gordos benéficos para a saúde humana, nomeadamente, o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexanóico (DHA). Dado que o perfil de ácidos gordos dos lípidos é fortemente influenciado pelo perfil lipídico da dieta, o valor nutricional dos peixes de aquacultura pode ser melhorado através de dietas enriquecidas em ácidos gordos (Fountoulaki *et al.*, 2009; Grigorakis *et al.*, 2002; Izquierdo *et al.*, 2005; Nasopoulou *et al.*, 2011)

Em estudos sobre robalo de aquacultura, Cardoso *et al.* (2014) verificaram que o músculo do robalo capturado no verão tinha mais gordura do que o de inverno, 14,2 % e 9,7 % respetivamente, não se verificando variações no teor proteico (18,5 %) e no teor de cinza (1,2 %). O teor de humidade correlacionou-se inversamente com o teor de gordura, sendo menor no peixe de verão (65,9 %) do que no de inverno (70,8 %). Nos robalos de tamanho comercial, o músculo esquelético representa cerca de 44,2 % (Boujard *et al.*, 2004) a 56,9 % (Eroldoğan *et al.*, 2004) do peso corporal total.

1.4.3 Corvina (*Argyrosomus regius*)

A corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) é um peixe teleósteo da família Sciaenidae, bentopelágica, que pode ser encontrada entre 15 a 300 m de profundidade, em águas

subtropicais do oceano Atlântico oriental (da Noruega a Gibraltar) e do Congo, assim como no Mediterrâneo e no Mar Negro.

Os principais locais de desembarque da corvina selvagem ficam situados no sul de Espanha, Portugal e oeste de França, onde atinge tamanhos normalmente acima de 5 kg (Prista *et al.*, 2009).

Habita toda a coluna de água, encontrando-se os adultos nas águas costeiras e águas médias, perto do fundo, bem como na superfície e em águas da plataforma continental (Fishbase, 2018b). Reproduz-se de abril a julho, desovando em estuários e lagoas costeiras (CCMAR *et al.*, 2014; Fishbase, 2018b). Os adultos e os juvenis são migratórios, movendo-se ao longo da costa, mais ao largo, ou mais perto de terra, em resposta à mudança de temperatura. É migradora e alimenta-se de peixes e crustáceos (Fishbase, 2018b). Apresenta corpo alongado, cor prateada, com o dorso escurecido, uma boca grande, com dentes em várias fiadas, escamas ásperas e oblíquas (CCMAR *et al.*, 2014; Fishbase, 2018b) (ver Figura 5).

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Subfilo: Vertebrata

Superclasse: Actinopterygii

Classe: Teleostei

Superordem: Acanthopterygii

Ordem: Perciformes

Subordem: Percoidei

Família: Sciaenidae

Género: *Argyrosomus* De la Pylaie (1835)

Espécie: *Argyrosomus regius* (Asso, 1801)

Nomes comuns: corvina



Comprimento na primeira maturidade: ≈ 80cm

Comprimento comum: 150 cm

Tamanho mínimo para captura: 42 cm nas águas da União Europeia

Figura 5. Classificação taxonómica, fotografia e dados gerais da corvina *A. regius*.

Adaptado de Fishbase (2018b) e ITIS (2018c); fotografia original.

Embora a história da aquacultura da corvina (*A. regius*) seja bastante recente, é já uma das espécies mais promissoras para a diversificação da aquacultura no mediterrâneo (Giogios *et al.*, 2013). Para além de apresentar bom aspeto e baixo teor de gordura muscular (Monfort, 2010), é de rápido crescimento (cerca de 1 kg em 18 meses) (Hernández *et al.*, 2009; Poli *et al.*, 2003), atingindo 2,5 kg em dois anos (dependendo das condições do cultivo) e um índice de conversão de 0,9-1,2 (dependendo da alimentação) (Monfort, 2010). O facto de alcançar rapidamente tamanhos comercializáveis torna-se uma mais-valia para o processamento, criando-se um nicho de mercado diferente para a corvina, comparando com outras espécies (FAO, 2018).

Vários estudos foram feitos sobre a composição química da corvina selvagem *versus* aquacultura, conforme evidenciado na Tabela 3.

Tabela 2. Composição química média do músculo de robalo (*D. labrax*)

Origem	Humidade (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinza (%)	Época captura/Local/Peso médio			Referência
Selvagem	77,4	19,8	1,2	1,2	Fevereiro	Golfo de İskenderun, costa mediterrânea da Turquia	354 g	Özyurt & Polat (2006)
	70,8	21,4	6,1	1,3	Abril	Golfo de İskenderun, costa mediterrânea da Turquia	350 g	Özyurt & Polat (2006)
	75,5	19,2	1,4	1,5	Maio	Lagoa do Mar Egeu	203 g	Alasalvar <i>et al.</i> (2002)
	77,5	21,6	1,0	1,3	Junho	Costa mediterrânea de Espanha	439 g	Fuentes <i>et al.</i> (2010)
	71,0	21,8	5,9	1,1	Julho	Golfo de İskenderun, costa mediterrânea da Turquia	352 g	Özyurt & Polat (2006)
	77,3	18,7	2,2	1,2	Novembro	Golfo de İskenderun, costa mediterrânea da Turquia	344 g	Özyurt & Polat (2006)
Aquacultura	70,8	18,5	9,7	1,2	Março	Costa oeste do mar Egeu da Grécia.	350 g	Cardoso <i>et al.</i> (2014)
	72,2	20,7	5,2	1,5	Maio	Grécia	224 g	Alasalvar <i>et al.</i> (2002)
	74,6	19,1	4,4	1,2	Junho	Ilha de Serifos (Mar Egeu, Grécia)	396 g	Fuentes <i>et al.</i> (2010)
	76,7	17,4	4,6	1,2	Junho	Mar Mediterrâneo, costa leste Espanha	401 g	Fuentes <i>et al.</i> (2010)
	70,7	20,4	6,1	1,7	Junho/julho	Mar Egeu	335 g	Erkan & Özden (2007)
	65,9	18,5	14,2	1,2	Outubro	Costa oeste do mar Egeu da Grécia	350 g	Cardoso <i>et al.</i> (2014)
	76,7	19,4	4,8	1,2	---	Grécia	302 g	Kyranas & Lougovoios (2002)

Tabela 3. Composição química média do músculo de corvina (*A. regius*)

Origem	Humidade (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinza (%)	Época captura/Local/Peso médio			Referência
Selvagem	81,4	17,2	0,6	0,8	Setembro	Costa atlântica, Portugal	3700 g	Saavedra <i>et al.</i> (2017)
	79,8	17,9	0,5	1,2	---	Costa atlântica, Portugal	600 g	Chaguri <i>et al.</i> (2017)
	76,4	20,9	1,4	1,3	Primavera	Golfo Evian, Grécia	1421 g	Sinanoglou <i>et al.</i> (2014)
	78,7	19,0	0,5	1,3	---	Costa atlântica, Portugal	4460 g	Chaguri <i>et al.</i> (2017)
Aquacultura	76,3	19,8	2,5	1,3	---	Gaiolas flutuantes, Sudeste de Espanha	2370 g	Hernández <i>et al.</i> (2009)
	76,5	20,1	1,1	1,4	Janeiro	Souda, Chania, Creta, Grécia.	871 g	Giogios <i>et al.</i> (2013)
	76,8	20,1	0,7	1,4	Janeiro	Souda-Chania, Creta, Grécia.	1536 g	Giogios <i>et al.</i> (2013)
	72,7	19,1	1,7	1,1	---	Itália	650 g	Orban <i>et al.</i> (2008)
	76,1	21,7	4,2	0,4	---	Itália	4830 g	Orban <i>et al.</i> (2008)
	75,1	---	1,8	1,3	Primavera	Gaiolas no Golfo Evian, Grécia	1344 g	Sinanoglou <i>et al.</i> (2014)
	76,3	21,0	1,4	1,3	---	Olhão, Portugal	601 g	Costa <i>et al.</i> (2013)
	76,6	20,9	1,1	1,4	Fevereiro	Souda, Creta, Greece	1108g	Fountoulaki <i>et al.</i> (2017)
	74,8	19,7	3,9		Setembro	Olhão, Portugal	3800 g	Saavedra <i>et al.</i> (2017)
	76,3	19,6	1,4	1,3	---	Olhão, Portugal	600 g	Chaguri <i>et al.</i> (2017)
75,2	21,2	1,5	1,3	---	Olhão, Portugal	1500 g	Chaguri <i>et al.</i> (2017)	

Embora em número relativamente reduzido, os estudos revelam que as corvinas de aquacultura de maior tamanho (> 3 kg) parecem ser potencialmente mais interessantes para os consumidores, pois apresentam uma elevada qualidade do músculo, valores proteicos e teor de gordura (com contribuição nutricional do ácido eicosapentaenóico (EPA) + ácido docosahexanóico (DHA)) superiores às selvagens (Saavedra *et al.*, 2017; Sinanoglou *et al.*, 2014). A qualidade do músculo é considerada excepcional (Papadakis *et al.*, 2013), apresentando excelente sabor e textura firme (Monfort, 2010; Shabana, Rahman & Al-Absawy, 2012). Embora o músculo de corvina de aquacultura apresente uma menor dureza que a selvagem, a densidade e a área das fibras musculares mostraram-se semelhantes entre as selvagens e as de aquacultura (Saavedra *et al.*, 2017).

2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL DO PESCADO, PREPARAÇÃO DE POLPAS E PRINCIPAIS APLICAÇÕES

2.1 Introdução

Os produtos da pesca apresentam um grande potencial dada a ampla diversidade de espécies, a larga gama de aplicações e o valor nutricional (Cardoso, 2011). Adicionalmente, a crescente procura de produtos prontos a consumir ou pré-confecionados leva a que o mercado de produtos preparados com pescado tenha vindo a crescer. Este tipo de produtos permite aumentar o valor acrescentado do pescado e o aproveitamento e valorização de espécies subvalorizadas ou subaproveitadas, além de contribuir para o aumento da diversidade da oferta de produtos derivados do pescado. Este valor acrescentado do pescado resulta de diferentes tipos de operações tecnológicas, mistura com ingredientes, ou inclusão de aditivos, utilização de embalagens e também da incorporação de mão-de-obra no processamento a nível industrial. Deste modo, torna-se igualmente possível a valorização de espécies que, pelas suas características, apresentam um baixo valor comercial e também um maior aproveitamento do pescado, ao permitir a recolha dos subprodutos gerados no processamento e posterior valorização.

Em termos económicos, a transformação do pescado e o desenvolvimento de produtos processados tem muita importância a nível mundial. Assim, para os pescadores, isso possibilita o aproveitamento de algumas espécies capturadas em épocas do ano em que não são procuradas pelos consumidores e, para estes, permite o consumo de produtos em épocas do ano em que não é possível a sua disponibilidade em fresco.

Em termos de economia interna, a produção e a produtividade das indústrias de conservação e de transformação assegura o emprego e concorre para o equilíbrio da balança

de pagamentos. Neste sentido, é indispensável que as empresas diversifiquem os produtos, para poderem satisfazer os diferentes consumidores, aumentar a sua competitividade e melhor se prepararem para os desafios do futuro.

2.2 Composição química do pescado e valor nutricional

O pescado é constituído principalmente por água, proteínas, lípidos e sais minerais, apresentando também baixos teores de vitaminas e hidratos de carbono dos quais se destaca o glicogénio (Hawthorn, 1983; Madrid & Madrid, 1999; Masniyom, 2011; Vaclavik & Christian, 2008). O pescado faz parte de uma dieta equilibrada em virtude da alta qualidade das proteínas e dos lípidos ricos nos ácidos gordos polinsaturados de cadeia longa ómega 3 (ω 3), principalmente ácido eicosapentaenóico (20:5 ω 3 EPA) e ácido docosahexaenóico (22:6 ω 3 DHA), cujos múltiplos efeitos na promoção da saúde e prevenção de doenças são bem reconhecidos (Gil & Gil, 2015; Jabeen & Shakoor, 2011; Nogueira, Cordeiro & Aveiro, 2013). O pescado é também uma fonte de micronutrientes que incluem as vitaminas D, A, E e B12, e minerais essenciais. Na Tabela 4 apresentam-se valores das gamas de variação usuais das percentagens dos principais constituintes, assim como os valores extremos que se podem observar na composição química do músculo do pescado.

Tabela 4. Composição química do músculo do pescado

Constituinte	Pescado (filete)		
	Mínimo (%)	Variação normal (%)	Máximo (%)
Humidade	28	66-81	96
Proteínas	6	16-21	28
Lípidos	0,1	0,2-25	67
Cinza	0,4	1,2-1,5	1,5
Hidratos de carbono		< 0,5	

Retirado de FAO (1999), Love (1970) e Stansby (1962).

A água é o principal componente do pescado, chegando a atingir 80 % da fração edível, percentagem ligeiramente superior à presente na carne. A água desempenha um papel importante no processo de conservação do pescado, pois é, em grande parte, responsável pela textura do músculo e pela sua alteração (Sainclivier, 1983). O teor de humidade do tecido muscular do pescado relaciona-se inversamente com o conteúdo em lípidos (Venugopal & Shahidi, 1996). Segundo Stansby (1968), a soma destes dois componentes da composição química do pescado é próxima de 80 %. O emagrecimento do peixe é acompanhado por um aumento do teor de água, levando a que aumente a densidade (Hawthorn, 1983).

As proteínas são percentualmente o segundo maior constituinte dos peixes, moluscos e crustáceos (Madrid & Madrid, 1999), fazendo do pescado uma fonte primordial de proteína na dieta alimentar.

As proteínas do músculo podem ser classificadas em três grupos, de acordo com a sua solubilidade e com as diferentes funções que desempenham no músculo: proteínas sarcoplasmáticas ou solúveis, proteínas miofibrilares ou contrácteis e proteínas do estroma (tecido conjuntivo) ou insolúveis (Kijowski, 2001). No pescado, as quantidades relativas destes grupos de proteínas dependem do desenvolvimento sexual e da condição física do peixe e é possível que variem ao longo do ciclo anual, embora de modo pouco expressivo (Sikorski *et al.*, 1990a).

As proteínas sarcoplasmáticas representam cerca de 16 a 22 % das proteínas totais; as miofibrilares, presentes no sistema contráctil, correspondem aproximadamente a 75 % do total; as do estroma encontram-se no tecido conjuntivo, constituindo cerca de 3 % nos teleósteos e podendo atingir 10 % nos peixes cartilagosos (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009). Muitas das proteínas sarcoplasmáticas são enzimas, incluindo-se também neste grupo a hemoglobina, a mioglobina e o citocromo cujo teor no pescado apresenta grandes variações (Belitz *et al.*, 2009). São proteínas heme, responsáveis pela qualidade do músculo do pescado, particularmente no desenvolvimento da cor e do ranço (Chaijan & Undeland, 2015). No sangue do músculo claro, encontra-se essencialmente a hemoglobina (Johnston, 1980), enquanto que, no músculo escuro, estão presentes a hemoglobina e a mioglobina (Haard, 1992; Richards & Hultin, 2002).

A boa digestibilidade do músculo de pescado deve-se à baixa proporção de colagénio que as proteínas apresentam (Pleadin *et al.*, 2017), à menor estabilidade térmica das proteínas contrácteis e maior rapidez da hidrólise pela tripsina e quimotripsina (Belitz *et al.*, 2009). O menor conteúdo de proteínas do tecido conjuntivo do pescado e a baixa temperatura de retração do colagénio (cerca de 45 °C), face ao músculo de mamíferos (cerca de 60 °C a 65 °C), faz com que o músculo de pescado seja mais tenro (Belitz *et al.*, 2009). No Capítulo 3, apresenta-se uma mais profunda abordagem sobre as propriedades estruturais e funcionais das proteínas do pescado.

O pescado também apresenta na sua composição química outros produtos azotados não proteicos (Belitz *et al.*, 2009). A sua contribuição para o teor de azoto total no pescado depende da espécie e varia entre 10 % a 40 % (Venugopal & Shahidi, 1996), 9 % a 18 % nos peixes teleósteos e cerca de 33 % a 38 % nos peixes cartilagosos (Belitz *et al.*, 2009). Do azoto não proteico fazem parte aminoácidos livres, péptidos, aminas, óxido de trimetilamina, compostos guanidínicos, compostos de amónio quaternário, purinas e ureia (Belitz *et al.*,

2009). Os peixes com mais músculo escuro, de uma maneira geral, são mais ricos em compostos azotados não proteicos, comparativamente aos peixes de músculo claro (Baracco *et al.*, 1990).

Considerando o perfil de aminoácidos das proteínas de pescado, pode-se afirmar que apresentam um valor biológico equivalente ao da carne dos animais endotérmicos (Belitz *et al.*, 2009). Podem portanto ser usadas para complementar o padrão de aminoácidos e a qualidade geral em proteína de uma dieta (Jabeen & Shakoor, 2011). Os aminoácidos livres assumem um papel relevante em relação ao valor organolético dos alimentos, uma vez que contribuem para o seu sabor. Segundo Belitz *et al.* (2009), são precursores de componentes aromáticos e substâncias coradas, formadas por reações térmicas e/ou enzimáticas que ocorrem durante a produção, preparação e armazenamento dos alimentos. Por exemplo, o ácido L-glutâmico, em concentrações elevadas, sabe a caldo de carne e, em baixas concentrações, intensifica o sabor do alimento (Belitz *et al.*, 2009). A qualidade gustativa depende da configuração, sendo que se atribui o sabor doce à maior parte dos aminoácidos da série D e o sabor amargo aos da série L (Belitz *et al.*, 2009).

Os aminoácidos essenciais que se encontram em maiores quantidades no pescado, tendo como exemplo a dourada e a sardinha (em g por 100 g de parte edível), são, para ambas as espécies, a lisina (1,8 g), leucina (1,5 g), arginina (1,1 g), valina (1,0 g), isoleucina (0,9 g e 0,8 g respetivamente), fenilalanina (0,8 g), treonina (0,8 g), serina (0,7 g e 0,8 g respetivamente) e metionina (0,5 g) (Batista, Nunes & Bandarra, 2008). A histidina livre encontra-se em maior quantidade nalgumas espécies da família dos Scombridae, Clupeidae, Carangidae, Salmonidae e Coryphaenidae, com uma grande percentagem de músculo escuro (0,6 % até mais de 2 % no músculo em fresco), contrastando com espécies da família Merlucciidae, Sparidae, Trichiuridae e Gadidae, com reduzida percentagem de músculo escuro (0,005 % a 0,05 % no músculo em fresco) (Belitz *et al.*, 2009; Greek-Walker & Pull, 1975). No músculo de pescado, podemos ainda encontrar 1-metilhistidina livre, anserina e carnosina (25 mg/kg) e taurina (500 mg/kg) (Belitz *et al.*, 2009). As gamas de variação dos teores de aminas, óxido de trimetilamina, compostos guanidínicos, compostos de amónio quaternários, purinas e ureia, por grupos de peixes, apresentam-se na Tabela 5.

A composição em aminoácidos livres pode alterar-se durante o processamento e o armazenamento (Delgado, Almeida & Parisi, 2017). Na fração amínica, além das aminas voláteis (trimetilamina, dimetilamina, metilamina) e amoníaco – podem encontrar-se outras aminas designadas biogénicas, resultantes da degradação de aminoácidos livres, incluindo a histamina (Delgado *et al.*, 2017). A histamina, potente alergénico, resulta da descarboxilação da histidina pela enzima histidina descarboxilase (Delgado *et al.*, 2017).

Tabela 5. Compostos azotados não proteicos presentes no pescado

Compostos azotados não proteicos (%)	Peixes		
	Marinhos	Água doce	Cartilagosos
Aminas: Óxido de trimetilamina	40-120 mg/kg	0-5 mg/kg	---
Compostos guanidínicos: Creatina	600-700 mg/kg		---
Compostos de amónia quaternário: glicina-betaína γ -butirobetaína	Pequenas quantidades		---
Purinas	300 mg/kg		---
Ureia	---	---	1,3-2,1 g/kg

Retirado de Belitz *et al.* (2009).

As substâncias azotadas não proteicas influenciam as características sensoriais e têm um papel relevante na deterioração do pescado (Batista *et al.*, 2008). A concentração de bases azotadas voláteis é um índice de degradação, pois aumenta após a morte do peixe, de acordo com o tempo e as condições de armazenagem, embora em algumas espécies só atinja valores significativos no limite de aceitação (Belitz *et al.*, 2009). Além da espécie e do teor de gordura, o sabor do pescado depende também da presença e do tipo de compostos azotados não proteicos (*e. g.* aminoácidos livres e nucleótidos) (Venugopal & Shahidi, 1996). O amoníaco surge nos produtos da pesca, especialmente nos elasmobrânquios, como resultado da degradação da ureia, influenciando as suas características organoléticas (Batista *et al.*, 2008). O óxido de trimetilamina, presente na maioria das espécies marinhas, após a morte e por ação bacteriana, é reduzido a trimetilamina, dimetilamina e formaldeído; por via enzimática endógena, no pescado congelado (Batista *et al.*, 2008). A trimetilamina encontra-se presente em quantidades muito baixas no peixe vivo, mas, após a morte, aumenta ao mesmo tempo que a população bacteriana, contribuindo para o aparecimento do cheiro característico a peixe, diminuição do período de conservação e alteração de atributos organoléticos (Baracco *et al.*, 1990).

Os lípidos do pescado são um nutriente importante na alimentação, quer como fonte de energia, quer devido à presença de alguns ácidos gordos (Rueda *et al.*, 2001). O teor de gordura do pescado apresenta grandes diferenças interespecíficas e também intraespecíficas, particularmente nas espécies gordas (Belitz *et al.*, 2009). O pescado, de acordo com o teor em gordura, classifica-se em pescado magro (0,1 a 2 %), semi-gordo (2 a 5 %) e gordo (> 5 %), podendo-se ainda considerar o pescado muito magro (*e.g.* bacalhau com 0,1 % a 0,3 % de gordura) e o pescado muito gordo (*e.g.* arenque, atum, sardinha, com 16 % a 26 % de gordura) (Belitz *et al.*, 2009). Esta variabilidade não só depende da espécie como também do ciclo de maturação sexual, da época da desova, da composição e quantidade de alimento disponível (Belitz *et al.*, 2009; Nogueira *et al.*, 2013).

A gordura, no peixe gordo, deposita-se no músculo, na camada subcutânea e nas vísceras, e, no peixe magro, acumula-se no fígado. A principal característica da gordura do pescado é a elevada proporção de ácidos gordos insaturados com 4 a 6 ligações duplas (Belitz *et al.*, 2009). Como já referido anteriormente, destes ácidos gordos $\omega 3$ altamente insaturados (HUFA) destacam-se o ácido eicosapentaenóico (EPA: 20:5, $\omega 3$) e o ácido docosahexaenóico (DHA: 22:6, $\omega 3$), levando a que o pescado seja um alimento que oferece muitos benefícios para a saúde (Nogueira *et al.*, 2013; Sargent & Tacon, 1999). As recomendações atuais da classe médica e de outras instituições sobre o consumo do pescado baseiam-se em fortes evidências fornecidas por uma diversidade de abordagens científicas, que relacionam a deficiência dietética de ácidos gordos $\omega 3$ de cadeia longa com o risco de doenças cardiovasculares, evidenciando-se a morte súbita (Harris, 2007). Sabe-se que os ácidos gordos $\omega 6$ e $\omega 3$ são metabolizados pelo mesmo conjunto de enzimas, competindo assim pelos mesmos centros ativos (Stark, Crawford & Reifen, 2008). Os metabolitos dos ácidos gordos $\omega 3$ são anti-inflamatórios e antiarrítmicos (Connor & Connor, 2000; Stark *et al.*, 2008) enquanto os metabolitos dos ácidos gordos $\omega 6$ podem resultar na acumulação de compostos pró-trombóticos e pró-inflamatórios (Galli & Calder, 2009); a preferência pelo peixe pode limitar estes efeitos negativos, dado o seu alto teor de PUFA $\omega 3$ (Stark *et al.*, 2008). De um modo geral, as orientações dietéticas para um adulto recomendam em média um consumo mínimo de 250-500 mg/dia da combinação EPA-DHA (Smit, Mozaffarian & Willett, 2009). Todavia, dado o baixo teor de antioxidantes naturais no músculo do pescado e o elevado grau de insaturação dos lípidos, isso leva a que os processos de oxidação sejam muito relevantes, como, por exemplo, no pescado congelado (Belitz *et al.*, 2009).

A presença de gordura na dieta é também importante, ao favorecer a absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e para regular o metabolismo do colesterol do corpo (Connor *et al.*, 2000; Jabeen & Shakoob, 2011; Kris-etherton, Harris & Appel, 2002). No pescado, a quantidade de vitaminas e sais minerais é específica de cada espécie e pode variar com a estação do ano (FAO, 1999). O teor de vitaminas é comparável ao da carne de mamíferos, mas, no caso das vitaminas A e D (Prasanna *et al.*, 2018), estas encontram-se em grandes quantidades nas espécies gordas e em abundância no fígado de espécies como o bacalhau (FAO, 1999), estando também presentes as vitaminas E e K (Belitz *et al.*, 2009). Das vitaminas hidrossolúveis, a tiamina, riboflavina e niacina encontram-se em maior quantidade no pescado, sendo escassa a presença das restantes (Belitz *et al.*, 2009). A elevada quantidade de vitaminas lipossolúveis leva a que se considere a inclusão da carne de pescado e produtos derivados especialmente indicados em regimes alimentares de crianças e doentes (Tscheuschner, 2001).

No que diz respeito ao teor de sais minerais, no músculo do pescado encontra-se fósforo (1730-2170 mg/kg), magnésio (240-310 mg/kg), cálcio (48-420 mg/kg), ferro (5-248 mg/kg), cobre (0,4-1,7 mg/kg), iodo (0,1-1,0 mg/kg) (Belitz *et al.*, 2009; FAO, 1999) e ainda selênio e zinco (Prasanna *et al.*, 2018). O selênio é essencial para o funcionamento normal das enzimas que protegem os tecidos cerebrais e endócrinos dos danos oxidativos (Ralston & Raymond, 2010). Este elemento e o iodo estão também envolvidos na biossíntese das hormonas da tireoide e no seu funcionamento, sendo o pescado o alimento que apresenta teores mais elevados destes dois micronutrientes (Ventura *et al.*, 2016). Segundo o Institute of Medicine dos Estados Unidos (IOM) (2000), a ingestão alimentar diária recomendada para um adulto é de 150 µg de iodo e de 55 µg de selênio. Além disso, o selênio é um antagonista natural do mercúrio, seja metilmercúrio ou mercúrio inorgânico, que pode neutralizar ou eliminar sintomas de alta exposição a esse contaminante (Ralston & Raymond, 2010).

O teor de hidratos de carbono no pescado é, em regra baixo, estando armazenados sobretudo no fígado, sob a forma de glicogénio (Hall, 2001). Em geral, no músculo do pescado, a quantidade de glicogénio corresponde a um valor $\leq 0,3\%$ (Belitz *et al.*, 2009). Segundo Baracco *et al.* (1990), o seu teor varia em função do estado de fadiga do músculo.

2.3 Fatores que podem afetar as características do músculo do pescado

2.3.1 Fatores que podem afetar a composição química do músculo do pescado

Existem muitos fatores que podem afetar a composição química do músculo do pescado. Segundo Shearer (1994), esses fatores podem ser endógenos e exógenos e encontram-se referenciados na Figura 6.

Os fatores endógenos que afetam a composição química do pescado são geneticamente controlados e estão associados ao ciclo de vida (Shearer, 1994). Segundo este mesmo autor, no pescado sob condições de nutrição adequada, os tamanhos relativos dos tecidos e órgãos, assim como os níveis de proteína, aminoácidos e cinza, dependem do tamanho do peixe e da fase do ciclo de vida. As variações individuais, dentro da mesma espécie, estão diretamente relacionadas com fatores intrínsecos, tais como idade, sexo, maturidade e tamanho do pescado (FAO, 1999; Masniyom, 2011; Özogul, Kuley & Özogul, 2007; Spinelli & Dassow, 1982).

A composição química do pescado depende também de fatores exógenos, entre os quais, a época do ano, zona geográfica de captura, alimento disponível e temperatura da água (FAO, 1999; Masniyom, 2011; Özogul & Özogul, 2007, Özogul *et al.*, 2007; Özyurt *et al.*, 2005; Spinelli & Dassow, 1982). Os peixes são poiquilotérmicos pelo que a temperatura do corpo e a taxa metabólica dependem da temperatura da água (Lall & Tibbetts, 2009). A temperatura

ambiental influencia o gasto de energia e a ingestão de nutrientes (Lall & Tibbetts, 2009). Para Stansby (1968), as causas principais das variações observadas na composição química do pescado são a quantidade de alimento ingerido e a quantidade de energia consumida.



Figura 6. Fatores que podem afetar a composição química do pescado.
Adaptado de Shearer (1994).

A proteína, como componente do músculo do pescado, depende principalmente do peso do peixe, independentemente da quantidade e composição da dieta (Shearer, 1994). No entanto, a maturação sexual reduz os níveis de proteína muscular em salmonídeos (Shearer, 1994). O teor proteico poderá então ser considerado um parâmetro que, a partir de uma certa idade ou fase de desenvolvimento, é bastante fixo (Senso *et al.*, 2007). O teor de proteína do músculo de várias espécies de pescado, incluindo a dourada, apresenta-se muito estável, sendo cerca de 20 % (Grigorakis *et al.*, 2002). Grigorakis *et al.* (2002) verificaram que douradas selvagens apresentaram maiores níveis de proteína muscular (cerca de 20 % de proteína *versus* 18 % em peixes cultivados), provavelmente devido ao seu conteúdo de gordura significativamente menor.

Pelo contrário, o teor lipídico dos peixes é altamente variável numa mesma espécie e entre espécies (Shearer, 1994). Múltiplos fatores contribuem para essa variabilidade: tamanho do peixe, fase de maturação, variabilidade individual, a parte do peixe de que a amostra é retirada, zona de captura (Hardy & King, 1989), alimento disponível (Kiessling, Johansson & Storebakken, 1989) e jejum (Lie & Huse, 1992). O teor de gordura total depositada nos peixes, de um modo geral, aumenta com o seu tamanho (Gallagher *et al.*, 1984; Gines *et al.*, 2004; Grigorakis & Alexis, 2005; Hurtado-Rodriguez *et al.*, 2010). A fase de maturação sexual do pescado poderá afetar o conteúdo lipídico, devido ao aumento do consumo de reservas de gordura durante o período de desova (Aidos *et al.*, 2002). Isto significa que o pescado armazena energia antes e esgota-a durante a desova (Usydus, Szlifder-Richert & Adamczyk *et al.*, 2012). Vários investigadores apontam para que as mudanças sazonais no conteúdo lipídico de várias espécies de pescado dependem particularmente da abundância de alimento

(Bandarra *et al.*, 1997; Méndez & González, 1997; Nunes *et al.*, 1992). Dependendo da dieta do pescado no verão, quando os nutrientes são mais abundantes, observa-se um aumento na proporção de matéria seca desse pescado (Özyurt *et al.*, 2005).

A zona de captura, em função das suas características ambientais, tais como temperatura e salinidade, também pode induzir alterações no perfil de ácidos gordos em diferentes espécies de pescado. Quando detetadas, parecem ser mais marcantes nas estruturas lipídicas polares do que nos lípidos neutros de reserva, sugerindo um aumento no grau de insaturação à medida que a temperatura diminui ou a salinidade aumenta, embora os dados não sejam consistentes em todos os casos e são condicionados pela origem do pescado (selvagem ou de criação), reforçando assim o papel determinante da dieta na sua composição lipídica (Cordier, Weber & Zwingelstein, 2002; Delgado *et al.*, 1994; Poli *et al.*, 2003; Tocher & Sargent, 1990). Por outro lado, alterações na temperatura ambiente afetam diretamente as taxas metabólicas basais no pescado ectotérmico e, portanto, a perda de peso não é surpreendente durante os meses mais quentes, se a ingestão de alimentos não variar (Senso *et al.*, 2007). Em dourada, verificou-se que alterações no fotoperíodo afetavam a composição muscular e que a manutenção contínua da luz resultava numa redução do teor de gordura, facto explicado pela hipótese de maior metabolismo de atividade em dias longos (Gines *et al.*, 2004).

Nos peixes de aquacultura, a quantidade de gordura e o perfil de ácidos gordos da parte comestível dependem não apenas de fatores genéticos, mas também de fatores como a fase de desenvolvimento, regime alimentar, composição lipídica da dieta, temperatura ambiente, entre outros (García-Gallego & Akharbach, 1998; Grigorakis *et al.*, 2002; Rueda *et al.*, 2001). Assim, até certo ponto, a composição destes componentes pode ser manipulada, modificando o processo de criação. Os valores de gordura são geralmente mais elevados em pescado de criação do que em semelhantes selvagens (Grigorakis *et al.*, 2002; Orban *et al.*, 2003; Rueda *et al.*, 2001). Esse resultado é atribuído à ingestão mais regular de ração com alta energia e menor gasto em atividade física (Senso *et al.*, 2007).

2.3.2 Fatores que podem afetar as propriedades sensoriais, nutricionais e de frescura do músculo do pescado

Em pescado fresco, a composição química do músculo, principal parte edível, é considerada o aspeto mais importante da qualidade, porém, as suas características sensoriais, juntamente com o grau de frescura, são também importantes parâmetros de qualidade em termos de aceitabilidade do consumidor (Grigorakis, 2007). Estes parâmetros podem sofrer

alterações em função das técnicas de captura, processamento, duração e o método de conservação antes do consumo (Senso *et al.*, 2007).

A arte da pesca de pescado selvagem pode ser realizada por diferentes métodos, mas, em geral, o peixe debate-se fortemente seguindo-se um período de asfixia. O stresse causado no peixe tem repercussões na qualidade, durante o armazenamento em refrigerado. Se o pescado for submetido a um exagerado stresse imediatamente antes da morte, poderá ocorrer uma excessiva acumulação de ácido láctico no músculo que, combinado com alta temperatura, resulta num músculo opaco, com sabor residual ácido e metálico (Goodrick, 1987). Por outro lado, a morte do peixe sob grande stresse leva a que a fase de *rigor mortis* seja mais curta e a um menor período de conservação (Dassow, 1976). Por exemplo, no bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua L.*), Botta, Kennedy & Squares (1987) mostraram que o método de pesca era mais significativo na conservação em refrigerado do que a época de captura.

As boas práticas de manuseamento e conservação do pescado aplicam-se tanto ao selvagem como ao de aquacultura. No entanto, no pescado de aquacultura é possível um melhor controlo das operações de abate, manuseamento e conservação, do que no pescado selvagem (Borderias & Sánchez-Alonso, 2011). Assim, no pescado de aquacultura é possível limitar as situações de stresse durante a captura e o abate (Borderias & Sánchez-Alonso, 2011), permitindo um abate menos doloroso, assim como aumentar o período de conservação e a qualidade do músculo. Além disso, é possível realizar um jejum no pescado de modo a assegurar que o conteúdo do intestino seja evacuado antes da captura. Deste modo, é possível reduzir o número de bactérias produtoras de enzimas capazes de causar autólise *post mortem*, resultando em fortes odores e sabores, especialmente na área abdominal (Huss, 1995).

As alterações *post mortem* que ocorrem no músculo do pescado têm uma influência significativa na indústria alimentar, devido aos seus impactos cruciais na qualidade e na preferência do consumidor. Imediatamente após a morte, o músculo do pescado apresenta-se relaxado, com uma textura elástica e flexível, mas, após algum tempo, o músculo contrai-se (Li, Li & Hu, 2013). Nesta condição, chamada de *rigor mortis*, o músculo perde a sua flexibilidade e fica rijo, podendo apresentar-se assim durante algumas horas ou dias (Li *et al.*, 2013). A duração da fase de *rigor mortis* afeta a conservação do peixe pelo que se procura prolongar esta fase, evitando que o peixe se debata durante a sua captura, de modo a limitar o consumo de glicogénio nesta fase (Cheftel & Cheftel, 1992).

O grau de frescura e a funcionalidade tecnológica do músculo de pescado decrescem rapidamente se a cadeia de frio for interrompida (Pacheco-Aguilar *et al.*, 1998, Vázquez-Ortiz *et al.*, 1997). O efeito do aumento da temperatura após captura estimula a atividade

enzimática endógena e microbiana (Aguilar, Sánchez & Burgueño, 2000; Sikorski, Kalokowska & Burt, 1990b; Uriarte-Montoya *et al.*, 2010). A autólise muscular induz a degradação das proteínas e perda de funcionalidade (Lugo-Sánchez, Pacheco-Aguilar & Yépez-Plascenc, 1996). Entre outros aspetos, os ácidos gordos insaturados podem oxidar, afetando não apenas a sua qualidade nutricional, mas também características organoléticas, como a textura e o sabor (Aubourg *et al.*, 2005; Nunes *et al.*, 1992; Senso *et al.*, 2007).

2.4 Preparação de polpas

A obtenção de polpas de peixe permite o aproveitamento de espécies de peixe subvalorizadas (com muita espinha, de aspeto desagradável, de pequenas dimensões, entre outros), recuperação de músculo presente na coluna vertebral do peixe após filetagem e outros subprodutos de processamento, permitindo a obtenção de produtos alimentares de maior valor acrescentado. Por outro lado, as polpas de peixe permitem o desenvolvimento de novos produtos e a diversificação da oferta de produtos no mercado.

As características das polpas de pescado vão depender não só da espécie e da qualidade da matéria-prima, que é determinada pelo grau de frescura e da época do ano, mas também do processamento (Babbitt, 1986; Lee, 1986).

O recente desenvolvimento de produtos à base de pescado baseia-se na utilização de polpas congeladas não lavadas que, paralelamente ao processo de obtenção de “surimi”, apresenta-se como uma nova matéria-prima mais vantajosa (Lee, 2011). As vantagens dizem respeito a uma maior retenção de nutrientes na polpa e conseqüente redução de efluentes (Lee, 2011), permitindo o fabrico de alimentos de valor acrescentado que incluem produtos com alto teor de ácidos gordos ω 3.

Segundo Hui (1992a) e Lee (1986), o grau de frescura é um dos parâmetros que influencia a qualidade da polpa. O pescado destinado à preparação de polpas deverá ser conservado, desde a captura até ao processamento, a temperaturas próximas dos 0 °C. Após a captura, deve-se esperar 5 a 6 horas antes do início do processamento, para evitar que este se efetue durante o *rigor mortis* do músculo (Lee, 1986; Madrid & Madrid, 1999). Após este período, o peixe deve ser processado o mais rapidamente possível, pois a frescura do peixe afeta a capacidade de gelificação da polpa. Para Lee (1986), os melhores resultados são obtidos quando o pescado é processado 1 a 2 dias após a captura.

O processamento do pescado inicia-se com uma lavagem do próprio, para eliminar muco e impurezas à superfície. Após esta lavagem, procede-se ao descabeçamento e evisceração. Esta etapa pode ser realizada mecanicamente, procedendo-se a uma calibração

prévia do peixe, por tamanhos, para minimizar perdas. Estas calibrações podem realizar-se por processos mecânicos, mas, recentemente, tem-se vindo a recorrer a sistemas automatizados, que envolvem controlo eletrónico (tratamento por imagem, células fotoelétricas). Contudo, estas operações podem ser realizadas manualmente, quando as quantidades a processar são reduzidas, ou quando o pescado não é uniforme dentro do mesmo lote. Manualmente, a separação correta da cabeça favorece a extração das vísceras, devendo fazer-se um corte que deixe o esófago intacto. Uma evisceração cuidada é importante, de modo a evitar a rutura das vísceras e conseqüente contaminação dos músculos, assim como a eliminar as proteases capazes de desnaturar rapidamente as proteínas. Para otimizar o rendimento de obtenção de polpa no separador mecânico, pode-se ainda fazer um corte longitudinal entre o músculo e a espinha de um dos lados do pescado, ação vulgarmente chamada de “escalar”.

Em seguida, procede-se a uma nova lavagem, de modo a eliminar restos de sangue e vísceras, escamas, limitando o desenvolvimento de cheiros desagradáveis e a desnaturação proteica (Lanier, 1986).

A separação da carne das espinhas e da pele pode ser realizada manualmente ou recorrendo-se a um separador mecânico. A separação manual é uma operação muito trabalhosa que deve ser realizada por profissionais especializados. Atualmente, existem máquinas muito precisas, de fácil controlo, que são capazes de produzir polpas de qualidade uniforme e de bom rendimento, com um mínimo de desperdícios. Neste sentido, têm sido desenvolvidos equipamentos e processos com a capacidade de remover a quase totalidade da carne de peixe, separando-a da pele e das espinhas.

Segundo Long, Komarik & Tressler (1982), o separador mecânico para obtenção de polpas trabalha por compressão e é constituído por um cilindro giratório, em aço inoxidável, perfurado com orifícios espaçados entre si e por uma correia de borracha, de movimento contínuo, a qual roda à volta de uma série de rolos em movimento (ver Figura 7). A posição dos rolos é ajustada, regulando a pressão exercida sobre o cilindro pela correia de borracha (Long *et al.*, 1982).

Assim, o peixe é enviado a partir de uma espécie de tremonha, é comprimido entre a correia transportadora de borracha e o exterior do cilindro (Keay, 2001; Long *et al.*, 1982). Este cilindro tem perfurações de diâmetro conhecido, através das quais o músculo sob pressão passa para o seu interior (Keay, 2001; Long *et al.*, 1982). A carne é forçada a passar através destas perfurações, sendo retirada com um parafuso fixo. A pele e as espinhas ficam retidas no exterior do cilindro e são removidas continuamente por um raspador para a calha de escoamento de desperdícios (Keay, 2001; Long *et al.*, 1982). O fator chave desta operação é o tamanho das perfurações do cilindro, que, segundo Lee (1986), podem variar entre 1 a 5 mm.

Tamanhos de 1 a 2 mm conduzem à obtenção de polpas quase livres de tecido conjuntivo e músculo escuro. Pelo contrário, com as perfurações de 4 a 5 mm obtêm-se grandes partículas de carne, resultando um maior rendimento de fabrico. Segundo Takeda (1971), o tamanho ideal, em termos de qualidade e rendimento, não deve exceder os 3 a 4 mm, pois impede a passagem da pele pelas perfurações. Segundo Belitz *et al.* (2009), os desperdícios do pescado total podem rondar os 50 %.

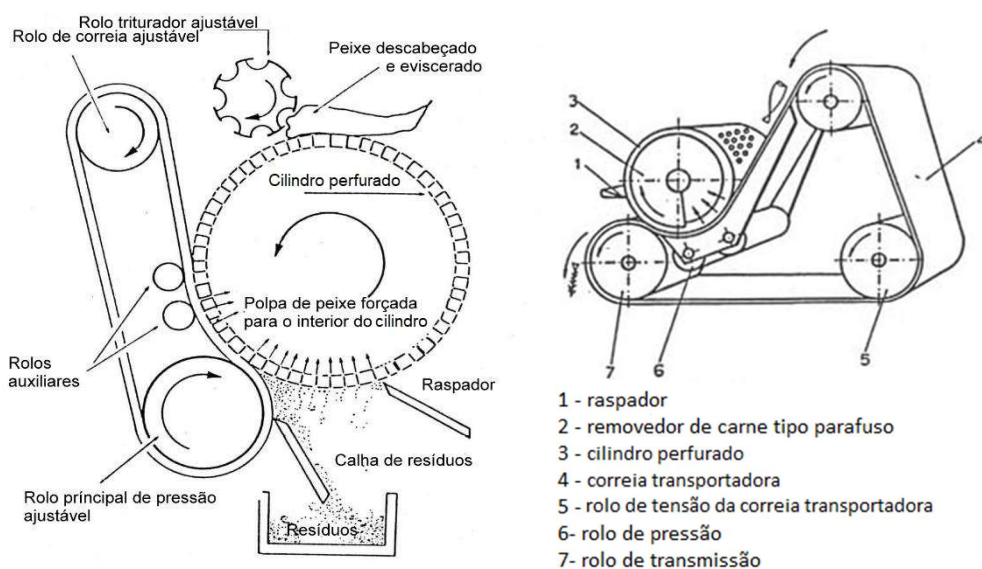


Figura 7. Esquema da correia e do cilindro de um separador de polpa.
 Retirado de Bykowski & Dutkiewicz (1996) e de Regenstein (1986).

Em termos de rendimento, a obtenção de polpa, comparativamente à filetagem, é mais vantajosa assim, como é muito mais provável ter menos espinhas do que as encontradas nos filetes (Keay, 2001). Na polpa, é mais fácil o controlo do sabor, aspeto e a manutenção da qualidade pela incorporação de aditivos, podendo ser moldada em diferentes formas e presta-se a métodos de produção contínua (Keay, 2001).

2.5 Utilização das polpas de peixe na tecnologia alimentar

Na sociedade atual, há uma crescente apetência por produtos mais elaborados, facto que leva ao maior consumo de produtos pré-preparados ou mesmo pré-cozinhados. A oferta de uma ampla variedade de produtos da pesca e de produtos derivados contribui para a diversificação da dieta. Devido ao crescente desenvolvimento de novos produtos e ao marketing, há boas perspectivas da introdução de uma vasta gama de produtos alimentares com base em polpa de peixe.

Segundo Madrid & Madrid (1999), os produtos derivados do peixe conservam a grande maioria das características nutritivas dos produtos originais. Devido ao seu conteúdo

proteico, à sua ótima composição nutritiva e às múltiplas formas de como se pode preparar, o pescado constitui um dos artigos comerciais mais solicitados da indústria alimentar (Tscheuschner, 2001). A polpa de pescado é uma matéria-prima que se presta a modificações de textura, sabor e aspeto, com adição de estabilizantes e outros aditivos. Por tal, as polpas de peixe são uma matéria-prima atrativa, permitindo às indústrias alimentares a oferta de novos produtos, por exemplo, para as novas gerações e idosos.

Em termos globais, 25% da população mundial é composta pela geração Y ou “Millennials”, que representa as pessoas nascidas entre a década de 80 e o início dos anos 2000 (Agrocluster, 2017). As previsões apontam para que os “Millennials” representem, em 2025, cerca de 75% da força de trabalho a nível mundial (Agrocluster, 2017). Em Portugal, esta geração representa cerca de 19,2% da população correspondendo a valores próximos de 2 milhões de pessoas (Agrocluster, 2017). Sabendo-se do impacto que esta geração irá ter na indústria do consumo e nos padrões alimentares, realizou-se um estudo sobre "Tendências de Consumo: Geração Y- Millennials". Como resultados deste estudo, verifica-se que esta geração privilegia os produtos alimentares mais frescos, naturais e orgânicos, estando mais atenta à composição dos alimentos (Agrocluster, 2017). Do estudo realizado pelo Agrocluster (2017), verifica-se ainda que:

- são valorizados a saúde e o bem-estar, aumentando a procura de produtos com menos sal, menos açúcar, menos carnes processadas;
- o consumo de carne apresenta uma crescente tendência para diminuir;
- a falta de tempo e a desestruturação do mercado de trabalho e da vida familiar levam a que esta geração valorize o fator "conveniência", nas suas decisões de consumo, sendo previsível o aumento da procura de refeições pré-preparadas;
- as "experiências" são valorizadas, podendo esta tendência refletir-se no campo alimentar com o previsível aumento do consumo de comidas do mundo e da procura por novos produtos.

Adicionalmente, prevê-se que até 2050 haverá no mundo mais de 400 milhões de pessoas com idade superior a 80 anos. É um desafio para a indústria alimentar o desenvolvimento de alimentos saborosos, saudáveis e de fácil mastigação, particularmente para os que apresentam disfunções mastigatórias, de deglutição e/ou necessidade de nutrição especial (Aguilera & Park, 2016).

Nos últimos 30 anos, tem-se desenvolvido uma nova geração de produtos da pesca, chamados análogos ou substitutos, a maioria dos quais a imitar marisco ou outros produtos de valor acrescentado. A polpa de pescado é a base de produção de “surimi” e de “kamaboko”, dois importantes produtos derivados do peixe, de origem japonesa, e é a matéria-prima

principal na produção de produtos gelificados, como é o caso das “delícias do mar”. A polpa pode também ser congelada em pequenos blocos, servindo para o consumidor como ingrediente em pratos caseiros e, ainda, usada para o preenchimento de blocos de filetes de pescado congelados até 15 % do peso total (Keay, 2001).

Os derivados de produtos da pesca tiveram um grande desenvolvimento no Japão, sendo estes comparáveis aos enchidos de carne, em termos de sabor, textura e cheiro (Okada, 1992). Segundo Udupa & Kulkarni (1972), estes produtos são constituídos por polpa de peixe finamente moída, de uma só espécie ou várias, homogeneizada com amido, açúcar, gordura, especiarias e conservantes, geralmente enchidos em invólucros cilíndricos, naturais ou sintéticos e, por fim, pasteurizados.

Os fiambres de peixe são produtos altamente apreciados no Japão, cujo consumo anual é superior a duzentas mil toneladas (Udupa & Kulkarni, 1972). Neste país, o fiambre de peixe é preparado por mistura de cubos de músculo escuro de atum e de baleia com gordura de porco e carne de ligação (Tanikawa, Motohiro & Akiba, 1971). Tanikawa (1963) refere que as matérias-primas usadas na preparação de fiambre são polpas de peixes ricos em músculo escuro, *e.g.* atum e salmão, mas não são adequadas como “carne de ligação”, porque geralmente apresentam fraca elasticidade após o processamento. Segundo Tanikawa (1963), o fiambre de peixe é geralmente processado a baixas temperaturas, uma vez que acima de 100 °C a elasticidade da polpa é prejudicada. Contudo, o processamento a temperaturas baixas pode permitir a sobrevivência de bactérias termo tolerantes e bactérias formadoras de esporos. Dada esta relação temperatura/sobrevivência microbiana, em fiambres sem conservantes, atualmente, adicionam-se conservantes, retardando ou inibindo o crescimento bacteriano durante o seu processamento.

Alguns produtos de polpa de pescado, nomeadamente as salsichas, podem ser obtidos de modo semelhante ao utilizado para a elaboração de salsichas de carne de suíno (Ribeiro, 2001). Todavia, os estudos de Cardoso *et al.* (2011a), Cardoso, Ribeiro & Mendes (2012a), Cardoso *et al.* (2012b), Cardoso *et al.* (2013), Chalamaiah *et al.* (2012) e Siddappaji & Prabhu (2002) mostram que para a obtenção de outros produtos, como fiambre de peixe com as características do típico fiambre de porco, o desafio tecnológico é muito superior.

O processo de reestruturação oferece aos industriais de transformação de peixe a oportunidade de obterem novos produtos, porém, os produtos de peixe devem ser processados de modo diferente, dado que a bioquímica do músculo de peixe é diferente da do músculo de mamíferos e aves (Ramírez *et al.* 2011). As propriedades mecânicas e funcionais destes produtos dependem da bioquímica e das propriedades físico-químicas das proteínas musculares, principalmente da miosina e da actina (Ramírez *et al.*, 2011), mas também são

condicionadas pela diferente composição em tecido conjuntivo. Os produtos de peixe apresentam um comportamento reológico distinto devido ao diferente comportamento da matriz proteica na formação de géis.

A obtenção dos produtos de peixe resulta da gelificação térmica, mas, em muitos casos, de gelificações a baixas temperaturas, com a ajuda de ingredientes adicionados, tais como alginatos ou transglutaminase (Moreno, Carballo & Borderías, 2008). A funcionalidade da proteína do músculo pode-se perder durante o aquecimento, não se formando o gel capaz de dar estrutura ao produto final. Neste caso, a formação do gel termo estável pode ser possível com a adição de ingredientes de cor e sabores neutros, como, por exemplo, o glucomanano de konjac (Herranz *et al.*, 2012a).

A introdução de ingredientes vantajosos, aditivos e outros coadjuvantes tecnológicos, que aumentem o tempo de conservação dos produtos processados, os enriqueçam nutricionalmente, ou modifiquem as suas propriedades físicas no sentido de maior aceitação pelos consumidores, é uma realidade que permite a transformação e valorização de produtos da pesca em produtos de qualidade (Ramírez *et al.*, 2002).

3. PRODUTOS GELIFICADOS DE PROTEÍNAS DO PESCADO

3.1 Introdução

As proteínas são macromoléculas complexas, que representam uma classe importante de ingredientes funcionais e nutricionais, apresentando versatilidade durante o processamento, e formam redes e estruturas tridimensionais que desempenham um papel importante na textura dos alimentos (Phillips, Whitehead & Kinsella, 1994). Além disso, interagem com outros componentes e melhoram os atributos de qualidade dos alimentos. O conhecimento das especificações estruturais e funcionais das proteínas é imprescindível para a manutenção das características dos alimentos ao longo do tempo e para a compreensão dos resultados no desenvolvimento de novos produtos.

A gelificação das proteínas musculares é uma das mais importantes propriedades funcionais das proteínas para a obtenção de produtos de pescado reestruturados. O gel é um sistema disperso constituído por, pelo menos, dois componentes em que os da fase dispersa se distribuem numa rede coesa no meio de dispersão; caracteriza-se pela falta de fluidez e pela deformação elástica (Belitz *et al.*, 2009). Por conseguinte, o estudo do comportamento das proteínas nos mecanismos de gelificação assume grande relevância, tendo em vista a obtenção das características pretendidas para um determinado produto.

É a estrutura gelificada que mais contribui para a textura dos alimentos, como também para a retenção da água, da gordura e de outros constituintes (Lanier, 1986). Devido às características gelificantes das proteínas de peixe, tem sido crescente a sua utilização no melhoramento e desenvolvimento de novos produtos.

Além do conhecimento das características das várias classes de proteínas de pescado, é igualmente importante entender as suas interações químicas. Este conhecimento permitirá compreender os diferentes fenómenos que ocorrem durante o processo sequencial da gelificação, a influência da temperatura do processo, a adição de determinados ingredientes e a aplicação de outros tratamentos que não os térmicos, como é o caso da alta pressão hidrostática.

3.2 Proteínas do pescado, propriedades estruturais e funcionais

Num sistema alimentar, as propriedades funcionais das proteínas são definidas como as propriedades que afetam o seu comportamento durante a preparação, processamento, armazenagem e consumo (Kinsella & Melachouris, 1976). Estas propriedades determinam as respetivas propriedades sensoriais (aspeto, cor, suculência), texturais e nutricionais dos diferentes produtos alimentares (Kinsella & Melachouris, 1976). Algumas das propriedades mais importantes das proteínas no processamento de alimentos encontram-se apresentadas na Figura 8.

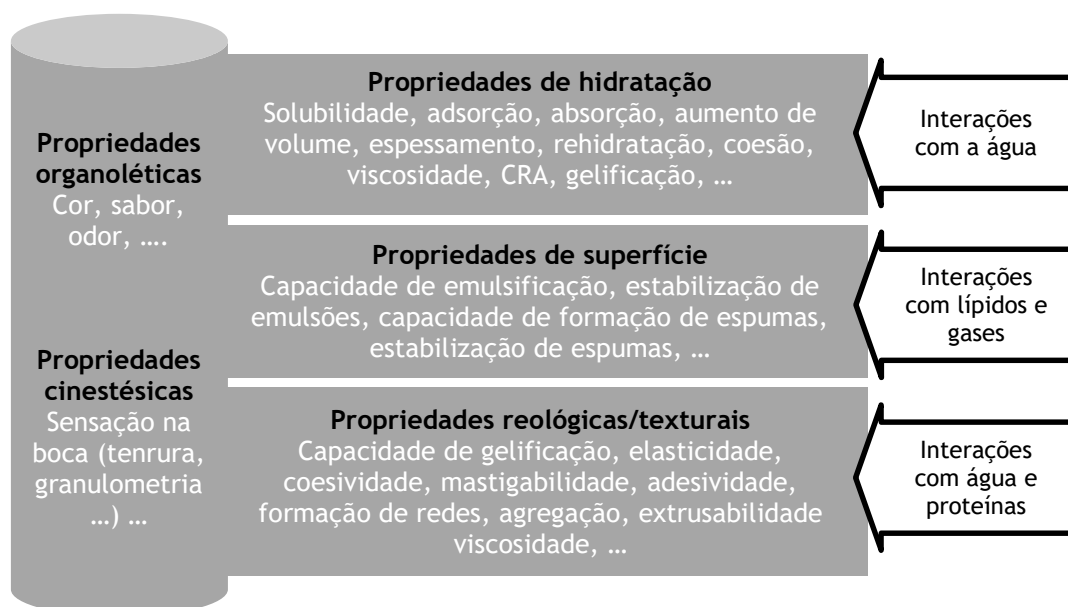


Figura 8. Propriedades funcionais das proteínas nos alimentos.

Adaptado de Phillips *et al.* (1994) e Sikorski (2007).

Para a tecnologia alimentar, as propriedades funcionais mais importantes das proteínas são as que, na concentração adequada dos respetivos componentes ou aditivos, e em

determinadas condições, proporcionam as características desejáveis do produto. Nos produtos obtidos de carnes processadas, as principais funcionalidades da proteína são a gelificação, emulsificação e retenção de água (Xiong, 2004).

Na gelificação, há duas categorias de ligação principais que se formam entre proteínas: ligações covalentes e não covalentes (Lanier, Carvajal & Yongsawatdigul, 2005). As covalentes são ligações químicas fortes que se estabelecem pela partilha de eletrões entre as proteínas (Atkins & Paula, 2006). Consideram-se não covalentes as ligações de hidrogénio, ligações iónicas e interações hidrofóbicas (Belitz *et al.*, 2009). Todas estas ligações necessitam de quantidades distintas de energia para serem quebradas: covalentes ($\approx 230-460$ kJ/mol), iónicas (≈ 21 kJ/mol), hidrogénio ($\approx 13-20$ kJ/mol) e hidrofóbicas (≈ 0.01 kJ/mol) (Belitz *et al.*, 2009; Sikorski, 2007). São as ligações covalentes que requerem maior energia para a sua rutura (Atkins & Paula, 2006). Uma vez formadas, são, em grande parte, resistentes à temperatura (Gilleland, Lanier & Hamann, 1997).

As proteínas, como constituintes estruturais, fazem do pescado uma fonte primordial de proteína na dieta alimentar. Embora nenhuma proteína exiba todas as propriedades funcionais, a maioria das proteínas pode desempenhar várias funções diferentes em alimentos, dependendo das condições de processamento (Vaclavik & Christian, 2008). Dependendo da formulação do produto e do seu processamento, as proteínas musculares sofrem mudanças e interações estruturais específicas, produzindo diferentes características físicas do produto. Assim, num só produto alimentar, podem-se manifestar combinações de várias funcionalidades proteicas, *e.g.*, interação proteína-proteína (gelificação), interação proteína-gordura ou encapsulação de gordura (emulsificação) e interação proteína-água (retenção de água) (Xiong, 2004). Uma ligeira variação na formulação, composição do ingrediente ou no processamento, é suficiente para se obter uma mudança significativa nas características físicas de um produto alimentar (Xiong, 2004).

As propriedades funcionais de uma proteína específica dependem da sua composição e sequência de aminoácidos, uma vez que estas determinam a sua conformação (Vaclavik & Christian, 2008). O comportamento funcional das proteínas depende da sua conformação estrutural, que apresenta quatro níveis (Belitz *et al.*, 2009; Sikorski, 2001).

A estrutura primária das proteínas é caracterizada pela sequência linear das ligações peptídicas entre os aminoácidos, em que o arranjo espacial dos resíduos de aminoácidos não é considerado neste nível estrutural (Figura 9) (Guillén, 2014). Na estrutura secundária, considera-se a conformação espacial dos aminoácidos na cadeia polipeptídica principal. A conformação espacial dos aminoácidos é responsável pela formação de estruturas secundárias, sendo as mais comuns a conformação em hélice (α -hélice) ou em folhas

pregueadas (β -hélice) (Figura 9) (Belitz *et al.*, 2009; Morris, 2007). A forma tridimensional da cadeia polipeptídica principal representa a estrutura terciária das proteínas (Belitz *et al.*, 2009; Morris, 2007). A molécula de proteína dobra e torce até atingir a estabilidade máxima ou o menor estado de energia (Murphy, 2001). Esta apresentação tridimensional é formada por muitas forças estabilizadoras, devido às interações de ligação entre os grupos de cadeias laterais dos aminoácidos (Murphy, 2001). Entre estas forças estabilizadoras, encontram-se ligações não covalentes, nomeadamente, forças de Van der Waals, interações hidrofóbicas, ligações electrostáticas, ligações de hidrogénio e ligações covalentes: as pontes de enxofre (Figura 9) (Belitz *et al.*, 2009; Morris, 2007).

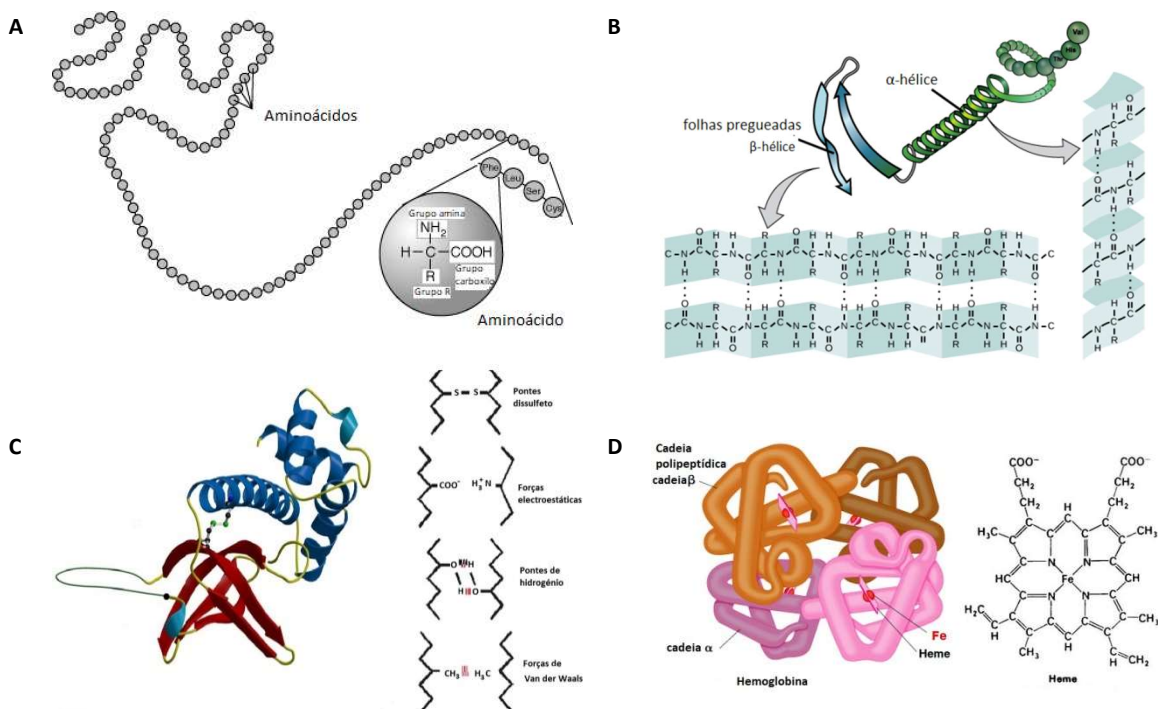


Figura 9. Conformação estrutural das proteínas.

A) Estrutura primária; B) Estrutura secundária; C) Estrutura terciária; D) Estrutura quaternária
Adaptado de National Human Genome Research Institute (2018).

Em condições fisiológicas normais, a maior parte das cadeias laterais hidrofóbicas de aminoácidos neutros e não polares tende para o interior da molécula de proteína, protegendo-se do meio aquoso (Damodaran, 1997; Milewski, 2001). As cadeias laterais ácidas ou básicas de aminoácidos, geralmente, ficam expostas na superfície da proteína, uma vez que são hidrofílicas (Murphy, 2001). A formação de pontes dissulfeto, por oxidação dos grupos sulfidriolo na cisteína, irá permitir que diferentes partes da cadeia proteica sejam mantidas juntas covalentemente (Damodaran, 1997). Também se podem formar ligações de hidrogénio entre diferentes grupos de cadeias laterais. Tal como acontece com as pontes dissulfeto, as ligações de hidrogénio podem unir duas partes de uma cadeia que estão a alguma distância, em termos de sequência (Whitford, 2005). Pontes salinas, interações iónicas entre locais

carregados, positiva e negativamente, sobre cadeias laterais de aminoácidos também ajudam a estabilizar a estrutura terciária de uma proteína (Damodaran, 1997; Phillips & Williams, 2011).

Muitas proteínas são compostas de múltiplas cadeias polipeptídicas, muitas vezes referidas como subunidades proteicas (Belitz *et al.*, 2009; Milewski, 2001). Essas subunidades podem ser as mesmas (homodímero) ou diferentes (heterodímero) (Ginés *et al.*, 2002; Kennelly & Rodwell, 2009). A estrutura quaternária refere-se à forma como estas subunidades de proteínas interagem umas com as outras e se organizam para formar um complexo proteico maior (Milewski, 2001). A forma final do complexo de proteínas é mais uma vez estabilizada por várias interações, incluindo ligações de hidrogênio, pontes de dissulfeto e pontes de sal (Figura 9) (Damodaran, 1997; Phillips & Williams, 2011; Sikorski, 2001).

A informação completa sobre o arranjo espacial de uma dada cadeia polipeptídica é codificada na respetiva estrutura primária (Milewski, 2001). Por outro lado, a estrutura tridimensional de uma proteína determina a sua função biológica (Milewski, 2001). Nesse sentido, as proteínas do músculo do pescado podem ser classificadas como proteínas do estroma ou do tecido conjuntivo, proteínas sarcoplasmáticas e proteínas estruturais ou miofibrilares (contrácteis e reguladoras) (Belitz *et al.*, 2009; Kijowski, 2001; Venugopal & Shahidi, 1996). Após as operações de descabeçamento, evisceração, esfola e filetagem, a proporção destas proteínas é cerca de 30 % de proteínas sarcoplásmicas e 70 % de proteínas miofibrilares (Mendes, 2001; Park & Lin, 2005). O tipo de proteínas e a sua proporção no músculo do pescado, o comportamento em soluções salinas e a sua relevância na transformação pode ser observado na Tabela 6.

As proteínas do estroma ou do tecido conjuntivo funcionam como suporte das fibras musculares e são caracterizadas por serem insolúveis em soluções salinas (Belitz *et al.*, 2009; Kijowski, 2001; Pires, 2008; Venugopal & Shahidi, 1996). Estas proteínas extracelulares incluem: o tecido de ligação, constituído fundamentalmente por colagénio, mas também por elastina, reticulina e algumas mucoproteínas globulares (Mendes, 2001); proteínas de membrana e algumas proteínas miofibrilares não extraídas (Pires, 2008). Apesar da sua reduzida concentração, as proteínas do estroma apresentam uma importância determinante nos processos de gelificação das proteínas do músculo e na manutenção da estrutura muscular do pescado (Mendes, 2001).

Tabela 6. Proteínas do músculo de pescado, suas funções e exemplos das principais de cada grupo

Proteínas e proporção no músculo de pescado (%)	Funções e exemplos	Solubilidade em soluções salinas	Características e relevância na transformação
Proteínas do estroma (tecido conjuntivo) (3 % - 10 %) 3 % a 5 % (teleósteos) 10 % (elasmobrânquios)	Manter a estrutura e rigidez do músculo; possuem propriedades emulsificantes e ligantes: colagénio.	Insolúvel	O colagénio começa a gelatinizar entre os 30 °C e 45 °C, em função da espécie, contribuindo esta particularidade para abrandar a textura e aumentar o teor nutritivo da carne de peixe. É solubilizado pelo calor e apresenta um efeito neutro.
Sarcoplasmáticas (20 % a 30 %) Incluindo as pigmentadas ou cromoproteínas.	São responsáveis por funções metabólicas. Função bioquímica nas células: Enzimas, albuminas e globulinas. Responsáveis pela cor da carne: Hemoglobina, mioglobina (músculo escuro) e citocromos.	Solúveis em água ou em soluções salinas diluídas. $\geq 0,15$ M São as mais solúveis	Apresentam pesos moleculares relativamente baixos e menor desnaturação, exceto durante a congelação, do que as proteínas miofibrilares. Podem participar na retenção de água, na emulsificação da gordura e na cor. Nos processos de transformação podem criar instabilidade pois coagulam a baixas temperaturas podendo interferir na gelificação.
Miofibrilares (70 % a 80 %)	Responsáveis pela textura característica do músculo e pela capacidade de retenção de água. Contrácteis: actina e miosina Participam no mecanismo de contração do músculo. Reguladoras: tropomiosina, troponinas e actininas	Solúveis em soluções salinas de elevada força iónica. $\geq 0,3$ M	Desempenham um papel importante nos processos de coagulação e gelificação que ocorrem nos produtos transformados tipo “surimi”. Formam géis com o aquecimento. Desempenham um papel importante no mecanismo de contração do músculo, mas não assumem qualquer relevância no processamento dos produtos da pesca, dado que a sua concentração é bastante reduzida na fase <i>post rigor</i> .

Retirado de Baracco *et al.* (1990), Batista *et al.* (2008), Belitz *et al.* (2009), Cheftel & Cheftel (1992), Hall (2011), Hawthorn (1983), Kijowski (2001), Mendes (1991), Sahin *et al.* (2018), Sikorski *et al.* (1990b), Venugopal & Shahidi (1996) e Xiong (2004).

O colagénio é uma proteína que faz parte de muitas estruturas como tecido conjuntivo, tendões, ligamentos, cartilagens, diversas membranas, pele e ossos (Mendes, 2001). É o maior constituinte do tecido conjuntivo intramuscular dos peixes (Hatae, Yoshimatsu & Matsumoto, 1990; Sato *et al.*, 1986) e tem como função manter a estrutura e rigidez do músculo, mas também possui propriedades emulsificantes e ligantes (Moreno *et al.*, 2012; Pires, 2008). O seu teor no pescado varia com a espécie, idade (tamanho) e grau de condição do indivíduo, dependente da abundância de alimento.

A resistência mecânica do tecido conjuntivo é afetada por ligações cruzadas, mais ou menos resistentes, entre as moléculas adjacentes de colagénio e elastina (Montero & Borderias, 1989). O colagénio do pescado é muito mais termolábil, contém menos ligações cruzadas e mais fracas, do que o colagénio presente nos vertebrados de sangue quente (FAO, 1999). Segundo Cheftel e Cheftel (1992), o colagénio do pescado começa a gelatinizar entre 30 °C e 45 °C, em função da espécie, contribuindo esta particularidade para abrandar a textura da carne.

No músculo do pescado, as proteínas sarcoplasmáticas são essencialmente constituídas por enzimas que participam no metabolismo celular, como é o caso da conversão de energia anaeróbia do glicogénio em ATP (FAO, 1999), mas podem também conter mioglobina, hemoglobina, globulinas e albuminas (Belitz *et al.*, 2009). Este grupo de proteínas pode ser extraído do músculo, por compressão da polpa de pescado, ou utilizando uma solução salina de força iónica baixa (Belitz *et al.*, 2009).

O facto de o pescado ser poiquilotérmico leva a que as enzimas endógenas dos respetivos músculos sejam ativas e eficazes a baixas temperaturas (Richardson & Hyslop, 1992). Esta eficácia catalítica a baixa temperatura é importante, pois permite processar ou modificar alimentos a temperaturas entre 25 °C e 50 °C (Richardson & Hyslop, 1992). Todavia, indicam também que uma redução da temperatura tem um efeito relativamente fraco sobre as velocidades de reação (Richardson & Hyslop, 1992). Por consequência, as enzimas podem ser bastante ativas, inclusive a temperaturas de congelação, e resultar, por isso mesmo, na degradação dos alimentos refrigerados ou congelados (Richardson & Hyslop, 1992). A importância desta atividade autolítica levou ao estudo de diferentes proteases em várias espécies que atuavam numa gama de pH relativamente ampla (Makinodan, Toyohara & Ikeda, 1984). Várias proteinases estáveis ao calor demonstraram contribuir para o amolecimento térmico do músculo do peixe, isto é, proteinases lisossomais (principalmente catepsinas), proteinase alcalina, calpaína e colagenase (Choi, Kang & Lanier, 2005).

Outras enzimas sarcoplasmáticas, como a transglutaminase, promovem as ligações cruzadas entre as proteínas, resultando em propriedades texturais mais fortes (Lanier *et al.*,

2005). As atividades da transglutaminase na fração sarcoplasmática variam com as espécies de peixes, e a sua atividade pode ser atenuada pelo controlo adequado da temperatura ou pela adição de inibidores das proteinases de grau alimentar (Lanier *et al.*, 2005).

As proteínas sarcoplasmáticas que contêm ferro, proteínas heme (mioglobina e hemoglobina), são responsáveis pela pigmentação do músculo do pescado (Lanier *et al.*, 2005), e, em espécies como os tunídeos e os salmonídeos, também se incluem os carotenóides (Venugopal & Shahidi, 1996). Das proteínas heme, destaca-se a mioglobina, que se encontra, quase exclusivamente, nos músculos escuros e em reduzidas quantidades no músculo claro (Baracco *et al.*, 1990; Suman *et al.*, 2016). O teor de pigmentos no músculo de pescado varia muito, sendo que a sua cor é determinada pela proporção relativa de mioglobina, oximioglobina e metamioglobina, havendo no músculo escuro uma maior concentração de pigmentos (Belitz *et al.*, 2009).

Segundo Sikorski *et al.* (1990a), as proteínas estruturais ou miofibrilares são responsáveis pela textura característica do músculo e pela capacidade de retenção de água.

Tendo em conta a sua função fisiológica no músculo, as proteínas miofibrilares classificam-se em proteínas contrácteis e reguladoras (Mendes, 2001). As proteínas reguladoras (tropomiosina, troponina e actinina), embora desempenhando um papel importante no mecanismo de contração do músculo, não assumem qualquer relevância no processamento do pescado (Mendes, 1991).

As proteínas contrácteis são os principais constituintes das miofibrilas, das quais se destacam a actina e a miosina. A miosina é constituída por aproximadamente 4.500 aminoácidos, apresenta uma estrutura fibrosa composta de seis subunidades (duas cadeias pesadas e quatro cadeias leves) que estão associadas, formando uma haste helicoidal hidrofílica (“cauda”), com uma “cabeça” globular hidrofóbica (Xiong, 2004). A actina é uma cadeia alongada de globulinas ligadas umas às outras (Xiong 2004). A actina e a miosina, além de serem muito estáveis, apresentam uma forte tendência para se agregarem, em particular a miosina (Baracco *et al.*, 1990). Para estes autores, o fenómeno de agregação implica uma modificação na conformação da proteína e uma associação diferente de proteínas entre si. A agregação destas miofibrilas dá-se na fase do *rigor mortis*. Quando se esgotam as fontes de energia – ATP e o glicogénio no músculo, dá-se a formação irreversível do complexo actomiosina, ficando o músculo rígido (Belitz *et al.*, 2009). Esta rigidez depende da extensão da actomiosina formada que, por sua vez, depende do grau de sobreposição das miofibrilas (Belitz *et al.*, 2009).

As proteínas miofibrilares são muito importantes, dado que, durante o processamento das polpas de pescado, desempenham um papel importante nos processos de coagulação e

gelificação que ocorrem nos produtos obtidos a partir dessas polpas (Mendes, 1991). Estas proteínas possuem a capacidade de formar uma rede de gel tridimensional (Park & Lin; 2005). A miosina, além de ser o principal constituinte proteico do músculo do pescado (Carvajal, Lanier & McDonald, 2005), é a proteína mais importante para a gelificação (Yasui & Samejima, 1990). A actina desempenha um papel complementar na gelificação, quando coexiste com a miosina (Yasui & Samejima, 1990). Estudos realizados sobre a gelificação e a desnaturação indicam que a gelificação da miosina dá-se em duas etapas: (1) agregação de moléculas de miosina através das suas “cabeças” a 43 °C; e (2) reação de reticulação devido à transição helicoidal da zona da “cauda” das moléculas a 55 °C (Yasui & Samejima, 1990). Durante a agregação, as porções da “cabeça” das moléculas de miosina interagem através de ligações dissulfeto, enquanto ocorrem transições de hélices helicoidais significativas nas partes da “cauda” das moléculas (Venugopal, 2006).

As propriedades funcionais das proteínas dependem de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos dizem respeito à sua composição em aminoácidos, à sequência destes na proteína e à massa molecular. Estes fatores condicionam, por sua vez, a estrutura das proteínas, nomeadamente a estrutura terciária e quaternária, a hidrofobicidade, a carga global e a distribuição de cargas, o ponto isoelétrico e a flexibilidade da molécula (Kijowski, 2001). No que diz respeito às polpas de peixe, as suas propriedades funcionais (especialmente a gelificante) dependem também da quantidade e tipo de proteína extraível, solubilidade proteica, teor de gordura e humidade (Lanier, 1986; Lefèvre *et al*, 1999; Venugopal, 2006). Os fatores extrínsecos dizem respeito às condições envolventes, nomeadamente o carácter do solvente, temperatura de processamento, pH, força iónica, presença de agentes desnaturantes, outras macromoléculas e lípidos e também da atividade enzimática (Kijowski, 2001; Lanier, 1986; Lefèvre *et al*, 1999; Sikorski, 2007; Venugopal, 2006). Estes fatores podem afetar o aspeto, a cor, a suculência, a sensação na boca e a textura de uma grande variedade de alimentos. A desnaturação das proteínas sob condições controladas pode permitir alterar as respetivas propriedades e utilizá-las com fins tecnológicos específicos. Um bom exemplo é o uso da capacidade das proteínas miofibrilares em formar géis para obtenção de “surimi” após tratamento térmico (Suzuki, 1981). “Surimi” é um termo japonês usado para definir proteínas miofibrilares estabilizadas por um processo controlado de aquecimento e arrefecimento, obtidas a partir de polpa de peixe mecanicamente desossado, lavada com água e misturada com crioprotetores (FAO, 1999; Park & Lin, 2005). É uma matéria-prima usada em uma variedade de produtos que vão desde os tradicionais produtos “kamaboko” do Japão até aos produtos conhecidos como substitutos de marisco (Park & Lin, 2005).

A capacidade para formar géis depende do nível de funcionalidade da actomiosina, que decresce com a diminuição da frescura do pescado (Lee, 1984). A polpa de pescado, devido à sua elevada concentração de proteínas miofibrilares, principalmente actomiosina, quando misturada com cloreto de sódio (NaCl) tem tendência a solubilizar (Venugopal, 2006). Cerca de 2,5 % a 3 % (m/m) de NaCl produz um ótimo efeito na gelificação, obtendo-se uma boa força de gel (Venugopal, 2006). Contudo, uma adição excessiva de NaCl reduz a estabilidade das proteínas, levando ao início da gelificação a baixas temperaturas (Lanier, 1986).

A solubilidade da actomiosina é também afetada pelo tempo de homogeneização (efetuada durante a adição dos ingredientes), atingindo um máximo entre os 15 e 20 minutos (Lee, 1984). Além do tempo de homogeneização, a temperatura da polpa também pode provocar uma diminuição na capacidade de gelificação ou uma gelificação antecipada (Lee & Toledo, 1976). O aquecimento diminui a viscosidade devido ao aumento da energia cinética, e a desnaturação térmica contribui para a reologia do sistema proteico (Hill, Ledward & Mitchell, 1998). Segundo Lee (1986), a determinação do ponto ideal em termos de tempo/temperatura é um fator importante para a obtenção da textura adequada. A desestabilização do núcleo hidrofóbico das proteínas e a força das interações hidrofóbicas intermoleculares dependem da temperatura e da concentração de sal (Gill *et al.*, 1992).

As propriedades reológicas das proteínas solúveis em sal são fortemente dependentes, não só da temperatura mas também do pH (Liu *et al.*, 2008a, b; Raghavan & Kristinsson, 2008). Para Ingadottir (2004), o pH ótimo para a gelificação das proteínas situa-se entre 5,5 e 7,0, de acordo com a espécie do pescado, a concentração proteica e a de sal. Segundo Okada (1964), para valores de pH entre 6 e 7, com uma moderada concentração de sal (cerca de 2,5 %), obtém-se o máximo de força de gel. Todavia, com pH de 7 obtém-se um gel menos firme do que com um pH de 7,6, uma vez que há um aumento da hidratação da proteína (Okada, 1963).

As proteínas miofibrilares são as que desempenham o papel mais importante na gelificação, sendo esta a base para a obtenção de produtos transformados. A gelificação dá-se essencialmente em três passos: dissociação da estrutura da miofibrila, desdobração parcial da estrutura da miosina nativa causada por calor moderado e agregação irreversível da miosina desdobrada, formando uma estrutura tridimensional (Venugopal, 2006). A dissociação, dependendo da estabilidade térmica da proteína, ocorre a temperaturas que rondam os 40 °C e dá-se na estrutura quaternária das proteínas (Sikorski, 2001). Por conseguinte, com o aquecimento, a estrutura secundária altera-se, provocando o desdobração das proteínas (Morris, 2007; Sikorski, 2001). Este desdobração permite a ocorrência de ligações intermoleculares entre as cadeias proteicas, levando à formação de

redes tridimensionais quando se verificam pelo menos três ligações cruzadas por molécula proteica (Niwa, 1992).

3.3 Interações químicas

No fenómeno da gelificação estão envolvidos todos os tipos de ligação: ligações de hidrogénio após o cozimento (arrefecimento), rutura de ligações iónicas (requisito para a gelificação) e ligações hidrofóbicas e covalentes, que parecem fundamentais para a formação de um gel termo-irreversível a alta temperatura (Gilleland *et al.*, 1997). De entre as ligações covalentes (ligações dissulfeto e ϵ -amino- (γ -glutamil) –lisina), as dissulfeto (S-S) são predominantes durante o aquecimento ($> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) e admite-se que desempenham um papel importante na gelificação das proteínas (Lanier *et al.*, 2005). Esta ligação intermolecular é formada pela oxidação de dois resíduos de cisteína em cadeias de proteínas vizinhas, que possuem grupos sulfidrilos (-SH) reativos (Lanier *et al.*, 2005). Esta conversão de ligações S-S intramoleculares (dentro de uma proteína) em ligações S-S intermoleculares, através de intercâmbio dissulfeto, o que conduz assim à ligação cruzada de proteínas, é um requisito importante para uma gelificação bem sucedida. As ligações ϵ -amino- (γ -glutamil) –lisina (entre a glutamina e os resíduos de lisina de cadeias pesadas de miosina) são catalisadas pela transglutaminase, enzima pertencente ao grupo de proteínas sarcoplásmicas do pescado cuja atividade é dependente de cálcio (Ca^{2+}) (Figura 10) (Kumazawa *et al.*, 1993).

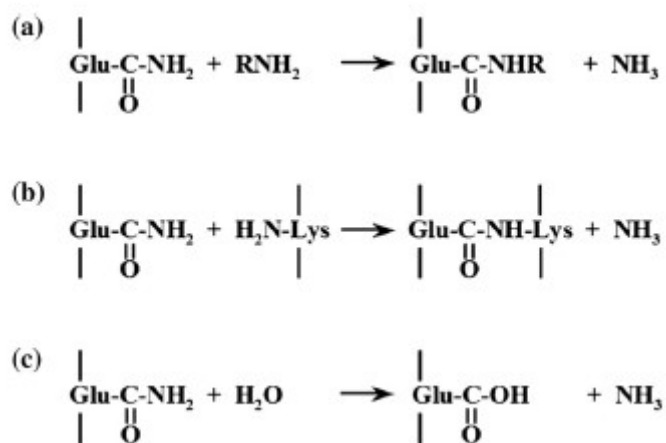


Figura 10. Reações catalisadas pela MTGase: (a) acil-transferência; (b) ligações cruzadas entre resíduos de lisina e de glutamina, cujo resultado são pontes ϵ -(γ -glutamil) de lisina; (c) desamidação. Retirado de Yokoyama, Nio & Kikuchi (2004).

A transglutaminase catalisa a formação de ligações covalentes entre proteínas adjacentes, criando uma rede de ligações mais densa e contribuindo assim para um gel com uma estrutura mais forte (Ramírez *et al.*, 2011; Yongsawatdigul & Sinsuwan, 2007). A actina, devido à sua conformação globular, apresenta uma menor exposição dos resíduos de

glutamina e lisina, não apresentando um papel relevante na gelificação (Ramírez-Suárez, Addo & Xiong, 2005). Porém, a actina é descrita como tendo um papel sinérgico na gelificação de proteínas miofibrilares (Ishioroshi *et al.*, 1980; Yasui, Ishioroshi & Samejima, 1982), sendo sugerida uma relação de peso ideal de 15: 1 de miosina para actina para obtenção da máxima rigidez (Lanier *et al.*, 2005).

No processo de gelificação ocorrem também ligações não covalentes. As ligações de hidrogénio, embora fracas, podem ser importantes na estabilização da água no gel, durante o arrefecimento, em virtude do seu grande número (Lanier *et al.*, 2005). Durante o aquecimento, regista-se a rutura de um grande número de ligações de hidrogénio (que mantinham a estrutura da proteína dobrada), entre os grupos carboxilo e amino da cadeia peptídica (Lanier *et al.*, 2005). Este facto permite uma grande interação da cadeia proteica com as moléculas de água, levando à sua hidratação (Lanier *et al.*, 2005). Este comportamento é um fator chave na capacidade de retenção de água do gel que é subsequentemente formado pelas interações proteína-proteína (Lanier *et al.*, 2005). Durante o arrefecimento, formam-se novas pontes de hidrogénio, gerando uma estrutura que permite a imobilização da água livre (Fennema, 1992). Este facto explica a maior firmeza dos géis de pescado formados a temperaturas mais baixas (Howe *et al.*, 1994). As ligações de hidrogénio entre os aminoácidos estabilizam também a estrutura interna (secundária) de moléculas de proteínas individuais (Lanier *et al.*, 2005). As pontes de hidrogénio, que se formam no arrefecimento após o aquecimento, estabilizam igualmente a α -hélice das proteínas nativas, e parcialmente desnaturadas, e a estrutura β (Bouraoui, Nakai & Li-Chan, 1997).

As ligações iónicas formam-se, caso as cadeias proteicas estejam dobradas de tal modo que os grupos positivos e os negativos fiquem próximos uns dos outros (Campbell-Platt, 2009). No pH normal do pescado cru (quase neutro), a atração iónica entre o grupo carboxilo (COO^-), dos ácidos aspártico e glutâmico, e o grupo amina (NH_2) da lisina, arginina e histidina leva a associações de proteínas miofibrilares, formando um agregado insolúvel em água (Campbell-Platt, 2009; Lanier *et al.*, 2005). As interações iónicas são as forças mais importantes envolvidas na configuração de filamentos espessos de miosina (Miroshnichenko, Balanuk & Nozdrenko, 2000). Na gelificação da polpa de pescado é importante a adição de cloreto de sódio, dado que os iões Na^+ e Cl^- se ligam com os grupos de carga oposta expostos na superfície da proteína (Lanier *et al.*, 2005). Este facto leva ao rompimento de ligações iónicas intra e intermoleculares nas cadeias proteicas, levando ao afastamento dos filamentos grossos e melhorando a dispersão da miosina ou actomiosina (Lanier *et al.*, 2005), desenvolvendo-se uma estrutura elástica (Niwa, 1992). A adição de cloreto de sódio deve ser efetuada imediatamente antes da homogeneização da polpa, para promover a rutura das ligações

iônicas e a extração das proteínas solúveis, disponibilizando-as para novas ligações (Hamm, 1975) com a gordura, água e outros constituintes, promovendo a formação da textura final (Hui, 1992b).

A prática comercial de adicionar sais de cálcio para melhorar as propriedades de gelificação das proteínas da polpa é, na verdade, também baseada no efeito do cálcio como co-fator para a transglutaminase no músculo (Lanier *et al.*, 2005).

As ligações hidrofóbicas, ao contrário das ligações de hidrogénio (que são destruídas com o aquecimento), são potenciadas pelo aumento da temperatura (próximo a 60 °C) (Lanier *et al.*, 2005). A formação de interações hidrofóbicas intra ou intermoleculares provém da resposta termodinâmica das superfícies das proteínas expostas à água, na qual elas estão dispersas ou solubilizadas (Lanier *et al.*, 2005). A cadeia proteica dobrada apresenta um interior com uma densidade maior de aminoácidos hidrofóbicos, ao contrário da superfície, os quais são em grande parte hidrofílicos (Lanier *et al.*, 2005). Com esta conformação, a proteína dobrada atinge o equilíbrio termodinâmico na água (Lanier *et al.*, 2005). Como resposta ao aquecimento, a proteína desdobra-se e o núcleo hidrofóbico fica exposto às moléculas de água e estas, por sua vez, ordenam-se em clatratos ligadas por pontes de hidrogénio, formando estruturas semelhantes ao gelo (Lanier *et al.*, 2005). Esta orientação ou ordenação diminui a mobilidade das moléculas de água e, por sua vez, estabelecem-se ligações hidrofóbicas, levando à agregação das proteínas e à diminuição da entropia do sistema (Lanier *et al.*, 2005). Deste modo obtém-se uma “ligação” eficaz levando à agregação de proteínas e (sob as condições apropriadas) à formação de uma rede gelificada (Lanier *et al.*, 2005).

A gelificação, comparativamente com a coagulação, é um processo controlado, no qual a rede final exibe algum grau de ordem; pelo contrário, na coagulação, a estrutura que se forma é totalmente aleatória (Hermansson, 1978). O grau de ordenação na gelificação é controlado por vários fatores, entre os quais o tratamento térmico (Stone & Stanley, 1992). Os géis estabilizados por interações hidrofóbicas e ligações covalentes são estáveis ao calor (Sikorski, 2007). Para que todas estas interações aconteçam, a orientação molecular necessária deve prosseguir a uma velocidade de aquecimento relativamente lenta (Hermansson, 1979). Isto é, um aquecimento rápido não permite a orientação adequada das moléculas proteicas, resultando numa matriz descontínua, não característica de um gel (Mulvihill & Kinsella, 1987).

3.4 Processo de “setting” e gel “suwari”

As proteínas do músculo do pescado, solubilizadas com 2 a 3 % de sal, têm a capacidade de gelificar entre os 5 °C e 43 °C (Ramírez *et al.*, 2002). O processo que leva à gelificação

chama-se “setting” e consiste em submeter a polpa de pescado a baixa temperatura - inferior a 40 °C, segundo Lanier (1992), ou inferior a 50 °C segundo Hwang, Lai & Hsu (2007) -, durante um determinado período de tempo. A temperatura ideal de “setting” varia de acordo com as espécies, principalmente porque a respetiva miosina ou actomiosina, que são o substrato para a reação, apresentam estabilidade térmica diferentes (Araki & Seki, 1993; Esturk, Park & Thawornchinsombut, 2004; Morales *et al.*, 2001). Durante este processo, parte das moléculas de actomiosina formam estruturas de rede regulares, principalmente com ϵ -amino- (γ -glutamil) –lisina (ligações GL), ligações dissulfeto e interações hidrofóbicas (Hwang *et al.*, 2007; Lee & Lanier, 1995). Diferentes estudos mostram que as interações hidrofóbicas ocorrem também no “setting”, embora não sejam específicas as zonas da molécula de miosina que estão envolvidas (Wicker *et al.*, 1986).

O gel insipiente das proteínas obtido nestas condições é designado por “suwari”. “Suwari” pode ser obtido num curto período de tempo (2-4h) a cerca de 40 °C ou durante um longo período de tempo (12 a 24h) a cerca de 0 °C (Kim *et al.*, 1986; Wu, Lanier & Hamann, 1985). O “setting” está atualmente associado à presença e atividade de uma transglutaminase endógena e que é dependente do íão cálcio (Ramírez *et al.*, 2002). Como já referido anteriormente, esta enzima catalisa uma reação de acil-transferência entre um grupo γ -carboxiamida de resíduos de glutamina (doador de acil) em proteínas (Ramírez *et al.*, 2002).

A reatividade da transglutaminase e a exigência de Ca^{2+} dependem das espécies de pescado (Araki & Seki, 1993; Nozawa, Mamegoshi & Seki, 1997), pelo que a adição de compostos de cálcio a polpas de pescado melhora o “setting”, resultando em géis mais fortes (Lee & Park, 1998; Yongsawatdigul & Sinsuwan, 2007). Sabe-se que as temperaturas ótimas para esta enzima diferem de acordo com o tipo e origem do peixe correspondente (Tsukamasa *et al.*, 2002), porém a sua atividade tem sido analisada quando submetida à temperatura de 25 °C (Araki & Seki, 1993; Nozawa *et al.*, 1997; Seki *et al.*, 1990; Tsukamasa *et al.*, 2002).

3.5 Proteases e destruição da rede proteica – Efeito “modori”

Para obtenção de polpas de pescado gelificadas, após o “setting” os géis são submetidos a temperaturas mais elevadas (80 a 90 °C), tornando-se mais duros e elásticos (Roussel & Cheftel, 1990). Contudo, para a gelificação, é importante evitar a desnaturação da miosina durante o processamento.

A temperatura, além das alterações da conformação das proteínas miofibrilares, pode igualmente ativar enzimas proteolíticas endógenas (Shann-Tzong & Chen, 1999). A presença de proteases endógenas ativadas pelo calor, que podem degradar a miosina e prejudicar a

gelificação proteica, é uma questão económica importante na indústria. O “modori” está associado à ação destas proteases endógenas ativadas pelo calor e/ou ao comportamento térmico das proteínas miofibrilares isoladamente (Niwa, Ueno & Kanoh, 1992). Na degradação parcial do gel, parte da estrutura é irreversivelmente destruída, o que terá implicações na respetiva textura tornando-o frágil ou mole (Ramírez *et al.*, 2011; Venugopal, 2006).

A maioria das proteases ativas no músculo de pescado que intervêm na fragilização do gel depende da espécie. De um modo geral, aquelas proteases são classificadas em dois grupos principais: catepsinas e proteinases alcalinas termoestáveis (An, Peters & Seymour, 1996; Lanier *et al.*, 2005; Morrissey *et al.*, 1993; Seymour *et al.*, 1994; Yamashita & Konagaya, 1990).

A denominada proteinase alcalina termoestável tem sido considerada como a principal responsável do efeito “modori” que consiste na degradação proteolítica do gel de proteína muscular que ocorre por volta de 50 °C - 70 °C (Kinoshita, Toyohara & Shimizu, 1990; Kinoshita *et al.*, 1992). Algumas destas proteinases termoestáveis são mais ativas em pH ≈8,0 enquanto outras, como a catepsina L, são mais ativas a pH ≈ 5,5 mas, em geral, são todas bastante ativas aos valores do pH da maioria das polpas de peixe (entre 6,5 e 7,5) (Lanier *et al.*, 2005). Níveis elevados de catepsinas B, H, L e semelhantes a L foram encontrados em diferentes espécies de pescado e foi evidenciado o seu efeito a temperaturas semelhantes às do “modori” (An *et al.*, 1996).

As proteases de tecidos musculares de pescado indutoras de géis fracos são sensíveis a substâncias reativas com cisteína (Richardson & Hyslop, 1992). Um modo efetivo de se gerir esse problema é a adição de inibidores de protease tipo cistatina encontrados no plasma de bovino, clara de ovo de galinha, batatas, arroz e pimento, entre outras fontes naturais (Wasson, 1993).

Para minimizar o efeito “modori”, recomenda-se então que as polpas de pescado sejam aquecidas o mais rapidamente possível, a temperaturas superiores a 50 °C – 70 °C (Ramírez *et al.*, 2011).

3.6 Gelificação induzida por adição de transglutaminase

A enzima transglutaminase (EC2.3.2.13.) é produzida através de fermentação tradicional do microrganismo *Streptovorticillium moboarense* (Ando *et al.*, 1989; Nonaka *et al.*, 1989; Yokoyama *et al.*, 2004). A enzima transglutaminase microbiana (MTGase) pertence à classe das transferases e é amplamente conhecida por, em sistemas alimentares, modificar as propriedades funcionais das proteínas, e os principais mecanismos de ação envolvidos são

polimerizações, que levam a alterações na hidrofobicidade da molécula (Gaspar & de Góes-Favoni, 2015).

Entre as propriedades funcionais, a MTGase afeta a solubilidade provocando profundas alterações nas proteínas em matrizes alimentares, levando a uma melhor textura e estabilidade em termos de temperatura, sinérese, propriedades emulsificantes, gelificação e aumento da capacidade de ligação à água, sem alterar o pH, cor, sabor ou valor nutricional dos alimentos, e pode até torná-lo mais nutritivo devido à possibilidade de adicionar aminoácidos essenciais (Ando *et al.*, 1989; Damodaran & Agyare, 2013; Gaspar & de Góes-Favoni, 2015; Kuraishi, Yamazaki & Susa, 2001; Zhu *et al.*, 1995).

Com a disponibilidade da MTGase comercial, a indústria alimentar começou a usar esta enzima como auxiliar tecnológico. É utilizada há muito tempo na indústria do Japão para o “setting” ou “suwari” de polpa de peixe, salgada e moída (“surimi”), no fabrico de “kamaboko” (Kuraishi *et al.* 2001). Foi utilizada inicialmente em produtos reestruturados de peixe, tendo passado a ser aplicada a outros alimentos ricos em proteínas (Castro-Briones *et al.*, 2009; Cortez-Vega *et al.*, 2013).

A aplicação da MTGase melhora a textura da matéria-prima catalisando a ligação cruzada entre resíduos de glutamina e lisina, aumentando a elasticidade e firmeza do gel (Góes-Favoni & Bueno, 2014). No 4.º Capítulo, apresenta-se uma caracterização mais aprofundada da MTGase e suas aplicações.

3.7 Gelificação induzida por processamento térmico e outras tecnologias alternativas

A temperatura desempenha um papel importante na gelificação das proteínas de pescado (Jiang & Yin, 2004). Após o “setting”, a gelificação das polpas de pescado fica completa submetendo-as a 80 °C - 90 °C, durante um determinado período de tempo (An *et al.*, 1996), ficando desta forma os géis mais rijos e elásticos (Roussel *et al.*, 1990). A gelificação das proteínas miofibrilares pode ser realizada em várias etapas, tal como se apresenta na Tabela 7, permitindo a obtenção de diferentes tipos de produtos.

A pasteurização, além de completar a gelificação das proteínas, retendo os restantes ingredientes adicionados, elimina microrganismos (Shie & Park, 1999). Todavia, os tratamentos térmicos convencionais, tais como a pasteurização e a esterilização, são, na prática, limitados pelo tempo necessário para tratar termicamente o ponto do alimento mais difícil de aquecer (Alwis & Fryer, 1990). A matéria circundante, processada pelo mesmo período de tempo, sofre tratamento térmico excessivo, resultando numa redução da sua qualidade (Alwis & Fryer, 1990).

Tabela 7. Etapas de gelificação pelo calor de polpa de pescado

Etapa	Textura	Estado físico-químico
Polpa de pescado	Triturada	Concentrado de miosina e actina
Adição de sal ≈ 2,5 %, mistura e trituração	Pasta de peixe (solução de actomiosina)	Retenção de água pela actomiosina
Aquecimento <40 °C	“suwari” (gel firme)	Retenção da água ao acaso por filamentos de actomiosina
Aquecimento ≈ 50 °C - 60 °C	“modori” (gel fraco)	Atividade proteásica sobre a miosina?
Aquecimento ≥ 60 °C	“Kamaboko” (gel proteico cozido)	Rede de ligações intermoleculares das proteínas miofibrilares

Adaptado de Hall (2011) e Sampels (2015).

De modo a obter alimentos seguros para o consumidor, minimizando as perdas sensoriais e nutricionais, que muitas vezes são alteradas pelos processos térmicos aplicados (Butz & Tauscher, 2002), estão a ser estudadas tecnologias de processamento alternativas ou inovadoras (Nagarajarao, 2016). O objetivo é o de desenvolver e empregar tecnologias que retenham qualidades sensoriais desejáveis, ou reduzam mudanças indesejáveis nos alimentos (Nagarajarao, 2016).

Nas tecnologias consideradas emergentes no processamento alimentar, em estudo e aplicadas como uma alternativa viável ao processamento térmico (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004), incluem-se o aquecimento óhmico, o processamento com radiação ultravioleta e as altas pressões hidrostáticas, entre outros.

O aquecimento óhmico é uma operação que permite atingir rápidas taxas de aquecimento (Tadpitchayangkoon, Park & Yongsawatdigul, 2012). Neste processo, o calor é gerado internamente, quando a corrente alternada passa através de um alimento eletricamente condutor, criando uma distribuição uniforme da temperatura (Alwis & Fryer, 1990; Pataro, Donsi & Ferrari, 2011). O aquecimento é gerado simultaneamente na fase líquida e sólida, sendo mais uniforme quando comparado com o processo convencional, em que o calor é aplicado nas paredes externas do alimento (Alwis e Fryer, 1990; Parrott, 1992). O sucesso do aquecimento óhmico depende da taxa de geração de calor no sistema, da condutividade elétrica do alimento, da força do campo elétrico, do tempo de permanência e do método pelo qual o alimento flui através do sistema (Varghese *et al.*, 2012). Esta tecnologia é muito promissora para o processamento de alimentos de elevada qualidade, mas a sua implementação industrial em diversas áreas representa ainda um desafio, devido à limitada investigação fundamental e aplicada. Embora a utilização desta tecnologia seja atraente, pela reduzida exposição do alimento ao calor, diminuindo assim o tempo necessário para atingir a temperatura interna desejada, é mais indicada no processamento de produtos viscosos (Pereira *et al.*, 2015). Na aplicação desta tecnologia, Yongsawatdigul *et al.* (1995) verificaram que a degradação da miosina e da actina foi minimizada pelo aquecimento óhmico,

maximizando a funcionalidade do gel do “surimi” de *Merluccius productus* sem inibidores enzimáticos. Tadpitchayangkoon *et al.* (2012) verificaram que o aquecimento óhmico melhorou a capacidade de retenção de água e preservou a cor dos géis de “surimi” tropicais, quando comparado com o aquecimento em banho de água.

Outra tecnologia emergente em estudo é o aquecimento por micro-ondas, na qual a energia é transferida para moléculas polares nos alimentos (principalmente água), convertendo-se em calor e causando um aquecimento desigual nos alimentos com partículas sólidas (Tang, 2005). A distribuição de temperatura não uniforme é um dos principais problemas associados ao aquecimento por micro-ondas (Chandrasekaran, Ramanathan & Basak, 2013), podendo não erradicar totalmente os microrganismos durante a pasteurização por micro-ondas (Vadivambal & Jayas, 2010). Fu *et al.* (2012) verificaram que géis de “surimi” de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), com baixo teor de sal, submetidos a um aquecimento por micro-ondas (40 s on/off, com rotação 5 r/min e intensidade de 15 W/g “surimi”) atingiu 90 °C em 60 s, enquanto com o aquecimento convencional com banho de água foram necessários 600 s para o gel atingir 80 °C. O tratamento por micro-ondas durante 60 e 80 s permitiu obter géis, de baixo teor de sal, com uma força de rutura significativamente mais elevada do que a dos géis induzidos por aquecimento em banho de água (85 °C durante 30 min).

Outra tecnologia alternativa no processamento de alimentos é a radiação ultravioleta. A radiação ultravioleta foi utilizada inicialmente na esterilização de produtos alimentares (Su *et al.*, 2005), mas, de acordo com alguns autores (Ishizaki *et al.*, 1994; Jiang & Leu, 1998; Taguchi *et al.*, 1989), esta radiação pode melhorar a força de gel de polpa de pescado. Embora o efeito da radiação ultravioleta nas estruturas de proteínas não seja bem conhecido, há evidências de que pode causar fragmentação oxidativa (Kato, Uchida & Kawakishi, 1992; Uchida, Kato & Kawakishi, 1990) ou polimerização de proteínas (Fujimori, 1985; Ishizaki *et al.*, 1994) e, desse modo, alterar a sua funcionalidade.

Ishizaki *et al.* (1993) e Ishizaki *et al.* (1994) demonstraram que a radiação ultravioleta fragmentava a miosina presente no músculo de peixe voador e causava um aumento na hidrofobicidade da superfície e na polimerização de cadeias pesadas de miosina. Na gelificação térmica por radiação ultravioleta (2,700 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) de pastas musculares de sardinha, carne bovina e suína, a força do gel dos géis térmicos aumentou significativamente com o aumento do tempo de radiação (Taguchi *et al.*, 1989). Segundo Kato *et al.* (1992), a possível ação da radiação ultravioleta como tecnologia promotora da gelificação está relacionada com o facto de alterar a conformação estrutural das proteínas. Já Cardoso *et al.* (2011b), em géis de

dourada (*S. aurata*), verificaram que a aplicação de radiação ultravioleta durante 40 min a 10 °C não apresentou vantagens como uma tecnologia promotora de gelificação.

O processamento por altas pressões (high pressure processing, HPP) é uma tecnologia relativamente nova para a indústria alimentar, sendo cada vez mais considerada uma alternativa aos métodos tradicionais de conservação, como o processamento pelo calor (Heinz & Buckow, 2010). O interesse do HPP na indústria do pescado tem aumentado, uma vez que a sua utilização mostrou que reduz a carga microbiana, afeta a atividade enzimática, provoca alterações reológicas (Cao *et al.*, 2012) e tem efeitos mínimos no flavor e nos atributos nutricionais do alimento (Denys & Hendrickx, 1999). Vários investigadores mostraram que o HPP pode ser usado na indução da gelificação da pasta de “surimi” de várias espécies de peixes (Chung *et al.*, 1994).

Em comparação com os géis tratados termicamente, os induzidos por pressão mantêm a cor e sabor naturais e são descritos como lisos, brilhantes e macios, apresentando maior elasticidade (Ahmad *et al.*, 2005; Penchalaraju & Shireesha, 2013). Alguns estudos demonstraram que existem características no tratamento térmico da polpa de peixe que são melhoradas com a aplicação de pressão e que a alta pressão é eficaz na gelificação da polpa (Chung *et al.*, 1994; Ko *et al.*, 1990; Yamamoto, Mivra & Yasui, 1990). Os efeitos do HPP nas proteínas estão principalmente relacionados com a rutura de ligações não covalentes intramoleculares e posterior formação de ligações intra e intermoleculares (Messens, Camp & Huyghebaert, 1997; Rastogi *et al.*, 2007). A gelificação de proteínas por HPP deve-se à formação de ligações não covalentes, enquanto após o aquecimento é baseada na formação de ligações covalentes (dissulfeto), como consequência da desnaturação de proteínas (Cando *et al.*, 2014). A força das ligações de hidrogénio não depende significativamente da temperatura, mas aumenta com a pressão (Sikorski, 2007). Porém, a energia das interações hidrofóbicas aumenta com a temperatura e diminui com o aumento da pressão (Sikorski, 2007). Para Cando *et al.* (2014), a combinação de HPP, e particularmente do aquecimento a temperatura baixa, melhora a estabilização da rede, enquanto o efeito isolado do HPP proporciona redes mais frágeis e mais flexíveis.

Todavia, a gelificação por HPP depende do sistema proteico (*e.g.* espécie, tipo de proteína, estado de desnaturação, pH, força iónica e presença de outros compostos) e das condições de HPP (intensidade da pressão, tempo e temperatura de pressurização) (Jiménez-Colmenero, 2002). No 5.º Capítulo, a tecnologia das altas pressões é descrita com maior pormenor.

4. INCORPORAÇÃO DE OUTROS INGREDIENTES

4.1 Introdução

O pescado é uma matéria-prima que permite a obtenção de uma variedade de produtos processados (Ramírez *et al.*, 2011). Porém, o músculo do peixe, devido à especificidade das propriedades da matriz proteica, apresenta um comportamento reológico diferente do músculo das aves e mamíferos, o que implica tipos de processamento adequados (Ramírez *et al.*, 2011).

Tendo em conta que as proteínas são dos principais responsáveis pela estrutura física dos produtos transformados de pescado, modificações por via química, física ou enzimática podem-se revelar como alternativas disponíveis para melhorar, desenvolver ou obter novas propriedades funcionais das mesmas.

A adição de ingredientes apropriados, aditivos e outros coadjuvantes tecnológicos, que modifiquem as suas propriedades físicas, o enriqueçam nutricionalmente e aumentem o tempo de prateleira, permite a transformação do pescado em produtos de qualidade com boa aceitação pelo consumidor.

A capacidade de formação de gel é a base da transformação na obtenção de produtos de pescado. É importante considerar que a adição de hidratos de carbono na sua formulação pode, na presença de sal, modificar a capacidade de solubilização das proteínas fibrilares, afetando as propriedades mecânicas e funcionais dos géis (Ramírez *et al.* 2011). Embora alguns hidratos de carbono não sejam compatíveis com as proteínas musculares e tenham um efeito negativo na gelificação, há no entanto várias fibras alimentares normalmente usadas para melhorar as propriedades mecânicas dos géis de produtos de pescado.

4.2 Fibra alimentar

4.2.1 Definição, fontes e efeitos sobre a saúde

A definição de fibra alimentar evoluiu ao longo do tempo e da investigação, podendo atualmente ser definida como os componentes vegetais que não são digeridos no intestino delgado (Dreher, 2001). Elleuch *et al.* (2011) definem fibra dietética como uma classe de compostos que inclui uma mistura de polímeros de hidratos de carbono vegetais, tanto oligossacáridos como polissacáridos. Os componentes típicos da fibra dietética são as substâncias insolúveis das paredes celulares das plantas, celulose, hemicelulose, lenhinas, pectinas e alguns polissacáridos solúveis diferentes do amido, tais como gomas e mucilagens

(Dreher, 2001; Fennema, 1992). Todas estas, exceto as lenhinas, são polissacáridos (Dreher, 2001).

A heterogeneidade da fibra alimentar é a principal razão para a diversidade dos seus efeitos fisiológicos (Dreher, 2001). Apenas os polissacáridos foram originalmente incluídos na fibra dietética, mas, devido aos seus efeitos fisiológicos, definições mais recentes incluíram também os oligossacáridos, *e.g.* a inulina, fruto-oligossacáridos e outros oligossacáridos (Slavin 2013). Além disso, os oligossacáridos são os pré-bióticos mais conhecidos, “um ingrediente fermentado seletivamente que permite mudanças específicas, tanto na composição e/ou atividade na microflora gastrointestinal que conferem benefícios ao bem-estar do hospedeiro” (Slavin, 2013). Até ao momento, todos os pré-bióticos conhecidos e os suspeitos são compostos de hidratos de carbono, principalmente oligossacáridos, conhecidos por resistirem à digestão no intestino delgado humano e atingirem o cólon, onde são fermentados pela microbiota intestinal (Slavin, 2013).

A ingestão de fibra dietética apresenta muitos benefícios para a saúde (Anderson *et al.*, 2009), estando o aumento da sua ingestão associado à menor incidência de doenças cardiovasculares (Slavin, 2013), redução da tensão arterial e dos níveis séricos de colesterol (Anderson *et al.*, 2009). Previne também um certo número de distúrbios gastrintestinais, entre eles, a doença do refluxo gastro esofágico, a úlcera duodenal, a diverticulite, a obstipação e as hemorroidas (Anderson *et al.*, 2009). O aumento da ingestão de fibras solúveis melhora a glicemia e a sensibilidade à insulina e, em indivíduos obesos, provoca significativamente a perda de peso (Anderson *et al.*, 2009).

De acordo com a Direção-Geral da Saúde (DGS) (2018), os valores recomendados relativos à ingestão diária de fibra são de 20 g a 35 g/dia para adultos, e, para crianças a partir dos 2 anos, a dose deve ser igual à idade + 2 g/dia.

4.2.2 Propriedades físico-químicas e aplicações

As fibras podem ser incorporadas em produtos alimentares como agentes de volume não calóricos para substituição parcial de farinha, gordura ou açúcar, para aumentar a retenção de água e gordura e para melhorar a estabilidade das emulsões (Elleuch *et al.*, 2011). No entanto, a percentagem de fibra que pode ser adicionada é limitada, porque pode causar mudanças na cor e textura dos alimentos (Elleuch *et al.*, 2011).

De um modo geral, o pescado é um alimento rico em termos nutricionais, mas não contém fibras. A incorporação de fibras dietéticas nos alimentos derivados do pescado, além de aumentar o seu teor de fibra alimentar, resultando em produtos mais saudáveis, com baixo

teor de colesterol, gordura e nível calórico, tem também um efeito funcional, pois melhora as propriedades físicas e estruturais do produto por hidratação, gelificação, emulsificação, alteração das características sensoriais e aumento do prazo de validade (Borderías, Sánchez-Alonso & Pérez-Mateos, 2005; Elleuch *et al.*, 2011).

A adição de fibras solúveis, tais como carragenatos de algas ou guar e xantano de sementes, melhoram as propriedades ligantes, espessantes, emulsionantes e gelificantes dos produtos feitos com polpa de pescado, especialmente quando a matéria-prima utilizada é pobre em termos funcionais, mas pode causar uma grande perda de rigidez e elasticidade nos géis de proteínas musculares (Borderías *et al.*, 2005).

As interações proteínas-polissacáridos, proteína-proteína e proteína-água, são responsáveis pela solubilidade, capacidade de formar géis viscoelásticos e pelo seu comportamento em interfaces (Tolstoguzov, 1997). Isto significa que as características de gelificação do “surimi” podem ser melhoradas utilizando uma dispersão aquosa de polissacárido, tal como o glucomanano de konjac (KGM) (Zhang *et al.*, 2015).

O KGM é uma fibra dietética hidrossolúvel, extraída de tubérculos subterrâneos de *Amorphophallus konjac* nativa da China (Fang & Wu, 2004). Apresenta um conjunto de características nutricionais, das quais se destacam: a capacidade para atrasar o esvaziamento gástrico; melhorar os níveis de açúcar e colesterol no sangue; fornecer fibra alimentar, evitando a obstipação e a diverticulite (como substrato fermentável no cólon restringe o crescimento de agentes patogénicos no intestino e a toxicidade associada) (Chua *et al.*, 2010; Ramin *et al.*, 2015). Além destas vantagens, pode ainda desempenhar várias funções fisiológicas relacionadas com o sistema digestivo, a diabetes e as doenças cardíacas (Ramin *et al.*, 2015). É atualmente utilizado como suplemento dietético (Chua *et al.*, 2010) e a sua utilização como aditivo alimentar foi aprovada na União Europeia e classificado como “Generally Recognized as Safe” (GRAS) pela Food and Drug Administration (FDA). O KGM, devido às suas propriedades físico-químicas (viscosidade, capacidade de retenção de água e solubilidade), melhora as propriedades reológicas de produtos alimentares e tem sido utilizado, ao longo dos tempos, em alimentos tradicionais japoneses (Gao, Guo & Nishinari, 2008).

O KGM é constituído por monómeros de glucose e manose, unidos por ligações β -1,4, sendo a relação glucose:manose cerca 1:1,6 (Kato & Matsuda, 1969). A estrutura principal do KGM possui 5-10 % do grupo acetilo, sendo amplamente aceite que a presença deste lhe confere hidrossolubilidade (Figura 11) (Gao & Nishinari, 2004; Kato & Matsuda, 1969; Williams *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2015; Zhang, Xie & Gan, 2005).

A desacetilação parcial do KGM é uma condição necessária para a formação de um gel termo-irreversível e altamente estável ao calor (Nishinari, Williams & Phillips, 1992; Park, 1996). Maekaji (1974, 1978) demonstrou que a desacetilação gerada pela adição de uma solução alcalina é um passo crucial para a gelificação do KGM.

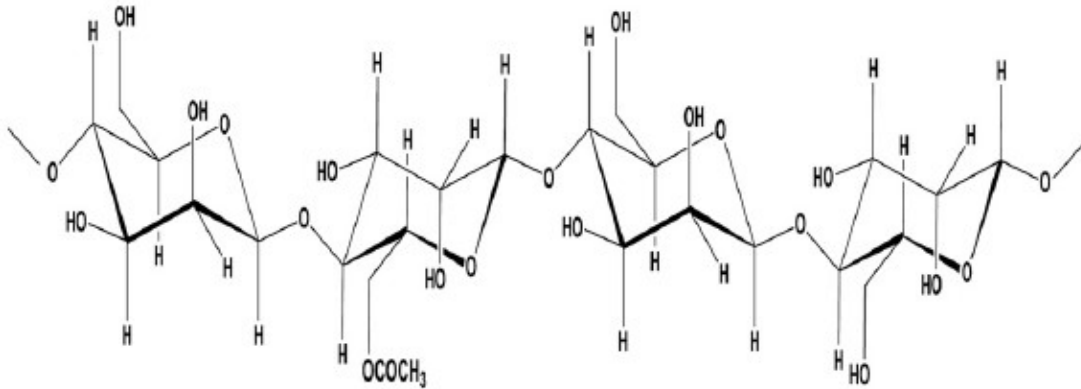


Figura 11. Estrutura química do glucomanano de konjac. Retirado de Luo, He & Lin (2013).

Em meio alcalino, com Na_2CO_3 , NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH , ou outros compostos alcalinos, ocorre a desacetilação do KGM (Herranz *et al.*, 2012a; Yin *et al.*, 2008) (Figura 12). Esta reação induz alterações na estrutura molecular deste polímero, que facilitam a formação de ligações de hidrogênio e também interações hidrofóbicas intermoleculares, levando à formação de um gel termicamente estável (Alonso-Sande *et al.*, 2009; Alvarez-Manceñido, Landin & Martínez-Pacheco, 2008; Gao *et al.*, 2008; Maekaji, 1974; Xu *et al.*, 2007). Além da desacetilação, a presença da solução alcalina também promove interações eletrostáticas (Luo *et al.*, 2013).

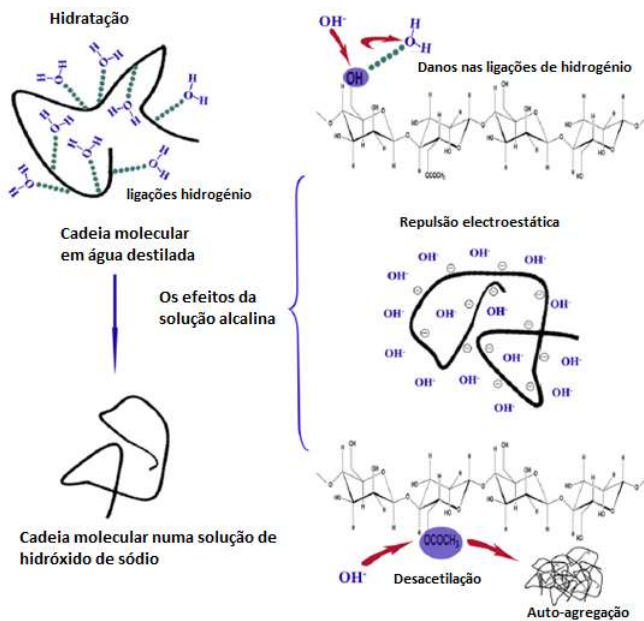


Figura 12. Diagrama esquemático dos efeitos de uma solução alcalina na cadeia molecular do KGM. Adaptado de Luo *et al.* (2013).

A concentração de solução alcalina, a concentração do polissacárido e a temperatura de processamento são fatores que afetam a gelificação (Alonso-Sande *et al.*, 2009; Gao & Nishinari, 2004; Xu *et al.*, 2007).

Gao & Nishinari (2004), constataram que o aumento da concentração alcalina permitiu obter uma maior desacetilação do KGM. Porém, Huang *et al.* (2002), observaram que, na presença de uma elevada concentração alcalina, a gelificação dá-se muito rapidamente, mas apresenta um gel com menor elasticidade.

A gelificação é favorecida quando a massa molecular e a concentração de KGM aumentam (Alonso-Sande *et al.*, 2009). O espaço entre as moléculas diminui e as interações intermoleculares são reforçadas, levando à formação de ligações de hidrogénio e a ligações cruzadas entre as moléculas (Huang *et al.*, 2002; Luo *et al.*, 2013). Para Dave *et al.* (1998), a gelificação de KGM pode ocorrer para concentrações de KGM superiores a 7%. O aumento da temperatura, além de proporcionar a mobilidade das moléculas, pode favorecer a reação de desacetilação (Luo *et al.*, 2013). O aumento da movimentação das moléculas vai promover o entrelaçamento entre as cadeias, sobrepondo-se ao possível enfraquecimento de algumas ligações de hidrogénio que possam acontecer (Luo *et al.*, 2013). Na Tabela 8, encontram-se as diferentes variáveis que podem influenciar o mecanismo de gelificação do KGM.

Tabela 8. Influência das diferentes variáveis no mecanismo de gelificação do glucomanano de konjak (KGM)

Variável	Mecanismo de gelificação
↓ Grau de acetilação	↑ Formação de ligações de hidrogénio
↑ Peso molecular do KGM	↑ Número de zonas de junção ↑ Comprimento das cadeias de ligação
↑ Concentração do KGM	↑ Número de moléculas ↑ Proximidade entre moléculas
↑ Temperatura	↑ Formação de ligações de hidrogénio
↑ Concentração da solução alcalina	↑ Processo de desacetilação ↑ Formação de ligações de hidrogénio

Retirado de Alonso-Sande *et al.* (2009).

Na Tabela 9, apresentam-se as referências bibliográficas de alguns trabalhos sobre a aplicação de KGM em produtos reestruturados de pescado. Pela legislação em vigor, o glucomanano de konjac é classificado como o aditivo E-425 e o teor máximo específico é 10 g/kg¹, estreme ou em combinação (Regulamento (CE) N.º 1333/2008).

¹ Não pode ser utilizado em mini embalagens de gelatina.

Não pode ser utilizado para produzir géneros alimentícios desidratados que se destinem a ser reidratados após ingestão.
Não pode ser utilizado em produtos de confeitaria à base de gelificantes.

Tabela 9. Aplicações de glucomanano de konjac em produtos reestruturados de pescado

Matéria-prima	Efeito do KGM	Referência
“Surimi” de carpa herbívora (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	A adição de 1 % de KGM permitiu obter um efeito crioprotetor e aumentar a capacidade de retenção de água	Xiong <i>et al.</i> (2009)
“Surimi” de escamudo do Alasca	O aumento do grau de desacetilação do KGM desacetilado levou a um aumento da força de gel	Zhang <i>et al.</i> (2015)
Serradura de peixe	A adição de 1,25 % KGM e 0,8 % de NaCl, após pasteurização, levou à formação de géis mais firmes e coesos.	Solo-de-Zaldívar <i>et al.</i> (2015)
“Surimi” de lula-de-Humboldt (<i>Dosidicus gigas</i>)	A adição de 1 % de solução de KGM (10 %) a pH = 10,4 permitiu aumentar a força de gel	Iglesias-Otero, Borderías & Tovar (2010)
“Surimi” de baixa qualidade	A adição de 1,5 % de KGM melhorou significativamente a força de gel	Liu, Wang & Ding (2013)
Géis de robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>) de aquacultura	A adição de 10 g/kg de carragenina e de 10 g/kg de KGM melhorou significativamente a textura dos géis	Cardoso <i>et al.</i> (2011a)
Géis de dourada (<i>Sparus aurata</i>)	A adição de 1 % KGM e 0,5 % de MTGase teve um efeito endurecedor nos géis obtidos.	Cardoso <i>et al.</i> (2011b)
Fiambre de dourada (<i>Sparus aurata</i>), salmão (<i>Salmo salar</i>) e pescada (<i>Merluccius capensis</i>)	A adição de 2 % de KGM e de carragenina produziu uma melhor textura (dureza, coesividade e elasticidade)	Cardoso <i>et al.</i> (2013a)

A inulina é outra fibra dietética com propriedades funcionais, pois regula o trato intestinal, aumenta a absorção de cálcio, tem um reduzido valor calórico e não provoca a secreção de insulina (Niness, 1999; Roberfroid, 1993). É considerada um pré-biótico, pois estimula o crescimento do *Bifidobacterium sp.*, promovendo o aumento de “bactérias úteis” no cólon (Havenaar *et al.*, 1999; Rueangwatcharin & Wichienchot, 2015). A quantidade mínima de inulina, recomendada para ingestão diária por um adulto saudável, é de 12 gramas, para ajudar a manter a função intestinal normal (Regulamento (UE) N.º 2015/2314, 2015).

Dependendo do comprimento da cadeia, a inulina pode ser classificada como um oligo (máximo de dez unidades) ou polissacárido (mais de dez unidades) do tipo frutana, é hidrossolúvel e é constituída por subgrupos de β -D-fructosilo (monómeros de frutose), ligados entre si por ligações glicosídicas β - (2 - 1), geralmente com um grupo terminal (1 - 2) α -D-glucose (Figura 13) (Mensink *et al.*, 2015; Shoaib *et al.*, 2016).

Como fontes naturais de inulina temos muitas espécies de plantas, entre as quais raízes de chicória, alcachofra de Jerusalém, tubérculos de dália, espargos, alho-porro, cebola, banana, trigo e alho (Bornet, 2008; Roberfroid, 2007). Industrialmente, a inulina é extraída da raiz da chicória (Prosky & Hoebregs, 1999), considerada a fonte mais rica de inulina (Shoaib *et al.*, 2016).

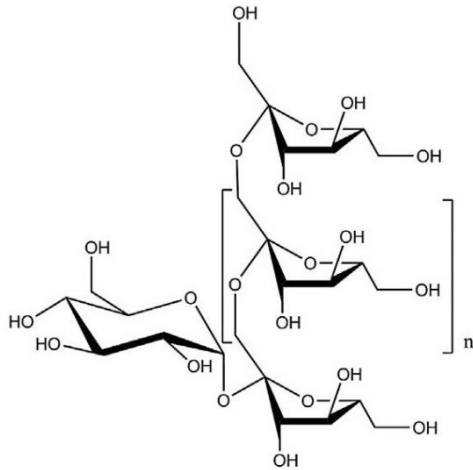


Figura 13. Estrutura química genérica da inulina. Retirado de Mensink *et al.* (2015).

Devido aos seus benefícios tecnológicos, a adição de inulina é atraente para o desenvolvimento de novos produtos, mas as suas funcionalidades são condicionadas pelo respetivo grau de polimerização. Polímeros com cadeia até dez unidades são utilizados como adoçante, aqueles que têm mais unidades não apresentam propriedades adoçantes e são usados para melhorar a textura dos alimentos em substituição de ingredientes lipídicos, como espessante, gelificante, entre outros efeitos tecnologicamente interessantes (Calçarão, 2012; Niness, 1999; Shoaib *et al.*, 2016).

Em geral, os géis de inulina baseiam-se nas interações que ocorrem entre cadeias de inulina dissolvidas (Mensink *et al.*, 2015). A capacidade de formação de géis depende da concentração de inulina, temperatura de aquecimento e pH (Kim, Faqih & Wang, 2001). A força de gel depende do tamanho das partículas de inulina e, após esta ser dissolvida, pode ser hidrolisada em moléculas menores, levando à diminuição da formação de gel (Kim *et al.*, 2001).

Os géis de inulina podem conter também microcristais não dissolvidos que, ao interligarem-se, formam uma rede capaz de interagir com o solvente e outras partículas de inulina, aumentando assim a força de gel (Bot *et al.*, 2004; Duynhoven *et al.*, 1999; Franck, 2002; Kim *et al.*, 2001; Ronkart *et al.*, 2010). A formação de microcristais é influenciada pela temperatura e pelo peso molecular (Mensink *et al.*, 2015). Quanto maior a massa molecular mais forte será o gel formado (Kim & Wang, 2001) e as inulinas de maior massa molecular formam géis com concentrações mais baixas (Meyer *et al.*, 2011). A força de gel, promovido pela presença de inulina, é proporcional ao aumento da temperatura até 80 °C (Kim *et al.*, 2001). Algumas referências de estudos sobre a aplicação de inulina em produtos reestruturados de pescado apresentam-se na Tabela 10. Cardoso, Mendes & Nunes (2007a, b, 2008a), Cardoso *et al.* (2008b) e Cardoso *et al.* (2009), verificaram que a introdução de inulina

em produtos de pescado reestruturados prejudicava a textura, nomeadamente a dureza. Verificaram ainda que este efeito negativo pode ser evitado adicionando 20 g/kg de carragenina, mas não era compatível com a adição de MTGase.

Tabela 10. Aplicações de inulina em produtos reestruturados de pescado

Matéria-prima	Efeitos da inulina	Referência
Inulina	Géis de inulina obtidos por aquecimento seguido de arrefecimento apresentavam forte coesividade, mas textura suave.	Kim & Wang (2001)
Pescada de Africa do Sul (<i>Merluccius capensis</i>)	A adição de fibras de raiz de chicória (2 % e 4 %), provocou uma diminuição da dureza e apenas aumentou a elasticidade dos géis com a adição de 4 % (p/p).	Cardoso <i>et al.</i> (2007a)
Pescada de Africa do Sul (<i>Merluccius capensis</i>)	A adição de fibra de raiz de chicória (4 %) juntamente com carragenatos (2 %) eliminava o efeito decrescente da inulina sobre a dureza dos géis.	Cardoso <i>et al.</i> (2007b)
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	A adição de 1 % de inulina permitiu obter os valores mais elevados de dureza e elasticidade em géis submetidos a 80 °C.	Ming-qing <i>et al.</i> (2010)
Tuna (<i>Thunnus tonggol</i>)	A adição de 5 % de inulina em atum enlatado em água e 7 % de inulina em maionese de atum, e outros molhos, permitiu obter produtos com aceitabilidade sensorial, satisfazendo a ingestão diária recomendada de inulina.	Rueangwatcharin & Wichienchot (2015)

Novas potencialidades da inulina, como ingrediente alimentar, continuam a ser investigadas e é considerada cada vez mais um alimento/ingrediente de futuro na indústria alimentar, cada vez mais com o intuito de produzir alimentos mais saudáveis e equilibrados.

Os carragenatos, carragenanos ou carrageninas são outras fibras dietéticas potencialmente benéficas na obtenção de produtos de pescado. As carrageninas são cadeias lineares de unidades D - galactopiranosilo unidas por ligações (1, 3) – α - D - γ (1, 4) – β - D-glicosídicos alternantes, nas quais a maioria das unidades de açúcar tem um ou dois grupos sulfato esterificados no grupo hidroxilo dos átomos de carbono C-2 ou C-6 (Fennema, 1992). Carragenina representa o grupo ou família de galactanos sulfatados que se extraem das algas vermelhas da classe *Rhodophyceae* e as estruturas principais são chamadas kappa (κ), iota (ι) e lambda (λ) (Fennema, 1992). No entanto, devido há presença de hélices duplas de cadeias paralelas na sua estrutura molecular (Fennema, 1992), apenas as carrageninas iota e kappa possuem capacidade de gelificação (Cardoso *et al.*, 2007b). No fabrico de “surimi” adiciona-se carragenina kappa, quando se pretendem texturas firmes, e carrageninas iota para texturas mais elásticas (Lamkey, 2009) (Tabela 11).

As carrageninas são solúveis em água e a viscosidade é muito estável num grande intervalo de valores de pH, uma vez que os grupos éster de sulfato são sempre ionizados, o que confere às moléculas uma carga global negativa (Fennema, 1992). Os tributos tecnológicos são vários, destacando-se o poder gelificante e texturizante, a capacidade de retenção de água

e o controle da humidade, sendo substitutos da proteína e da gordura, permitindo o aumento do rendimento da produção, com consideráveis benefícios económicos para o produtor, não pondo em risco a segurança e saúde do consumidor. Na indústria alimentar, os carragenatos são aplicados no revestimento de carnes, para melhorar a adesão entre peças de carne, aumentar a capacidade de retenção de água dos produtos cárneos emulsionados e melhorar a textura e qualidade de produtos cárneos com baixo teor de gordura (Fennema, 1992).

Tabela 11. Aplicações de carragenina em produtos reestruturados de pescado

Matéria-prima	Efeitos da carragenina	Referência
Lula-de-Humboldt (<i>Dosidicus gigas</i>)	Os géis de lula mais fortes foram obtidos com 1,5 % de NaCl e 76 % de humidade contendo ι-carragenina, amido e proteína não muscular.	Gómez-Guillén & Montero (1997)
“Surimi” de carapau chileno (<i>Trachurus murphyi</i>)	A adição de ι-carragenina (0,5 a 1,2 %) pode ter efeitos positivos na textura do “surimi”, dependendo da temperatura e tempo aplicado para a sua solubilização e gelificação.	Ortiz & Aguilera (2004)
Pescada de África do Sul (<i>Merluccius capensis</i>)	A adição de 2 % (p/p) de carragenina em produtos reestruturados com 4 % (p/p) de fibra dietética originou os valores de dureza mais elevados.	Cardoso <i>et al.</i> (2007b)

Apesar da adição de carragenina aos produtos de pescado não ser uma prática generalizada, Cardoso *et al.* (2007b) verificaram que a incorporação de pelo menos 0,8-1,2 % (p/p) de carragenina em produtos de polpa de pescada permitia obter géis mais duros por aquecimento.

De acordo com a legislação em vigor, a carragenina é classificada como o aditivo E-407, é permitida a sua utilização desde 1989 e o teor máximo específico é *quantum satis*² (Regulamento (CE) N.º 1333/2008).

Nos estudos consultados, verifica-se que, na maior parte dos casos, são as interações entre os ingredientes adicionados que determinam as propriedades funcionais dos alimentos. Nos produtos processados de pescado, as proteínas são o principal ingrediente e as interações de maior importância são as de proteína-hidratos de carbono (Zhang *et al.*, 2016).

4.3 Proteínas vegetais

4.3.1 Definição, fontes e efeitos sobre a saúde

Nos últimos anos, as proteínas vegetais têm vindo a ser muito utilizadas na indústria alimentar como ingredientes, quer devido ao seu custo relativamente baixo, quer à reduzida influência no meio ambiente (Barac *et al.*, 2010).

² Não pode ser utilizado em mini embalagens de gelatina.

As leguminosas são uma fonte barata de proteínas e outros nutrientes, tais como amido, fibras alimentares, vitaminas, minerais e polifenóis (Shevkani *et al.*, 2015). São consideradas mais adequadas para a preparação de isolados de proteína, devido ao alto teor de proteína, baixo custo e ampla aceitação (Shevkani *et al.*, 2015). Os concentrados ou isolados proteicos são usados como ingredientes, principalmente para aumentar a qualidade nutricional e melhorar características de textura.

Na Europa, as ervilhas (*Pisum sativum L.*) estão a tornar-se uma importante fonte de proteína vegetal e uma potencial alternativa à soja (Roy, Boye & Simpson, 2010). O aumento da aceitação de proteínas de ervilha é devido à variedade de ervilhas com boas propriedades funcionais em aplicações alimentares, alto valor nutricional, disponibilidade e custo relativamente baixo. A proteína de ervilha é uma boa escolha para quem tem restrições e preferências alimentares, pois não é alergénica nem contém glúten (Shevkani *et al.*, 2015). Além disso, as ervilhas são uma fonte rica de componentes biologicamente ativos que podem exercer efeitos terapêuticos e benéficos à saúde (Roy *et al.*, 2010). As ervilhas contêm 20 a 25 % de proteína, com níveis mais elevados de lisina e triptofano do que os grãos de cereais, além de apresentarem 5 a 20 % menos inibidores da tripsina do que a soja (Endres *et al.*, 2016). Têm um perfil de aminoácidos comparável ao de outras leguminosas (Iqbal *et al.*, 2006) e um teor insignificante de aminoácidos com enxofre (Wang *et al.*, 2003). A digestibilidade da proteína de ervilha é maior que a da soja e de várias outras leguminosas e, por ser muito rica em lisina (Dahl, Foster & Tyler, 2012), está a ser estudado o seu impacto na alimentação humana, principalmente para os que se tornaram intolerantes às proteínas do leite e do ovo.

4.3.2 Propriedades físico-químicas e aplicações

As proteínas vegetais apresentam-se como um ingrediente atraente para a preparação de produtos derivados do pescado devido ao seu elevado teor proteico e baixo custo. Contudo, a sua utilização dependerá das suas propriedades funcionais, comportamento reológico e sensorial, durante o processamento, armazenamento e consumo.

Atualmente, há uma variedade de proteínas vegetais que estão comercialmente disponíveis, incluindo as de ervilha, batata, milho, canola, arroz e outras proteínas de leguminosas e fontes oleaginosas (Egbert & Payne, 2009).

As proteínas de ervilha estão a tornar-se muito populares, porque atualmente são produzidas a partir de organismos não modificados geneticamente (não-OGM) (Egbert & Payne 2009). Devido à composição de aminoácidos e propriedades funcionais aceitáveis, o isolado de proteína de ervilha é uma fonte de proteína potencial para o enriquecimento de

alguns produtos alimentares (Tömösközi *et al.*, 2001). O isolado de proteína de ervilha também tem demonstrado desempenhar outras funções desejáveis como ingrediente em alimentos processados, tais como absorção de água, emulsificação e formação de espuma (Hsu *et al.*, 1982; Sumner, Nielsen & Youngs, 1981).

O perfil de solubilidade de isolados de proteína de ervilha é semelhante a outras proteínas vegetais e é caracterizado por alta solubilidade em pH alcalino, solubilidade mínima no ponto isoelétrico e moderada em meio ácido (Tömösközi *et al.*, 2001). Segundo Shand *et al.* (2007), as condições ótimas para a formação de géis fortes induzidos por calor a partir de isolado de proteína de ervilha foram 19,6 % (p/p) de teor proteico, pH 7,1, 2,0 % (p/p) de NaCl e aquecimento a 93 °C. Estas proteínas, quando submetidas a tratamento térmico, comparativamente com as não aquecidas, apresentam um maior potencial para atuar como um excelente emulsionante (Peng *et al.*, 2016). Aluko, Mofolasayo & Watts (2009) e Vose (1980) verificaram que o isolado de proteína de ervilha apresentou propriedades emulsionantes semelhantes ou melhores do que o isolado de proteína de soja. Porém, Tömösközi *et al.* (2001) observaram que, numa emulsão em que foi usado isolado de proteína de ervilha, a estabilidade dessa emulsão foi baixa, em comparação com a obtida com isolado de proteína de soja. A proteína de ervilha apresenta capacidades para produzir emulsões semi-espessas e espessas, semelhantes a maionese, em diferentes valores de pH (Watters & Cherry, 1977).

O isolado de proteína de ervilha apresenta a melhor aptidão para formação de espuma a um pH entre 5 e 7, mas com uma estabilidade muito mais baixa do que a da clara de ovo (Fuhrmeister & Meuser, 2003).

Embora diversos estudos refiram que os isolados de proteína de ervilha apresentam boa capacidade de gelificação (Bora, Brekke & Powers, 1994; Nunes, Raymundo & Sousa, 2006a, b; O’Kane *et al.*, 2005), Raymundo *et al.* (2005) consideraram que o que têm é capacidade para estabilizar emulsões alimentares, apresentando propriedades ativas de alta superfície na interface óleo-água.

Nunes *et al.* (2006a), em géis de isolados de proteína de ervilha, observaram a desnaturação proteica durante o aumento de temperatura. Este comportamento poderá explicar os resultados obtidos por Tomé *et al.* (2015). Estes autores obtiveram géis de proteína de peixe com uma textura mais macia, quando adicionaram isolado de proteína de ervilha. Estes resultados sugerem que o isolado de proteína de ervilha poderá dificultar o processo de gelificação das proteínas do peixe. No entanto, é necessária mais informação sobre o efeito destas proteínas nas propriedades do gel de pescado.

4.4 Transglutaminase microbiana

4.4.1 Caracterização

A transglutaminase microbiana (MTGase) é uma proteína monomérica composta por 331 aminoácidos, com conformação tipicamente globular, composta por oito folhas β envolvidas por onze hélices α (Góes-Favoni & Bueno, 2014; Kanaji *et al.*, 1993) (Figura 14). Os valores ótimos de pH para a sua atividade encontram-se entre 5 e 8, o seu ponto isoelétrico é 9 (Ando *et al.*, 1989; Yokoyama *et al.*, 2004) e a temperatura ótima é de 55 °C, sendo estável durante 10 min a pH 6 (Yokoyama *et al.*, 2004). É independente de Ca^{2+} e a sua ativação não requer co-fatores especiais (Macedo & Sato, 2005; Motoki & Seguro, 1998; Yokoyama *et al.*, 2004; Zhu *et al.*, 1995). Para a sua estabilização, a MTGase é comercializada com sais, açúcares, proteínas e surfactantes adicionados (Zhu *et al.*, 1995). A adição de MTGase não altera o pH, a cor ou sabor dos alimentos (Ando *et al.*, 1989).

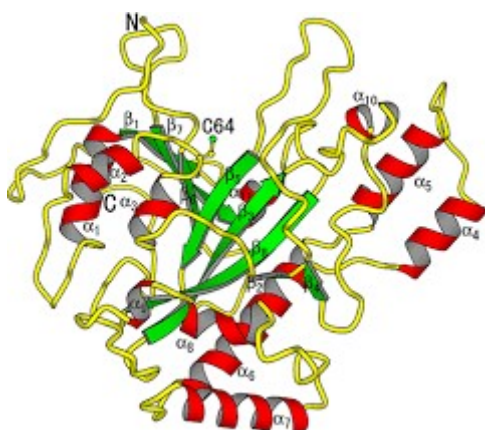


Figura 14. Estrutura geral da MTGase. Retirado de Yokoyama *et al.* (2004).

De acordo com Motoki & Seguro (1998), a transglutaminase nativa e a MTGase diferem apenas em relação às ligações entre glutamina e lisina.

Em sistemas alimentares, a transglutaminase catalisa reações de transferência de acilo, desamidação e polimerização inter e intramolecular com ligações cruzadas, resultando na formação de polímeros de alto peso molecular (Figura 15) (Célis, 2009; Lorenzen, 2007; Moreno, Borderías & Baron, 2010; Özrenk, 2006). Estes polímeros podem resultar de diferentes vias:

1) na reação de transferência acilo estabelecem-se ligações cruzadas entre resíduos de lisina e resíduos de glutamina, formando uma ligação ϵ -(γ -Glu)-Lys intermolecular ou intramolecular (Gerrard & Sutton, 2005; Nonaka *et al.*, 1989; Skovbjerg *et al.*, 2004);

2) na reação do grupo acilo com lisina livre ou uma amina primária, estes compostos são incorporados na cadeia proteica, em resposta a uma mudança na hidrofobicidade da superfície (Gauche *et al.*, 2008; Jong & Koppelman, 2002; Kang *et al.* 1994; Motoki & Kumazawa, 2000; Motoki & Seguro, 1998; Özrenk, 2006);

3) na ausência de resíduos de lisina, lisina livre ou aminas primárias, a água liga-se aos grupos acilo ou carboxiamida dos resíduos de glutamina que são desamidados, aumentando o número de resíduos carboxílicos e alterando a carga da proteína com a formação de ácido glutâmico e amoníaco (Ando *et al.*, 1989; Célis, 2009; Jong & Koppelman, 2002; Nielsen, 1995; Skovbjerg *et al.*, 2004).

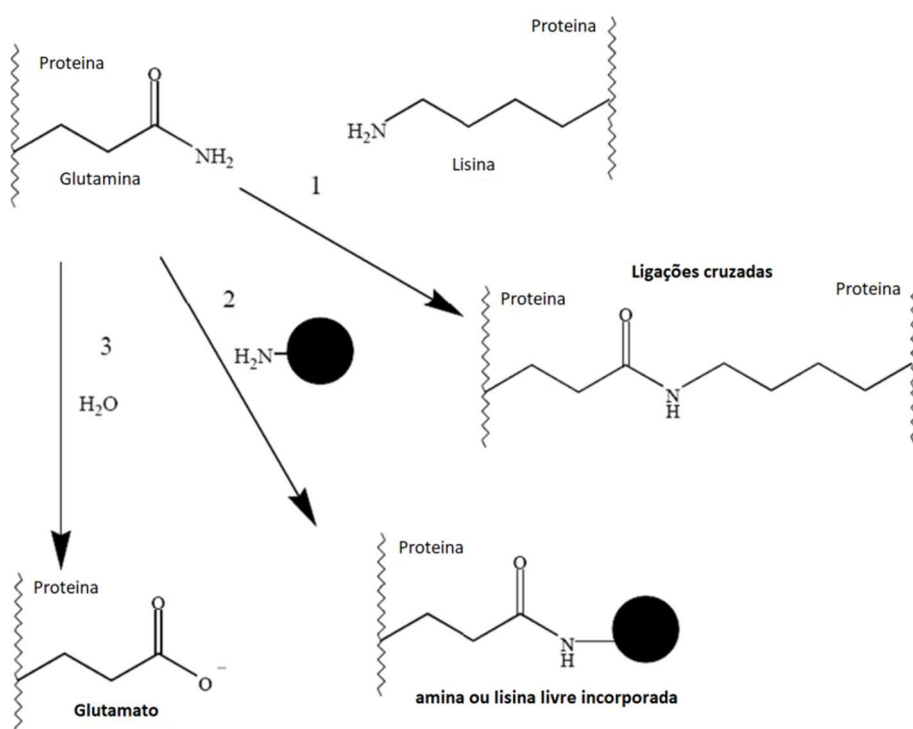


Figura 15. Reações promovidas pela MTGase. (1)Ligação cruzada entre glutamina e resíduos de lisina de proteínas ou péptidos, (2) Incorporação de uma amina ou lisina livre, e (3) Desamidação de um resíduo de glutamina para formar glutamato. Retirado de Gerrard & Sutton (2005).

Numa base alimentar, a reticulação catalisada pela MTGase ocorre antes das reações de transferência de acilo e de desamidação (Góes-Favoni & Bueno, 2014). Estas ligações covalentes promovem drásticas mudanças intra e intermoleculares na estrutura molecular das proteínas, levando à formação de novas estruturas (Barreiro & Seselovsky, 2003; Motoki & Seguro, 1998). A desamidação de proteínas pode melhorar as funcionalidades proteicas, tais como solubilidade, emulsificação, formação de espuma e gelificação (Hamada, 1994). Estas alterações nas proteínas afetam as propriedades funcionais dos alimentos, como textura, viscosidade, capacidade de formar géis e espumas, resultando em melhorias tecnológicas dos produtos alimentares (Motoki & Seguro, 1998; Truong *et al.*, 2004).

4.4.2 Aplicações

A utilização da MTGase em produtos reestruturados de pescado iniciou-se na indústria de “surimi” e rapidamente passou a ser aplicada a outros alimentos ricos em proteínas (Castro-Briones *et al.*, 2009; Cortez-Vega *et al.*, 2013). Martelo-Vidal, Mesas & Vázquez (2012) referem a utilização de músculos de pescado na obtenção de fiambre ou produtos tipo peito de peru. Na procura da obtenção de novos produtos à base de polpas de pescado, os estudos realizados procuram entender quais os efeitos da adição de MTGase, juntamente com a adição de baixos teores de sal e de fibras dietéticas.

A gelificação de proteínas de diferentes espécies de pescado, induzida pela MTGase, foi descrita em vários trabalhos dos quais se destacam os apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Aplicações da MTGase em produtos reestruturados de pescado

Matéria-prima	Efeitos	Referência
Carpa prateada (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	O fiambre de “surimi” de carpa prateada preparado com 2 % de NaCl e 0,3 – 0,6 % de MTGase apresentava as melhores propriedades texturais.	Ramírez <i>et al.</i> (2002)
Carpa prateada (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	Os produtos do tipo fiambre de “surimi” de carpa prateada preparados com 1 % de NaCl e 0,3 % de MTGase tinham as melhores propriedades texturais.	Téllez-Luis <i>et al.</i> (2002)
Pescada do Cabo (<i>Merluccius capensis</i>)	Os produtos reestruturados de pescada do Cabo obtidos com a adição de 0,5 % de MTGase apresentavam os melhores resultados de textura.	Cardoso <i>et al.</i> (2007b)
Lagarto escamudo (<i>Saurida undosquamis</i>)	Na medição da textura em géis de lagarto escamudo, a força à rutura e a força à deformação aumentaram com o aumento de adição de MTGase (0 % a 0,8 %). Para a mesma quantidade de MTGase adicionada, verificaram uma maior força à rutura com “setting” a 40 °C, durante 30 min.	Benjakul <i>et al.</i> (2008)
Dourada (<i>Sparus aurata</i>)	Os produtos reestruturados de dourada, sem tratamento térmico, com 2 % de NaCl e 0,6 % de MTGase tinham os valores mais elevados de dureza e mastigabilidade.	Andrés-Bello <i>et al.</i> (2011)
Robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Os produtos gelificados de robalo com a incorporação de 0,5 % de MTGase apresentavam a maior força de gel e força de rutura.	Carlos Cardoso <i>et al.</i> (2011a)
Sarda (<i>Scomber scombrus</i>)	Com adição de 20 U/100 g de MTGase, 0,845 % de NaCl e gelificação a 31,8 °C, durante 63,35 min, obteve um produto reestruturado de sarda com textura semelhante ao peito de peru.	Martelo-Vidal <i>et al.</i> (2012)
“Surimi” de falso besugo (<i>Nemipterus bleekeri</i>)	O aumento da força à rutura e à deformação foi proporcional ao aumento de adição de MTGase, de 0,4 % a 1,2 %.	Kaewudom, Benjakul & Kijroongrojana (2013)
Atum branco (<i>Thunnus alalunga</i>)	Em produtos reestruturados de atum branco com 1,5 % de NaCl e adição de 30 U/100 g de MTGase verificou-se que os parâmetros de textura foram melhorados com “setting” a 4 °C durante 12 h.	Martelo-Vidal <i>et al.</i> (2016)

Embora a MTGase se apresente como um ingrediente interessante na produção de fiambres de peixe, a sua utilização não é ainda permitida na União Europeia (UE). O pedido para a sua utilização foi apresentado à Comissão, no prazo legal (de 11 setembro de 2011 a 11 de Março de 2015), referência N.º 2015/10, fonte *Streptovorticillium mobaraense* (strain S-8112), e com indicações de utilização na produção de preparados de carne, produtos de carne, peixe e produtos da pesca, produtos transformados do leite, produtos à base de cereais e produtos transformados hortofrutícolas. Encontra-se em período de avaliação, aguardando autorização para a sua utilização na União Europeia.

4.5 Corantes naturais

4.5.1 Caracterização

O aspeto de um alimento, em que se inclui a cor, determina a perspetiva dos consumidores sobre a qualidade de um produto e influencia significativamente as decisões de compra (Carpenter, Cornforth & Whittier, 2001). É por esta razão que, em “Marketing”, se estudam em profundidade todos os aspetos relacionados com a cor do produto, além da embalagem e dos locais e instalações onde se colocam para a venda.

A cor de um alimento deve-se aos pigmentos naturais que ele contém. No pescado, sabe-se que a hemoglobina e a mioglobina são as principais proteínas heme responsáveis pela cor do músculo (Chaijan & Undeland, 2015), mas é a mioglobina a principal responsável pela cor vermelha do músculo (Belitz *et al.*, 2009; Suman *et al.*, 2016). A sua concentração depende geralmente da espécie, sexo e idade do animal, manejo e alimentação, atividade muscular, disponibilidade de oxigénio, circulação sanguínea, tipo de músculo, ingredientes adicionados, tratamentos de conservação, embalagem, entre outros (Giddings, 1974; Postnikova *et al.*, 1999; King & Whyte, 2006).

De modo a tornar a cor dos produtos de pescado cozidos mais atraente, tem sido considerada a adição de corantes naturais. Estes são obtidos a partir de plantas, insetos/animais e minerais, conhecidos desde a antiguidade pelo seu uso como ingredientes alimentares (Delgado-Vargas, Jiménez & Paredes-López, 2000). Dos pigmentos naturais dos alimentos podem-se enunciar as clorofilas, a mioglobina e a hemoglobina, as antocianinas, os flavonoides, as proantocianidinas, os taninos, as betalaínas, as quinonas, as xantonas e carotenoides, entre outros (Belitz *et al.*, 2009).

A oferta no mercado de corantes naturais é extensa, mas a legislação limita a sua utilização, uma vez que podem, entre outras, induzir reações alérgicas em pessoas sensíveis. Além dos pigmentos aprovados na atual legislação, vários trabalhos têm sido realizados para a

obtenção de maior variedade destes produtos, quer em novas fontes de plantas (Castellar *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2010; Longo & Vasapollo, 2005), de insetos (Borges *et al.*, 2012; Cabrera, 2005; González *et al.*, 2002), quer em outras fontes biológicas, tais como fungos (Durán *et al.*, 2002; Mapari *et al.*, 2005; Velmurugan *et al.*, 2010), bactérias (Zhang *et al.*, 2006) e algas (Campo, García-González & Guerrero, 2007; Dufossé *et al.*, 2005). Na Tabela 13, encontram-se os corantes alimentares de origem natural aprovados na União Europeia (UE) e pela Food and Drug Administration (FDA).

Tabela 13. Corantes alimentares de origem natural aprovados na UE e pela FDA

Nome (UE)	E-número	Fonte	Cor obtida
Curcumina	E-100	Extraído da raiz de Curcuma (<i>Curcuma domestica</i> ; <i>Zingiberaceae</i>)	Amarelo alaranjado
Riboflavina	E-101		Amarelo
Riboflavina-5'-fosfato			
Cochonilha, ácido carmínico, carmina	E-120	Extrato de cochonilha e ácido carmínico	Rosa a vermelho
Clorofilas e clorofilinas	E-140	Clorofila	Verde a verde azeitona
Complexos de cobre de clorofilas e clorofilinas	E-141	Cobre de sódio Clorofilina	Verde azulado
Caramelos	E-150 (a-d)	Caramelo	Castanho
Carbón vegetal	E-153		Cinza a preto
Caroteno	E160a	Óleo de cenoura (caroteno de cenoura). β -caroteno (caroteno de óleo de palma; caroteno de <i>Dunaliella</i>)	Amarelo dourado a laranja
Urucum, bixina, norbixina	E160b	Extrato de urucum	Laranja
Extrato de paprika, capsantina, capsorrubina	E160c	Paprika Oleoresina de paprika	Laranja a laranja avermelhada
Licopeno	E160d	Extrato de licopeno de tomate Concentrado de licopeno de tomate	Laranja vermelho
α -apo-8'-carotenal (C30)	E160e	β -apo-8'-carotenal	Laranja avermelhada
Éster etílico de β -apo-8'-ácido caroténico (C30)	E160f		amarelo/laranja
Luteína	E161b		Amarelo dourado
Cantaxantina	E161g	Cantaxantina	Rosa laranja
Beterraba vermelha, betanina	E162	Beterraba vermelha desidratada (beterraba em pó)	Rosa a vermelho
Antocianinas	E163	Extrato da uva Extrato da pele de uva (enocianina) Torrado parcialmente desengordurado Farinha de algodão cozida Sumo de fruta Sumo de vegetais Açafrão	Rosa/vermelho para malva/azul Castanho Várias Várias Amarelo laranja vermelho

Adaptado de Shahid, Shahid-ul-Islam & Mohammad (2013), Codex Alimentarius Commission/Miscellaneous (CAC/MISC) 6 (2001) e CODEX STANDARD (STAN) 192 (1995).

Além da segurança alimentar, importa igualmente o comportamento dos pigmentos no processamento e a sua estabilidade no produto final. Vários estudos mostram que diversos fatores como a temperatura, luz, ar/oxigénio, pH, estrutura química, solventes, materiais de embalagem e condições de armazenamento, podem alterar a cor dos alimentos (Jiménez-Aguilar *et al.*, 2011; Lemos, Aliyu & Hungerford, 2012; Zhu *et al.*, 2015). Os pigmentos de

antocianina, por exemplo, são compostos muito instáveis e altamente suscetíveis à degradação (Assous, Abdel-Hady & Medany, 2014; Jiménez-Aguilar *et al.*, 2011; Sagdic *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2015). Assim, a sua cor final variará em função da variação dos fatores externos, entre os quais a baixa acidez ou pH neutro (Tan, Lim & Lee, 2014).

Verificou-se também que a estabilidade química e a cor de pigmentos presentes em produtos alimentares eram significativamente afetados por tratamentos térmicos e pela presença de sais metálicos.

4.5.2 Aplicações

Os corantes alimentares podem fornecer a cor apropriada aos alimentos cuja cor não seja a mais atraente. Os aditivos de cor autorizados nos produtos de pescado cozidos encontram-se na Tabela 14.

A carmina ou ácido carmínico é um corante natural, obtido a partir do corpo desidratado da fêmea do inseto *Dactylopius coccus costa*, vulgarmente chamada cochonilha. Este inseto alimenta-se de cactos selvagens (*Opuntia spp.*) e são indígenas do Peru, México, Bolívia, Chile e Espanha (Ilhas Canárias) (Cabrera, 2005). A carmina é usada sob a forma de extrato de ácido carmínico ou laca de carmin (um complexo de sal de alumínio/cálcio contendo entre 50 e 65 % de ácido carmínico) (Méndez *et al.*, 2004), é hidrossolúvel e a sua incorporação é permitida, desde 2005, em produtos de pescado cozidos, no máximo 500 mg/kg (Codex STAN 192-1995 revisão, 2018).

Tabela 14. Corantes permitidos a adicionar em pescado e produtos de pescado cozidos e limites máximos autorizados.

Aditivo	E-número	Ano permissão	Limite máximo	Observações
Riboflavinas	E-101 (i), (ii), (iii)	2008	300 mg/kg	(1)
Amarelo FCF	110	2008	300 mg/kg	(1)
Carminas	120	2005	500 mg/kg	
Papoila 4R (cochonilha vermelha R)	124	2008	500 mg/kg	(1)
Vermelho Allura (AC)	129	2009	300 mg/kg	(1)
Indigotina (carminas de indigo)	132	2009	300 mg/kg	(1)
Azul brilhante FCF	133	2009	100 mg/kg	(1)
Clorofilas e clorofilinas Complexos cúpricos	140 (i), (ii)	2009	30 mg/kg	(1) (2)
Verde sólido FCF	143	1999	100 mg/kg	
Caroteno bêta-legumes	160a (ii)	2009	1000 mg/kg	(1)
Extrato de película de uva	163 (iii)	2009	500 mg/kg	(1)

(1) Para alimentos não padronizados: unicamente para utilizar no “surimi” e em ovas de pescado. (2) Tanto como cobre. Retirado de Codex STAN 192-1995, revisão (2018).

5. ALTAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS

5.1 Introdução

A alta pressão hidrostática (HHP) ou processamento de alta pressão (HPP) é uma tecnologia não térmica de processamento de alimentos. Pode inativar microrganismos patogênicos à temperatura ambiente, prolongar o prazo de validade e reduzir os danos causados pelas altas temperaturas em alimentos sensíveis ao calor (Huang *et al.*, 2014), preservando a frescura e valor nutricional. Esta tecnologia permite obter alimentos seguros e de alta qualidade, com propriedades nutricionais, físico-químicas e sensoriais desejáveis (Heinz & Buckow, 2010). Verificou-se que esta nova tecnologia, inicialmente utilizada para eliminar microrganismos, apresentava também um grande potencial para modificar a estrutura física dos alimentos, possibilitando assim o desenvolvimento de novos produtos.

No HPP, um alimento é submetido a alta pressão hidrostática, normalmente a valores iguais ou superiores a 100 MPa (Banerjee & Verma, 2015; Yordanov & Angelova, 2010). Atualmente, as pressões utilizadas na indústria alimentar atingem 600 MPa (Sevenich, 2016).

É já no final do século XIX que surgem as primeiras referências sobre o efeito de altas pressões hidrostáticas nos alimentos. Hite e colaboradores, na estação experimental agrícola da universidade da Virgínia ocidental, aplicaram a alta pressão hidrostática até 600 MPa como uma ferramenta para conservar o leite (Hite, 1899) e, posteriormente, em legumes e frutas (Hite, Giddings & Weakley, 1914). Porém, levou quase oitenta anos até o Japão redescobrir a aplicação de alta pressão no processamento de alimentos (Rastogi *et al.*, 2007).

A partir da década de 1990, regista-se o uso crescente de alta pressão na pasteurização de diferentes alimentos, tais como sumos, fiambres, molhos e produtos da pesca (Hogan & Kelly, 2005). Atualmente, esta tecnologia encontra-se em franca expansão nas indústrias alimentares para pasteurização não térmica (obtida a 600 MPa, à temperatura ambiente ou a temperaturas de refrigeração) (Knoerzer *et al.*, 2007; Matser *et al.*, 2004; Mújica-Paz *et al.*, 2011).

A aplicação de alta pressão no processamento do pescado tem apresentado grande potencial na melhoria da sua qualidade físico-química, microbiana e sensorial (Truong *et al.*, 2015). Inicialmente, a investigação sobre os efeitos do HPP no pescado focou-se na extensão do período de conservação em refrigerado/congelado (Truong *et al.*, 2015). Porém, ao observar-se que o gel de peixe obtido por HPP apresentava um aspeto mais liso e vítreo, com melhor textura, em comparação com os géis induzidos pelo calor (Ohshima, Ushio & Koizumi, 1993), a investigação mais recente tem-se dirigido também para estudar o efeito do HPP na

gelificação das proteínas de pescado (Borderías *et al.*, 1997; Hwang *et al.*, 2007; Uresti *et al.*, 2006).

5.2 Descrição da tecnologia

O HPP de alimentos envolve um perfil de processamento padrão: i) aumento da pressão até atingir o valor pretendido; ii) manutenção da pressão neste valor durante um determinado período de tempo; iii) descompressão até à pressão atmosférica (Ferstl, 2013). Os parâmetros a ter em conta nesta tecnologia são a pressão (MPa), a temperatura (T) e o tempo de processamento (t) (Muntean *et al.*, 2016). Embora se possa aplicar calor, a maioria dos processamentos de alta pressão são conduzidos a temperaturas de refrigeração (Ferstl, 2013). Na Figura 16, pode-se observar uma representação esquemática do perfil de pressão e temperatura de um tratamento típico de HPP (Ferstl, 2013).

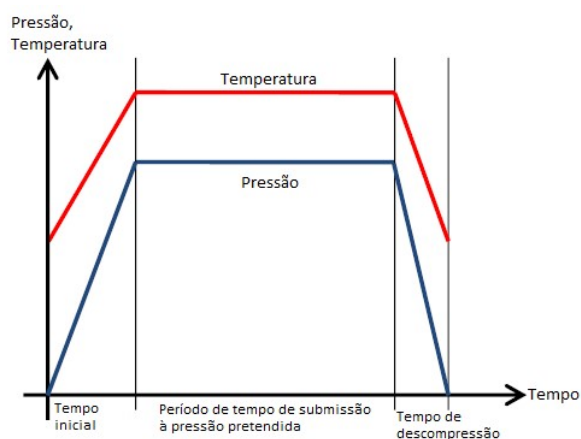


Figura 16. Perfil de pressão e temperatura durante um tratamento típico de HPP aplicado a alimentos. Retirado de Ferstl (2013).

Existem três tipos principais de sistemas operacionais industriais de alta pressão: o sistema descontínuo, o contínuo e o semi-contínuo (Balasubramaniam, Martínez-Monteagudo & Gupta, 2015; Elamin *et al.*, 2015; Farkas & Hoover, 2000; Ting, 2011). No entanto, os sistemas mais adequados para esterilização por alta pressão são os descontínuos (alimentos sólidos e líquidos) e os contínuos (alimentos bombeáveis) (Balasubramaniam *et al.*, 2015; Elamin *et al.*, 2015). A vantagem dos sistemas descontínuos é o de permitirem o processamento de todos os tipos de alimentos, desde que sejam pré-embalados (Balasubramaniam *et al.*, 2015; Sevenich, 2016). Neste caso, a embalagem é necessária para evitar o contato direto entre o meio de transmissão de pressão (geralmente água, ou mistura de água e óleo) e o alimento processado (Sevenich, 2016). O material de embalagem deve ser flexível e suficientemente resistente, não comprometendo a integridade da selagem, capaz de suportar deformações equivalentes à compressão do alimento e do espaço livre (Mújica-Paz *et*

al., 2011). Nos sistemas contínuos de alta pressão, não é necessária a embalagem, porque a câmara é vedada, não havendo contacto entre o alimento processado e o meio de transmissão da pressão (Sevenich, 2016).

Embora todos os sistemas HPP estejam disponíveis no mercado, a maioria dos produtos alimentares são processados pelo sistema descontínuo (Ferstl, 2013; Ting, 2011). Um sistema descontínuo típico de HPP dispõe basicamente de quatro componentes principais – a câmara de pressão, o fluido de pressurização (geralmente água), o intensificador de pressão e a bomba (Figura 17) (Ferstl, 2013; Oliveira *et al.*, 2017). A câmara de pressão, onde se coloca o alimento embalado a vácuo e o fluido de pressurização, é construída para suportar determinadas pressões e temperaturas (Balasubramaniam *et al.*, 2015; Ferstl, 2013). Após a colocação do alimento na câmara de pressão e posterior enchimento com o fluido de pressurização, de modo a eliminar bolsas de ar que possam existir entre as embalagens, aciona-se a bomba e o intensificador hidráulico (Ferstl, 2013). A pressão desejada do processo é obtida através da compressão do fluido transmissor de pressão, usando a ação combinada da bomba e do intensificador (Balasubramaniam *et al.*, 2015). A forma do alimento é mantida, dado que a pressão dentro da câmara é aplicada uniformemente em toda a superfície do produto alimentar (Ferstl, 2013). Atingida a pressão pré-determinada, o alimento é mantido durante o tempo pretendido, após o que a câmara é despressurizada e o alimento descarregado (Balasubramaniam *et al.*, 2015). Existe também o processamento de alta pressão pulsada, em que o produto é submetido a ciclos de compressão-descompressão, com tempos de retenção sob pressão fixos (Balasubramaniam *et al.*, 2015).

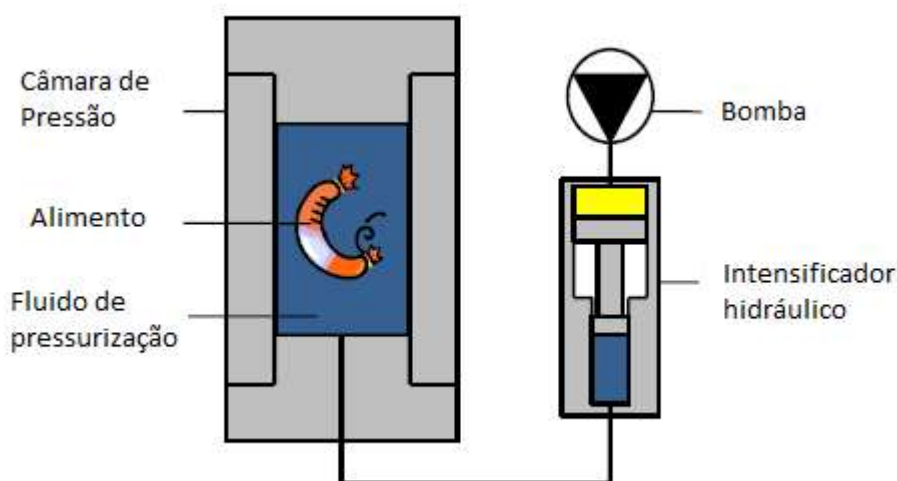


Figura 17. Equipamento típico usado para o HPP. Adaptado de Ferstl (2013).

Os princípios gerais que explicam o comportamento dos alimentos sob o efeito de alta pressão incluem os princípios isostáticos, de Le Chatelier, de ordenação microscópica (Elamin *et al.*, 2015) e a relação Arrhenius (Balasubramaniam *et al.*, 2015).

Segundo o princípio isostático, a pressão é transmitida de forma uniforme e quase instantânea a toda a amostra, independentemente do seu tamanho, geometria e composição (vantajoso em relação ao processo térmico) (Balasubramaniam *et al.*, 2015; Barba *et al.*, 2015; Campus, 2010; Norton & Sun, 2008; Truong *et al.*, 2015). Esta é a razão pela qual os alimentos não porosos e com alto teor de humidade não sofrem alterações macroscópicas pelo HPP (Balasubramaniam *et al.*, 2015). Todavia, dado que o ar e a água diferem na compressibilidade sob pressão, a estrutura e o formato dos alimentos que contêm bolsas de ar podem sofrer alterações após o tratamento por pressão (Balasubramaniam & Farkas, 2008).

De acordo com o princípio de Le Chatelier, o aumento de pressão favorece os fenómenos que provocam a diminuição do volume, deslocando o equilíbrio na direção do sistema de menor volume (Balasubramaniam *et al.*, 2015; Hendrickx *et al.*, 1998; Rastogi *et al.*, 2007; Sevenich, 2016). Os rearranjos estruturais que ocorrem nas proteínas sob pressão são regidos por este princípio (Knorr, 1999). No alimento submetido a alta pressão são favorecidas reações tais como a compactação proteica, a solidificação da gordura e a reorganização de moléculas de água num menor volume (volume final menor que o volume inicial) (Bajovic, Bolumar & Heinz, 2012; Cheftel & Culioli, 1997; Mújica-Paz *et al.*, 2011). O princípio da ordenação microscópica diz respeito ao aumento do grau de ordenação das moléculas, de uma determinada substância, associado ao aumento da pressão a temperatura constante (Balasubramaniam *et al.*, 2015).

Tal como no tratamento térmico, várias velocidades de reação são influenciadas pelos efeitos térmicos durante o tratamento por pressão - Relação Arrhenius (Balasubramaniam *et al.*, 2015). Os efeitos térmicos da aplicação da pressão podem ser sinérgicos, aditivos ou antagónicos (Balasubramaniam *et al.*, 2015). A pressão e a temperatura exercem forças antagónicas na estrutura molecular e provocam reações químicas (Balny & Masson, 1993). No entanto, a redução de volume não é o suficiente para compensar completamente o efeito da pressão e, em seguida, a temperatura aumenta (calor adiabático) (Oliveira *et al.*, 2017). Esta é uma desvantagem dos processos descontínuos (Sevenich, 2016). Durante o processo, devido ao aquecimento adiabático, pode-se verificar um aumento de temperatura, que é dependente da pressão pretendida, da composição dos alimentos e da temperatura inicial (Ferstl, 2013). O aumento da temperatura da água pura é de cerca de 3 °C por 100 MPa, mas, nos alimentos com um maior teor de gordura, este valor pode ser significativamente maior (Balasubramaniam *et al.*, 2004; Cheftel & Culioli, 1997; Ferstl, 2013).

5.3 Efeitos e Aplicações

As proteínas são as moléculas-chave no HPP que, devido aos espaços vazios internos que apresentam no arranjo tridimensional, são compressíveis até 1,0 % do seu volume (Cheftel & Culioli, 1997; Silva, Foguel & Royer, 2001; Truong *et al.*, 2015). As mudanças que se verificam a nível das estruturas quaternárias, terciárias e secundárias, em diferentes intensidades, podem levar à dissociação, desdobramento, desnaturação, agregação, precipitação e gelatinização (Lullien-Pellerin & Balny, 2002; Messens *et al.*, 1997). A estrutura primária das proteínas não é afetada pela pressão, até 1500 MPa (Knorr, 1999; Mozhaev *et al.*, 1994; Truong *et al.*, 2015). As distâncias entre os átomos envolvidos nas ligações covalentes podem sofrer alterações devido à compressão (Balasubramaniam *et al.*, 2015). Porém, as distâncias interatómicas mais afetadas pela pressão hidrostática são as ligações fracas cuja energia depende da distância, tais como as forças eletrostáticas, forças de Van der Waals, ligações de hidrogénio e interações hidrofóbicas entre as proteínas (Balasubramaniam *et al.*, 2015; Hwang *et al.*, 2007; Martínez-Monteagudo *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2014). A força das interações eletrostáticas é inversamente proporcional à distância entre as partículas carregadas, pelo que a aplicação da pressão irá afetar a força de ligação (Balasubramaniam *et al.*, 2015). A perturbação da estrutura espacial das proteínas, como a estrutura terciária e quaternária, principalmente estabilizada por interações hidrofóbicas e eletrostáticas, ocorre geralmente a pressões relativamente moderadas (50 - 200 MPa) (Buckow, 2006; Mozhaev *et al.*, 1996). Lullien-Pellerin & Balny (2002) sugerem que pressões inferiores a 150 MPa afetam principalmente as estruturas quaternárias e que a estrutura terciária é afetada a 200 MPa. As alterações na estrutura secundária, com consequente desnaturação da proteína, ocorrem a pressões entre 300 a 700 MPa (Lullien-Pellerin & Balny, 2002). Estas alterações na estrutura secundária podem ser devidas à rutura de ligações de hidrogénio (Knorr, 1999). Em geral, pressões acima de 300 MPa causam desnaturação irreversível da proteína à temperatura ambiente, enquanto pressões mais baixas resultam em mudanças reversíveis na estrutura da proteína (Knorr, 1999).

No início da pressurização, as interações hidrofóbicas das estruturas das proteínas nativas são interrompidas como um efeito da pressão (Heremans & Heremans, 1989). As interações hidrofóbicas provocam um aumento de volume que é contraposto pelo aumento de pressão (Balny & Masson, 1993; Low & Somero, 1975). Durante a pressurização, os grupos sulfidrilos (SH) ficam expostos, envolvendo-se posteriormente na formação de agregados proteicos estabilizados por ligações dissulfeto (Plancken, Loey & Hendrickx, 2005). Na despressurização, além das ligações de hidrogénio que se formam, os grupos hidrofóbicos

voltam a interagir, minimizando a exposição ao meio aquoso (Gilleland *et al.*, 1997). Desde que a concentração de proteína seja suficiente, as ligações anteriormente relatadas estabilizam o sistema água/proteína (Park, 1995) formando um gel (Gilleland *et al.*, 1997).

Apesar da alta pressão afetar ligações não covalentes e causar o desdobramento das cadeias proteicas, tem pouco efeito sobre constituintes químicos associados a qualidades alimentares desejáveis, tais como sabor, cor ou valor nutricional (Rastogi, 2010). Ao contrário da estrutura de moléculas grandes (proteínas, enzimas e polissacáridos), a estrutura de moléculas pequenas, tais como aminoácidos, vitaminas e compostos de flúor, não é afetada pelas altas pressões (Balci & Wilbey, 1999; Rastogi *et al.*, 2007).

Os géis formados a altas pressões apresentam-se geralmente mais brilhantes, mais deformáveis e com um sabor mais natural, em comparação com os géis induzidos pelo calor (Okamoto, Kawamura & Hayashi, 1990).

A gelificação obtida sob pressão depende do sistema de proteínas (espécie, tipo de proteína, desintegração estrutural, pH, força iónica, entre outros) e das condições de HPP (intensidade da pressão, tempo e temperatura de pressurização) (Jiménez-Colmenero, 2002; Messens *et al.*, 1997). Durante o HPP, os efeitos da temperatura não podem ser separados dos efeitos da pressão, porque, para cada temperatura, há uma pressão correspondente (Balasubramaniam *et al.*, 2015). Enquanto a temperatura pode causar alterações de volume e energia, a pressão afeta principalmente o volume do produto que está a ser processado (Balasubramaniam *et al.*, 2015). Portanto, reações como transições de fase ou reorientação molecular dependem da temperatura e da pressão e não podem ser tratadas separadamente (Balasubramaniam *et al.*, 2015).

Devido à ampla diversidade de aplicações na indústria alimentar, o HPP é já uma tecnologia de rotina em algumas indústrias alimentares (Jermann *et al.*, 2015; Sevenich, 2016). De acordo com Truong *et al.* (2015), esta tecnologia é promissora para o processamento de pescado, embora a sua aplicação requiera ainda mais investigação (Figura 18).

Os principais mecanismos, interações e efeitos do HPP no músculo do pescado encontram-se resumidos na Figura 19. Como se pode verificar, os efeitos do HPP nas proteínas são fundamentais para a compreensão dos restantes efeitos, considerando que todos os fenómenos apresentados ocorram, não isoladamente, mas sim de modo sequencial ou simultâneo (Oliveira *et al.*, 2017).

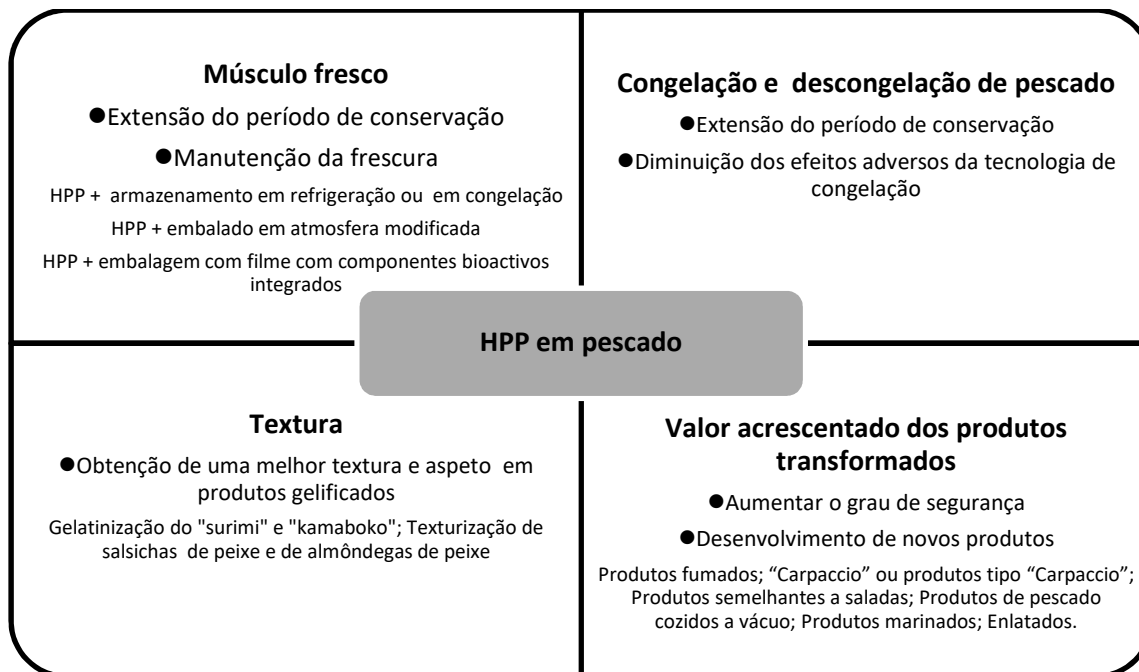


Figura 18. Aplicações do HPP para a obtenção de produtos de pescado.
Adaptado de Truong *et al.* (2015).

Vários estudos têm abordado a aplicação do tratamento por alta pressão hidrostática na obtenção de produtos à base de pescado gelificados e seguros para o consumidor. Na Tabela 15, encontra-se reunida alguma informação sobre a aplicação do HPP em pescado e seus produtos, destacando-se os parâmetros de pressurização e os efeitos obtidos na gelificação. Diversos autores afirmam que a pressão ideal para melhorar a gelificação da proteína de pescado é de cerca de 300 MPa (Angsupanich, Edde & Ledward, 1999; Cando *et al.*, 2015; Gilleland *et al.*, 1997), enquanto outros consideram que os géis de polpas de pescado podem ser obtidos à temperatura ambiente, ou mais baixa, sob pressões de 200 a 500 MPa (Shoji *et al.*, 1990). Os tratamentos mais comuns de HPP do pescado usam níveis de pressão entre 100 e 600 MPa, por um período que varia desde alguns segundos a 10 a 15 minutos (Oliveira *et al.*, 2017).

Os efeitos benéficos do HPP dependem de muitos fatores, como espécies de peixes, condições de HP, formulação do produto, processamento e embalagem (Simonin, Durantón & Lamballerie, 2012; Truong *et al.*, 2015). Para alcançar uma eficiente inativação microbiana no pescado e seus produtos, são geralmente necessários níveis de pressão superiores a 400 MPa (Simonin *et al.*, 2012). Estes níveis de pressão podem provocar alterações, nomeadamente a desnaturação das proteínas, aceleração da oxidação lipídica durante o armazenamento posterior, alterações de cor e textura e menor aceitação sensorial (Simonin *et al.*, 2012).

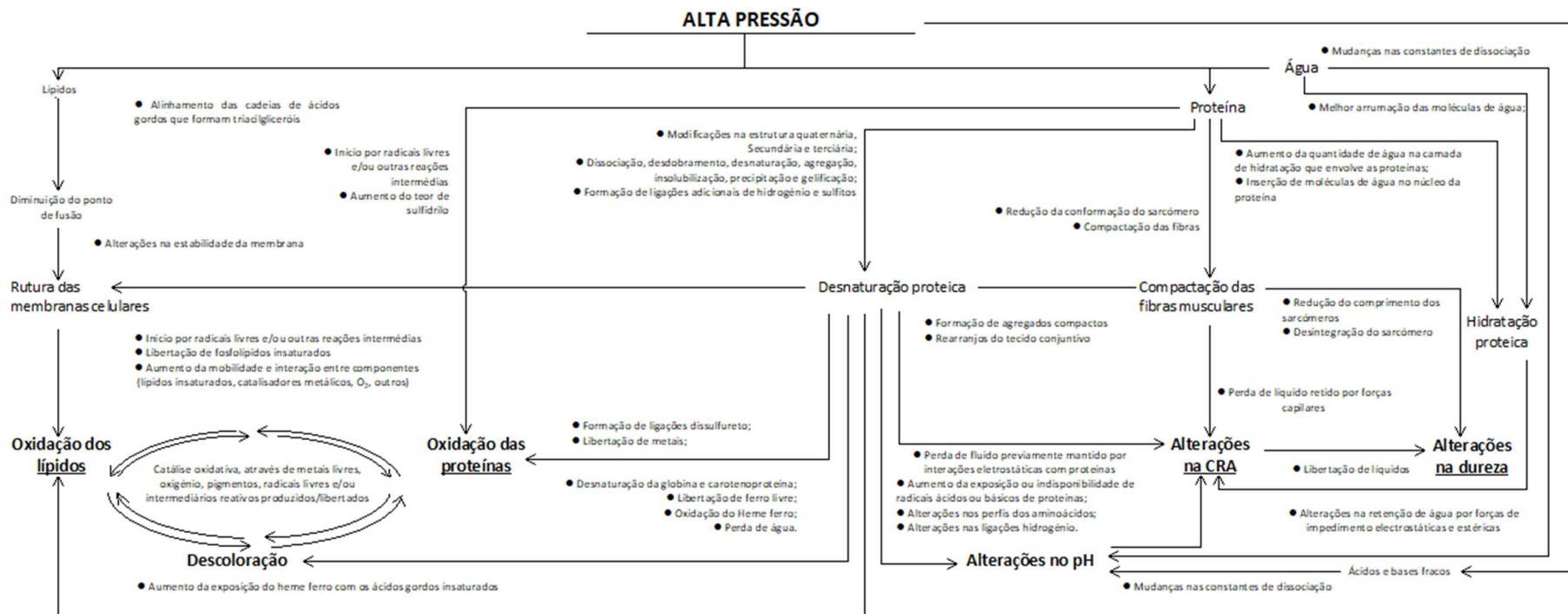


Figura 19. Interações entre os principais mecanismos propostos para os efeitos da alta pressão na qualidade da carne de peixe pressurizada (baseado em Oliveira *et al.*, 2017).

Tabela 15. Resumo de alguns parâmetros e efeitos do HPP na gelificação do pescado mencionados por diferentes autores.

Alimento/espécie	HPP: MPa/min/°C	Efeitos do HPP	Referências
Escamudo do Alasca (<i>Theragra chalcogramma</i>)	300 MPa/30 min/5 °C	O “surimi” gelificado, obtido apenas por aplicação do HPP, não apresentava uma resistência tão elevada como a do produto gelificado que, após HPP, foi submetido ao aquecimento a 25 °C, durante 120 min.	Gilleland <i>et al.</i> (1997)
Verdinho (<i>Micromesistius poutassou</i>)	200 MPa 10 min/3 °C 375 MPa/20 min/38 °C Pressão atmosférica/30 min/37 °C e depois 50 min/90 °C	As características reológicas dos produtos, exceto a elasticidade, apresentaram valores mais elevados nas amostras submetidas a 200 MPa/10 min/3 °C, em comparação com as submetidas a 375 MPa/20 min/38 °C.	Pérez-Mateos <i>et al.</i> (1997)
Filetes de robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	100, 200, 300, 400 e 500 MPa/5 min/10 °C	Os melhores resultados de textura foram obtidos para valores de pressão acima de 300 MPa. A dureza diminuiu de 100 MPa para 300 MPa e permaneceu constante entre 400 MPa e 500 MPa; a coesividade e elasticidade e resiliência mantiveram-se constantes. Menor gomosidade e mastigabilidade entre 100 e 300 MPa, aumentando entre 400 MPa e 500 MPa.	Chéret <i>et al.</i> (2005)
Carapau (<i>Trachurus trachurus</i>)	“Setting” facultativo: 25 °C, 2 h 300 MPa/15 min/25 °C	Os géis submetidos a “setting” antes do HPP eram mais fortes e exibiam uma rede mais densa e mais homogênea do que os géis submetidos apenas a HPP.	Montero <i>et al.</i> (2005a)
Escamudo do Alasca (<i>Theragra chalcogramma</i>) e pescada do Pacífico (<i>Merluccius productus</i>)	400 e 650 MPa/10 min/22 °C	A CRA era influenciada pela intensidade do HPP, apresentando os valores mais elevados a 650 MPa e evidenciando-se mais no “surimi” de escamudo do Alasca.	Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas (2005)
Alabote-dente-curvo (<i>Atheresthes stomias</i>)	400 e 600 MPa/1 e 5 min	O HPP a 400 MPa/5 min permitia obter, de um modo geral, os valores mais elevados de dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, independentemente do tratamento térmico a que as pastas foram submetidas após HPP (“kamaboko”, “setting” e “modori”).	Uresti <i>et al.</i> (2005)
Atum albacora (<i>Thunnus alalunga</i>)	275 e 310 MPa/2, 4 e 6 min/10 °C	Quanto maior a pressão e o tempo de pressurização utilizados, maior a dureza do gel obtida, exceto 275 MPa/6 min (maior dureza em relação a 310 MPa/2 min). Este resultado mostrava o impacto que as condições combinadas do HPP (pressão e o tempo de pressurização) podiam ter nas proteínas e como a textura de um produto pode ser manipulada pelas mesmas.	Ramirez-Suarez & Morrissey (2006)
Tilápia redonda	200 MPa/60 min/4 °C ou 50 °C Setting: 50 °C/60 min, antes ou após o HPP	Os géis submetidos a “setting”, após o HPP, apresentavam maior capacidade de formação de gel e melhores propriedades reológicas.	Hwang <i>et al.</i> (2007)
Proteína de pescada (<i>Merluccius capensis</i>)	“Setting” (35 °C, 30 min) 100, 200 e 300 MPa/5 e 15min/1, 3 e 5 ciclos	Os produtos preparados a 200 ou 300 MPa apresentavam os melhores resultados de textura e CRA. De um modo geral, os resultados indicavam que era indiferente o uso de diferentes ciclos de pressão, assim como o tempo de aplicação de pressão, entre 5 e 15 min.	Cardoso <i>et al.</i> (2010a)
Miofibrilas isoladas de pescada (<i>Merluccius capensis</i>)	0, 150, 250 e 500 MPa/10 min /10 °C	Os géis aquecidos apresentavam-se mais elásticos e coesos que os géis pressurizados (não aquecidos). Dos géis pressurizados, o gel submetido a 500 MPa apresentava-se o mais elástico e coeso.	Cando <i>et al.</i> (2014)
Escamudo do Alasca (<i>Theragra chalcogramma</i>)	0, 150 e 300 MPa/10 min/10 °C	A CRA aumentava significativamente com o aumento da pressão até 150 MPa, estabilizando nos valores mais elevados. De um modo geral, o HPP melhorava a gelificação das proteínas, particularmente a 300 MPa.	Cando <i>et al.</i> (2015)
Besugo (<i>Nemipterus virgatus</i>)	0, 100, 200, 300, 400, 500 e 600 MPa/15 min/25 °C	O HPP a 400 MPa contribuía para o aumento da CRA e melhoria das propriedades do gel.	Ma <i>et al.</i> (2015)

Mais estudos são necessários para perceber quais as condições de HPP que permitem obter a gelificação proteica desejada, juntamente com a inativação microbiana, minimizando os efeitos adversos da alta pressão na qualidade do produto final. Neste sentido, poder-se-ão

combinar outros fatores, tais como a adição de novos ingredientes na formulação dos produtos, de modo a obterem-se produtos alimentares seguros, estáveis e de alta qualidade. Mais que uma alternativa simples à pasteurização convencional, a alta pressão é atualmente considerada como uma técnica para criar produtos de pescado inovadores.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Delineamento experimental

O primeiro objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de fiambres de peixe. As três espécies de peixe, dourada, robalo e corvina, foram gentilmente cedidas pela Estação Piloto de Piscicultura do IPMA de Olhão (divisão de Aquacultura e Valorização). Foram abatidas em duas épocas distintas, verão e inverno e, após a obtenção das polpas correspondentes, estudou-se a influência da espécie e da época de captura nas respetivas composições químicas.

As formulações dos fiambres obtidos resultaram da combinação das três espécies em estudo, abatidas em duas épocas distintas (verão e inverno), com diferentes adições de MTGase (0,0 % - 0,5 %) e KGM (0,0 % - 1,0 %). Resultaram 18 fiambres cujas formulações são elucidadas em 6.3.1.2 (Tabela 18 e 19). Os fiambres foram submetidos à gelificação térmica, equivalente a uma pasteurização. Com estes ensaios procurou-se estudar a influência da espécie, da época de captura, da adição de MTGase e de KGM no pH, CRA, cor (L^* , a^* , b^* , “chroma”, “whiteness” e “hue”), parâmetros de textura e sensoriais. Com o objetivo de se verificar qual dos fiambres apresentava características mais semelhantes às de um fiambre de perna extra de porco (produto eleito como padrão de fiambre para o consumidor), adquiriu-se, numa grande superfície, uma peça inteira de fiambre de perna extra de porco, com cerca de 2 kg. O fiambre de perna extra de porco foi submetido aos mesmos testes que os fiambres de peixe, exceto à análise sensorial.

Foi o fiambre de corvina capturada no inverno, com 0,5 % de MTGase, que no geral apresentou características mais semelhantes ao fiambre de perna extra de porco.

Para a concretização do segundo objetivo (“Otimização das propriedades físicas e melhoria das propriedades funcionais. Reformulação e incorporação de outros aditivos: fibras dietéticas, gelificantes, aromas, ou outros”), realizaram-se novos ensaios com a formulação do fiambre de corvina capturada no inverno com 0,5 % de MTGase, e nos quais substituiu-se o KGM por fibra de chicória (fibrulose) (1 %) e adicionou-se isolado de proteína de ervilha (pisane) em diferentes proporções (0,0 %, 0,5 % e 1,0 %). Resultaram três fiambres com diferentes formulações. Deste modo, foi possível analisar o efeito da substituição do KGM por fibra dietética de chicória (fibrulose), o efeito da adição de proteína de ervilha (pisane) e da interação entre estes dois ingredientes no pH, CRA, cor (L^* , a^* , b^* , “chroma”, “whiteness” e “hue”), assim como nos parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres.

Tendo em conta os resultados obtidos, verificou-se que a substituição de KGM por fibrulose permitiu obter fiambres de corvina com características físicas mais semelhantes às de

um fiambre de porco e que a adição de pisane teve um efeito favorável em alguns parâmetros da textura.

Adicionalmente, na perspetiva de perceber qual a preferência do consumidor sobre a cor esperada de um fiambre de peixe, foram realizados novos ensaios com a formulação final (fiambre de corvina capturada no inverno, com 0,5 % de MTGase, 1% de fibrulose e 1% de pisane), à qual foram adicionados individualmente três corantes alimentares, em diferentes proporções. Obtiveram-se 12 amostras de fiambres de cores distintas e, através de inquéritos “on-line”, realizou-se o estudo da preferência do consumidor.

Partindo da formulação resultante do segundo objetivo (fiambre de corvina capturada no inverno, com 0,5 % de MTGase, 1% de fibrulose e 1% de pisane), delineou-se o terceiro objetivo que teve em vista verificar se o processamento de altas pressões (HPP) seria uma alternativa ao processamento térmico (gelificação térmica). Este objetivo foi dividido em três partes. Na primeira parte, pretendeu-se estudar o efeito do processamento de altas pressões na capacidade de retenção de água (CRA), cor e na textura dos fiambres. Neste sentido, submetem-se os fiambres a diferentes condições de pressão (200, 350 e 500 MPa), tempos de pressurização (10 e 20 min) e temperaturas (10 e 30 °C). Resultaram 12 condições de HPP, que permitiram identificar quais as melhores condições de HPP, de modo a obter um fiambre de peixe com textura comparável ao fiambre de peixe processado termicamente. Numa segunda parte, foram preparados fiambres de corvina com diferentes quantidades de MTGase (0,0, 0,25 e 0,5 %), para testar se o HPP poderia ser usado como uma alternativa à MTGase nos seus efeitos nas propriedades físicas. Estes fiambres foram submetidos ao processamento térmico ou ao HPP sob as condições que proporcionaram os melhores resultados na primeira parte deste objetivo: 350 MPa/10 min/30 °C, 350 MPa/20 min/30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C. Por fim, realizou-se um estudo comparativo da estabilidade microbiológica durante a armazenagem sob refrigeração dos fiambres (com 0,5% MTGase) processados termicamente e os submetidos a HPP (500 MPa/10 min/30 °C). Escolheu-se o HPP com a pressão mais intensa, dado que entre a bibliografia consultada (Campus, 2010; Chéret *et al.*, 2005; Daryaei & Balasubramaniam, 2012; Farkas & Hoover, 2000; Guyon, Meynier & Lamballerie, 2016; Han *et al.*, 2011) é muitas vezes referenciada como a mais eficaz em termos de inativação microbiana e segurança alimentar.

Na Figura 20, encontram-se esquematizados os objetivos e respetivos ensaios realizados.

1º OBJETIVO - PRODUÇÃO DE FIAMBRES COM DIFERENTES ESPÉCIES DE AQUACULTURA



Dourada (*Sparus aurata*)



Robalo (*Dicentrarchus labrax*)



Corvina (*Argyrosomus regius*)

1. EFEITO DA ÉPOCA DE CAPTURA

ÉPOCA DE CAPTURA

VERÃO

INVERNO

2. EFEITO DA ADIÇÃO DE MTGASE E KGM

MTGASE

0,0 %

0,5 %

KGM

0,0 %

1,0 %

2º OBJETIVO - OTIMIZAÇÃO DA TEXTURA DE FIAMBRE E ESTUDO DA PREFERÊNCIA DA COR

1. EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRULOSE E PISANE

FIBRULOSE

1 %

PISANE

0,0 %

0,5 %

1,0 %

2. EFEITO DA COR NA PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR

CORANTE C	0,0005 %	CORANTE F	0,200 %	CORANTE I	ORIGINAL
	0,0025 %		0,350 %		0,350 %
	0,0050 %		0,500 %		0,500 %
	0,0100 %		0,650 %		0,650 %

INQUÉRITOS "ON-LINE".

3º OBJETIVO - APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE ALTAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS EM FIAMBRES

1. EFEITO DAS CONDIÇÕES DE PRESSÃO

PRESSÃO (MPa)

200

350

500

TEMPERATURA (°C)

10

30

TEMPO (min)

10

20

2. EFEITO DA MTGASE

3. EFEITO DO ARMAZENAMENTO

MTGASE (%)

0,00

0,25

0,50

PRESSÃO (MPa)

350

500

TEMPERATURA (°C)

30

TEMPO (min)

10

20

Figura 20. Esquema dos objetivos e respectivos ensaios realizados

6.2 Materiais

6.2.1 Espécies de peixes utilizadas

Para obtenção de fiambres de peixe, foram utilizadas três espécies de aquacultura cuja escolha fundamentou-se pela necessidade de se obter ao longo do ano matéria-prima com características semelhantes, entre elas o tamanho, peso e características nutricionais específicas (proteínas, composição em determinados ácidos gordos, entre outros). Adicionalmente, o método de captura, abate e transporte foi sempre o mesmo, permitindo que o peixe apresentasse sempre as mesmas características de frescura.

As douradas (*S. aurata*), os robalos (*D. labrax*) e as corvinas (*A. regius*) foram capturados na Estação Piloto de Piscicultura do IPMA em Olhão, Portugal, e abatidos por imersão em banho de gelo e água do mar (1:1). Imediatamente após o abate, os peixes foram acondicionados com gelo em caixas isotérmicas, e foram transportados para o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), em Algés, em menos de 24h. Os pesos individuais médios dos peixes encontram-se apresentados na Tabela 16. Na Tabela 1 do Apêndice 3 estão indicados mais dados sobre estas espécies.

Tabela 16. Pesos médios das espécies utilizadas nos fiambres.

Época captura	Espécies					
	Dourada		Robalo		Corvina	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Verão	875 g	955 g	1210 g	1425 g	3585 g	3715 g
Inverno	760 g	920 g	765 g	915 g	1130 g	1500 g

6.2.2 Outros ingredientes, reagentes e meios de cultura

Os ingredientes utilizados para a preparação dos fiambres de peixe são todos autorizados para uso alimentar, à exceção da MTGase, e fabricados por diferentes empresas, conforme especificado na Tabela 17. Foram utilizados invólucros e embalagens de qualidade alimentar. A fibra dietética de chicória (fibrulose®F97), o isolado de proteína de ervilha (pisane®M9) e o corante Carmin 50 % foram gentilmente cedidos pela empresa Indústria De Suministros Portuguesa, Lda. Reagentes e meios de cultura estão mencionados nos métodos onde foram utilizados.

O fiambre de porco utilizado neste estudo para comparação, embora fosse referido como extra da perna, estava rotulado como contendo: carne de suíno (perna de porco), água, amido, proteína do leite, sal, dextrose, proteína de soja, gelificantes (algas *Euchema* transformadas, carragenina e goma de alfarroba), cloreto de potássio, emulsionante (tripolifosfato de sódio, mono e diglicéridos de ácidos gordos), aroma (contém soja e leite,

incluindo lactose), reguladores de acidez (diacetato de sódio e ácido málico), antioxidantes (ascorbato de sódio), conservante (nitrito de sódio) e intensificador de sabor (glutamato monossódico).

6.3 Métodos

6.3.1 Planeamentos e processos tecnológicos

6.3.1.1 Preparação de polpas de dourada, robalo e corvina

A obtenção das polpas, baseada no método de Mendes, Gómez-Guillén & Montero (1997), realizou-se logo após a chegada do peixe ao IPMA. A polpa foi obtida num separador mecânico BAADER 694* (Figura 21), equipado com um cilindro rotativo com perfurações (\varnothing 2mm), a partir de peixe descabeçado, eviscerado, escalado, lavado e escorrido. Após pesagem, foram retiradas amostras das polpas para posteriores determinações químicas. As polpas foram embaladas em sacos de plástico polilaminado (filme Cast de PA/PE co-extrudido), fechados sob vácuo, congeladas num congelador de ar forçado a -40°C e armazenadas a -80°C numa arca congeladora vertical, até posterior utilização.



Figura 21. Separador mecânico BAADER 694 e separação da polpa da pele e espinhas.

O rendimento na obtenção de polpas, expresso em %, foi calculado através da seguinte fórmula:
$$\text{fórmula: } = \frac{\text{peso total da polpa}}{\text{peso total de peixe inteiro}} \times 100$$

A obtenção das polpas de dourada, robalo e corvina, capturadas em duas épocas do ano (verão e inverno), permitiram a concretização da primeira parte do primeiro objetivo, que consistiu no estudo da influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas. De igual modo, as polpas foram utilizadas na obtenção dos fiambres correspondentes à concretização de todos os objetivos propostos.

* Marca/Fabricante

Tabela 17. Ingredientes adicionados para a preparação de fiambres de pescado

Ingrediente	Composição/Especificações	Dose máxima recomendada	Nome comercial/Marca/Fornecedor
Sal (NaCl)	Sal refinado comercial	2,8 % BPF	VATEL (Alverca, Portugal)
Sal nitrificante	Nitrito de sódio (número CAS: 7632-00-0; código aditivo alimentar: E250), Nitrato de potássio (número CAS: 7757-79-1, código aditivo alimentar: E252) e sal (número CAS: 7647-14-5); teor de NaNO ₂ – 4,9 % ± 0,5 % e teor de KNO ₃ – 5,0 % ± 0,5 %.	0,25 % em função do produto final	Palatina Cure. BK Giulini (Ladenburg, Suíça)
Fibra glucomanano de konjac (<i>Amorphophallus konjac</i>)	Fibra dietética hidrossolúvel, extraída de tubérculos subterrâneos da planta <i>Amorphophallus konjac</i> nativa da China. Cor acastanhada; pH entre 5 e 7. Código aditivo alimentar: E425ii.		GUINAMA S.L.U. C/Praga s/n (Pol.Ind. Gutenberg) 46185 (VALENCIA) Espanha
Hidróxido de sódio (NaOH)	Código aditivo alimentar: E524.		Merck (Darmstadt, Alemanha)
Carragenatos	Carragenina (carragenina, musgo irlandês, extrato de Condrous) e cloreto de potássio (cloreto monopotássico e monocloreto de potássio). Código aditivo alimentar: E407.		VISCARIN ME 3525 FMC Biopolymer (Philadelphia, USA)
MTGase	Transglutaminase preparada com cloreto de sódio, gelatina, fosfato trissódico, maltodextrina e óleo de açafrão. Apresenta uma atividade de cerca de 100 U/g. EC 2.3.2.13		ACTIVA® GS Ajinomoto (Tokyo, Japão)
Tripolifosfatos de sódio	Trifosfato de sódio. CAS number: 7758-29-4. Código aditivo alimentar: E451.		Merck (Darmstadt, Alemanha).
Açúcar	Açúcar branco comercial.	3,0 % BPF	SIDUL (Santa Iria de Azóia, Portugal)
Aroma a fiambre	Mistura de condimentos e especiarias. KQ-340-053-9.		Givaudan. BK Giulini (Ladenburg, Suíça)
Fibra dietética de chicória	Fibra vegetal (oligofrutose), natural e solúvel, com baixo valor calórico (1,5 kcal/g) obtida das raízes de chicória. Hidratos de carbono Min 99,7 %; Total de fibra dietética 97 % ± 2 %; Amido, Proteína, Gordura (%); Cinza máx. 0,3 %; Granulometria (µm) < 700; Cor branca; Sabor neutro ou ligeiramente doce.		Fibrulose®F97. Cosucra (Warcoing, Bélgica)
Proteína de ervilha	Isolado de proteína de ervilha; 86 % ± 2 % de proteína e cinza máx. 6 %.		Pisane®M9. Cosucra (Warcoing, Bélgica)
Pigmento de cochinelha	Corante natural, hidrossolúvel, obtido a partir do corpo desidratado da fêmea do inseto <i>Dactylopius coccus costa</i> , vulgarmente chamada cochonilha. Código aditivo alimentar: E120.	Máx. de utilização 500 mg/kg em produtos de pescado cozidos (Codex alimentarius, 2018)	CARMIN 50 %, ACTIVA FOOD-TECH S.A. (RGS: ES/31.02087/GE). (Girona) Espanha
Fibricolor	Corante natural, boa solubilidade e distribuição homogénea, intensifica e estabiliza a cor, adequada para salmouras de injeção.		POLYSONS Food Ingredients LTD.
Instanka sugar powder 75/700	Pó de açúcar caramelizado escuro 75/700, pó higroscópico fino de tom castanho avermelhado. Tem um forte sabor amargo aromático.		Orchard Valley Food Ingredients, Alemanha

(BPF – Boas práticas de fabrico)

6.3.1.2 Planeamento para concretização do 1.º objetivo

Para execução do primeiro objetivo desenvolveram-se e prepararam-se fiambres de pescado, em função das formulações indicadas na Tabela 18, com diferentes polpas (corvina, dourada e robalo), diferentes adições de MTGase (0,0 % e 0,5 %) e KGM (0,0 % e 1 %).

Tabela 18. Formulações (%) para fabrico dos fiambres em função do 1.º objetivo

INGREDIENTES			
Polpa de peixe	Dourada, robalo e corvina		
	Depende da quantidade a produzir ≈ 3 kg		
Humidade desejada	80 %		
Q água (metade adicionada sob a forma de gelo)	$= \text{peso do produto} \times \frac{H \text{ desejada}}{100} - \text{peso da polpa} \times \frac{H \text{ da polpa}}{100}$		
Carragenatos		2,00	
Cloreto de sódio		1,25	
Tripolifosfato de sódio		0,70	
Açúcar		0,50	
Aroma a fiambre		0,10	
Sal nitrificante		0,25	
MTGase	0,00	0,50	0,50
KGM	0,00	0,00	1,00
Hidróxido de sódio	0,00	0,00	2,00
Total		≈ 100,00	
Peso produzido	$= \frac{\text{peso da polpa} \times (100 - H \text{ polpa})}{100 - H \text{ desejada} - \text{soma dos aditivos}}$		

(H – Humidade; MTGase – transglutaminase microbiana; KGM – glucomanano de konjac)

À exceção das polpas, nas formulações não foram considerados os teores em humidade dos restantes ingredientes.

Na Tabela 19, é possível visualizar-se as diferentes combinações entre os fatores em estudo. Dos fiambres resultantes estudou-se a:

- Influência da espécie e da época de captura no pH, CRA, cor (L*, a*, b*, “chroma”, “hue” e “whiteness”), parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres;
- Influência da adição de MTGase e KGM no pH, CRA, cor (L*, a*, b*, “chroma”, “hue” e “whiteness”), parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres.

Os resultados obtidos para o primeiro objetivo permitiram definir os fiambres que apresentaram características físicas, químicas e aceitação sensorial mais idênticas às de um fiambre da perna extra de porco.

6.3.1.3 Planeamento para concretização do 2.º objetivo

Como segundo objetivo, pretendeu-se otimizar as propriedades físicas e melhorar as propriedades funcionais do fiambre obtido no primeiro objetivo que mais se assemelhou ao de

porco. Para tal, procedeu-se à incorporação de outros aditivos. Substituiu-se o KGM por fibra de chicória (fibrulose) (1 %) e adicionou-se isolado de proteína de ervilha (pisane) em diferentes proporções (ver Tabela 20). Estudou-se o efeito da substituição do KGM por fibrulose e o efeito da adição de pisane, no pH, CRA, cor (L^* , a^* , b^* , “chroma”, “hue” e “whiteness”), parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres.

Tabela 19. Combinação dos fatores para cumprimento do 1.º objetivo

Espécie	Época de captura	Código	Formulação (%)	
			MTGase	KGM
Dourada (D)	Verão (V)	F1	0,0	0,0
		F2	0,5	0,0
		F3	0,5	1,0
	Inverno (I)	F1	0,0	0,0
		F2	0,5	0,0
		F3	0,5	1,0
Robalo (R)	Verão (V)	F1	0,0	0,0
		F2	0,5	0,0
		F3	0,5	1,0
	Inverno (I)	F1	0,0	0,0
		F2	0,5	0,0
		F3	0,5	1,0
Corvina (C)	Verão (V)	F1	0,0	0,0
		F2	0,5	0,0
		F3	0,5	1,0
	Inverno (I)	F1	0,0	0,0
		F2	0,5	0,0
		F3	0,5	1,0

Tabela 20. Formulações (%) para fabrico dos fiambres em função do 2.º objetivo

INGREDIENTES	
Polpa de peixe	Corvina
	Depende da quantidade a produzir ≈ 3 kg
Humidade desejada	80 %
Q água (metade adicionada Sob a forma de gelo)	$= \text{peso do produto} \times \frac{H \text{ desejada}}{100} - \text{peso da polpa} \times \frac{H \text{ da polpa}}{100}$
Carragenatos	2,00
Cloreto de sódio	1,25
Tripolifosfato de sódio	0,70
Açúcar	0,50
Aroma a fiambre	0,10
Sal nitrificante	0,25
MTGase	0,50
Fibrulose	1,00
Pisane	0,50
Total	≈100,00
Peso produzido	$= \frac{\text{peso da polpa} \times (100 - H \text{ polpa})}{100 - H \text{ desejada} - \text{soma dos aditivos}}$

(H – Humidade; MTGase – transglutaminase microbiana; KGM – glucomanano de konjac)

Na Tabela 21, encontram-se indicados os fatores que se fizeram variar para concretização do segundo objetivo. O fiambre cuja formulação otimizada permitiu obter valores mais próximos aos do fiambre de perna extra de porco foi caracterizado quanto às suas características químicas, microbiológicas, nutricionais, texturais e sensoriais.

Tabela 21. Combinação dos fatores para cumprimento do 2.º objetivo

Espécie	Época de captura	Formulação (%)	
		Fibrulose	Pisane
		1,0	0,0
Corvina capturada no inverno		1,0	0,5
		1,0	1,0

Por fim, pretendeu-se também estudar a preferência do consumidor quanto à cor do fiambre de peixe através de um inquérito “on-line”. Para se obter um padrão de cores, usaram-se três corantes alimentares: pigmento de cochinha (tons vermelhos), Fibricolor (tons rosa) e Instanka sugar powder 75/700 (tons castanhos). Com a formulação com 1 % de fibrulose e 1 % de pisane, foi feito um fiambre cuja pasta, antes do enchimento, foi dividida em porções de 200 g às quais os corantes foram adicionados individualmente e em diferentes proporções (ver Tabela 22). Posteriormente, estas amostras foram embaladas a vácuo e submetidas ao tratamento térmico idêntico ao realizado nos fiambres. Obtiveram-se 12 amostras de fiambres de cores distintas (Tabela 22). Foram tiradas fotografias e usadas no inquérito. Também se realizaram medições da cor com colorímetro e registaram-se os valores de L*, a* e b*.

Tabela 22. Corantes, quantidades (%) usadas para obtenção de amostras de fiambres com diferentes cores para estudo da preferência do consumidor e valores obtidos na medição dos parâmetros de cor obtidos (L*a*b*)

Corante	Quantidade (%) adicionada às amostras de fiambre	Código	Parâmetros de cor medidos nos diferentes fiambres		
			L*	a*	b*
Cochinilha	0,0005	A	70,9	1,6	9,7
	0,0025	B	68,6	6,1	7,1
	0,0050	C	66,7	9,2	6,4
	0,0100	D	61,9	15,5	3,1
Fibricolor	0,2000	E	69,3	5,3	9,1
	0,3500	F	67,5	8,5	7,5
	0,5000	G	66,5	10,2	7,1
	0,6500	H	64,8	12,7	6,2
Sem corante	---	I	71,6	0,5	11,0
Instanka sugar poder 75/700	0,3500	J	64,1	3,9	16,3
	0,5000	K	60,0	5,8	17,7
	0,6500	L	57,9	6,6	18,0

6.3.1.4 Planeamento para concretização do 3.º objetivo

Para a execução do terceiro objetivo, foram produzidos fiambres em dois períodos diferentes. Inicialmente, na perspetiva de verificar se as altas pressões hidrostáticas seriam uma alternativa à gelificação térmica, estudou-se o seu efeito na CRA, cor (L^* , a^* , b^* , “chroma”, “hue” e “whiteness”) e parâmetros de textura em fiambres de corvina. Os fiambres foram obtidos segundo a formulação proveniente do segundo objetivo, que se pode visualizar na Tabela 23 (Formulação A). Os fiambres foram submetidos a diferentes condições de pressão (200, 350 e 500 MPa), tempos de pressurização (10 e 20 min) e temperaturas (10 e 30 °C), resultando em 12 condições de HPP (ver Tabela 24). Um fiambre foi submetido ao tratamento térmico tradicional (gelificação térmica). Deste modo, foram identificadas as melhores condições de HPP para obter um fiambre de peixe comparável ao fiambre de peixe processado termicamente. As condições de HPP escolhidas resultaram da consulta de bibliografia referente ao processamento das altas pressões na gelificação de pescado.

Tabela 23. Formulações A e B (%) para fabrico dos fiambres em função do 3.º objetivo

INGREDIENTES				
Polpa de peixe		Corvina capturada no inverno		
Depende da quantidade a produzir	≈ 13 kg	≈3 kg / ≈3 kg / ≈7 kg		
Humidade desejada		80 %		
Q água (metade adicionada Sob a forma de gelo)	$= \text{peso do produto} \times \frac{H \text{ desejada}}{100} - \text{peso da polpa} \times \frac{H \text{ da polpa}}{100}$			
	Formulação (A)	Formulação (B)		
Carragenatos	2,00	2,00		
Cloreto de sódio	1,25	1,25		
Tripolifosfato de sódio	0,70	0,70		
Açúcar	0,50	0,50		
Aroma a fiambre	0,10	0,10		
Sal nitrificante	0,25	0,25		
MTGase	0,50	0,00	0,25	0,50
Fibulose	1,00	1,00		
Pisane	1,00	1,00		
Total	≈100,00			
Peso produzido	$= \frac{\text{peso da polpa} \times (100 - H \text{ polpa})}{100 - H \text{ desejada} - \text{soma dos aditivos}}$			

(H – Humidade; MTGase – transglutaminase microbiana; KGM – glucomanano de konjac)

Posteriormente, para testar se o HPP poderia ser usado como alternativa à adição de MTGase nos fiambres, enquanto promotora da gelificação e nos seus efeitos sobre a textura, obtiveram-se fiambres com diferentes quantidades de MTGase (0,0 %, 0,25 % e 0,5 %), segundo as formulações apresentadas na Tabela 23 (Formulação B). Três fiambres foram submetidos a cada condição experimental (processamento térmico ou HPP). As condições HPP

usadas foram as que proporcionaram os melhores resultados na primeira parte deste objetivo (350 MPa/10 min/30 °C, 350 MPa/20 min/30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C) (ver Tabela 25).

Tabela 24. Condições de ensaio para estudo do efeito das altas pressões hidrostáticas na CRA, cor e textura dos fiambres

Formulação (%)	HPP - Condições de ensaio		
	Pressão (MPa)	Temperatura (°C)	Tempo (min)
Formulação A (Tabela 23)	0,1*	82*	110*
	200	10	10
		10	20
		30	10
		30	20
		10	10
		10	20
	350	10	10
		10	20
		30	10
		30	20
		10	10
		10	20
	500	10	10
		10	20
30		10	
30		20	
10		10	
10		20	

*fiambre submetido ao tratamento térmico tradicional (gelificação térmica)

Tabela 25. Condições de ensaios para o estudo do efeito do HPP como alternativa à MTGase e para o estudo comparativo de estabilidade microbiológica durante a armazenagem

% MTGase (Tabela 23 – Formulação B)	HPP		
	Pressão (MPa)	Temperatura (°C)	Tempo (min)
0,00	350	30	10
	350		20
	500		10
0,25	350	30	10
	350		20
	500		10
0,50	350	30	10
	350		20
	500		10
	0,1*	82*	110*

*fiambre submetido ao tratamento térmico tradicional (gelificação térmica)

Por fim, realizou-se um estudo comparativo de estabilidade microbiológica durante a armazenagem sob refrigeração dos fiambres (com 0,5 % MTGase) submetidos a pasteurização (82 °C durante 110 min) e a HPP (500 MPa, a 30 °C, durante 10 min) (Tabela 25). Para este estudo foram realizadas análises microbiológicas num período de 42 dias. Estas análises iniciaram-se no dia seguinte à obtenção dos fiambres (dia 1) e foram repetidas de 7 em 7 dias até perfazer os 42 dias (semana 7).

6.3.1.5 Preparação dos fiambres em função dos objetivos

A preparação dos fiambres de peixe foi realizada de acordo com as etapas apresentadas na Figura 22.

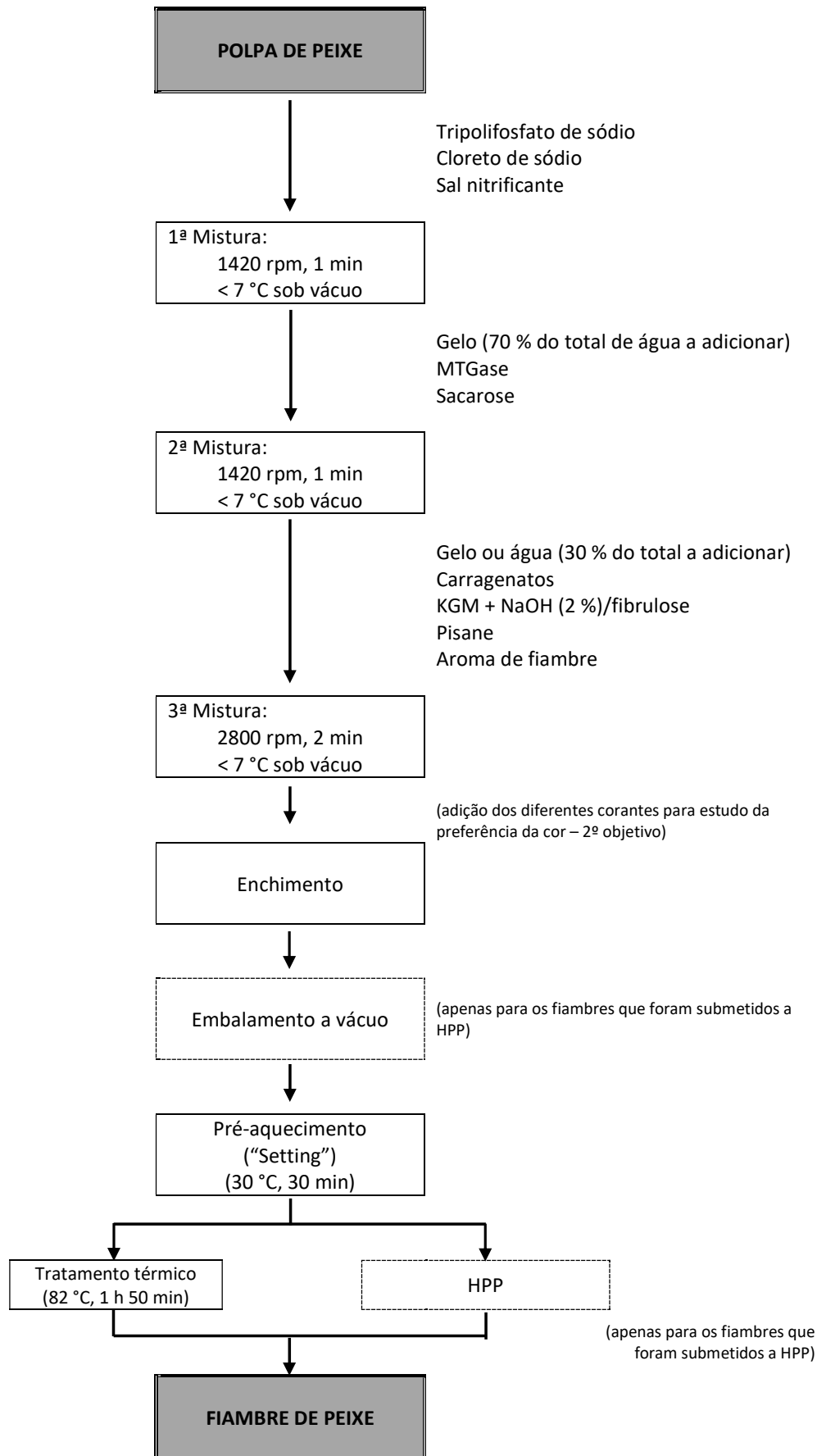


Figura 22. Etapas para obtenção de fiambre de peixe

A mistura da polpa de peixe e dos restantes ingredientes foi realizada num homogeneizador refrigerado (temperatura inferior a 7 °C) de cuba fixa (modelo UM12, Stephan und Söhne, Hameln, Alemanha), com sistema de vácuo e capacidade máxima de 7 kg de massa (Figura 23). O envolvimento dos ingredientes foi auxiliado com um braço misturador acoplado ao homogeneizador, de forma a obter-se uma melhor mistura e homogeneização dos ingredientes. A polpa de peixe, o tripolifosfato de sódio, o sal refinado e o sal nitrificante foram homogeneizados durante 1 min, a 1420 rpm (lâminas na velocidade mais lenta). Na segunda mistura, foi adicionado cerca de 70 % do total de água sob a forma de gelo, a MTGase e a sacarose, procedendo-se a uma homogeneização durante 1 min à mesma velocidade. Por fim, foram adicionados os ingredientes remanescentes, carragenatos, fibra dietética hidratada (KGM) com água equivalente a 30 % da quantidade total de água e gelo e NaOH a 2 % (p/v), requerido para a desacetilação parcial do KGM, ou em alternativa a fibrulose (fiambres do 2.º e 3.º objetivo), pisane (só nos fiambres do 2.º e 3.º objetivo), aroma de fiambre, com mistura durante 2 min a 2800 rpm (lâminas na velocidade mais rápida). Imediatamente após a homogeneização, a mistura foi injetada sob pressão, numa enchedora hidráulica modelo EB-12 (Mainca Equipamientos Carnicos, S.L., Granollers, Espanha) (Figura 23), em tripas celulósicas com 25 mm de diâmetro. Seguiu-se a torção e atadura manual, procurando obter-se produtos com cerca de 30 cm de comprimento.

Para estudo da preferência da cor (segundo objetivo), os corantes foram adicionados a porções de 200 g de mistura para fiambre nas proporções utilizadas e, posteriormente, embalados a vácuo.



Figura 23. A) Homogeneizador de cuba fixa; B) Enchedora hidráulica modelo EB-12

À exceção dos fiambres que foram submetidos a HPP, os outros fiambres foram imediatamente colocados num banho de água a 30 °C, durante 30 min, para a fase de pré-

aquecimento (“setting”). Em seguida, foram submetidos a um tratamento térmico (gelificação térmica) que lhes conferiu uma pasteurização. O tratamento térmico foi realizado num forno de modelo Combi-Master CM6 (Rational Grossküchen Technik GmbH, Landsberg am Lech, Alemanha), a 82 °C, até atingirem no seu ponto térmico 72 °C. De modo a garantir esta temperatura na parte mais interna do produto, o termómetro digital do forno foi colocado no centro do produto. Imediatamente após este tratamento, os fiambres foram colocados em água com gelo, para arrefecimento rápido. Para terminar, os fiambres foram colocados em câmara de refrigeração, a cerca de 5 °C, durante a noite. Todas as operações de preparação de cada fiambre e respetivo tratamento térmico foram realizadas no mesmo dia. No dia seguinte, os fiambres foram retirados da tripa celulósica, cortados nas dimensões adequadas para as diferentes análises e estabilizados à temperatura ambiente antes da sua análise.

Os fiambres preparados para serem submetidos ao HPP, após o enchimento, foram embalados em sacos de plástico polilaminado (Filme Cast de PA/PE co-extrudido) e fechados sob vácuo, numa máquina de embalar a vácuo modelo A300/52 (Multivac Sepp Haggenmüller GmbH & Co. KG,olfertschwenden, Alemanha). Os fiambres foram devidamente acondicionados em caixas térmicas (< 7 °C) e transportados para a plataforma Tecnológica Multidisciplinar de Alta Pressão Hidrostática para Investigação e Desenvolvimento Industrial, na Universidade de Aveiro. Antes dos tratamentos HPP e tratamento térmico, os fiambres foram submetidos a um pré-aquecimento (“setting”) a 30 °C, durante 30 min.

Os tratamentos de HPP foram realizados num equipamento industrial de alta pressão (Hiperbaric 55, Hiperbaric, Burgos, Espanha). Este equipamento possui um vaso de pressão de 200 mm de diâmetro interno e 2000 mm de comprimento e pressão máxima de operação de 600 MPa. Está ligado a uma unidade de refrigeração (RMA KH 40 LT, Ferroli, San Bonifacio, Itália) que permite controlar a temperatura da água de entrada, usada como fluido de pressurização. A acumulação de pressão ocorreu a uma taxa de compressão de aproximadamente 200 MPa/min e o aquecimento adiabático provocou um aumento na temperatura de, aproximadamente, 3 °C para cada 100 MPa aplicado, enquanto a descompressão ocorreu quase instantaneamente.

Todos os fiambres, inclusive o fiambre da perna extra de porco, em função da análise a realizar, foram cortados em amostras com as dimensões pretendidas.

6.3.2 Métodos físico-químicos e sensoriais

6.3.2.1 Composição química (proteína, gordura, humidade e cinza)

Foi determinada a composição química das polpas de peixe e do fiambre de corvina da formulação final. A humidade e a cinza total foram determinadas de acordo com os métodos descritos no AOAC (1990). A humidade foi determinada por secagem da amostra (10 g) a 105 °C até peso constante. A cinza foi quantificada após incineração da amostra desidratada, numa mufla (Heraeus MR 170, Hanau, Alemanha), durante 16 h a 500 °C. A gordura foi determinada em 10 g de amostra pelo método de extração Soxhlet (NP 1972, 2009) com éter etílico. O conteúdo proteico foi determinado de acordo com o método de Dumas (Saint-Denis & Goupy, 2004), num analisador de azoto (FP-528 LECO, St. Joseph, USA), previamente calibrado com EDTA (carbono: 41,07 ± 0,17 %, hidrogénio: 5,55 ± 0,02 %, azoto: 9,57 ± 0,03 %), usando um fator de conversão 6,25. As determinações foram realizadas em triplicado e os resultados apresentados em média ± desvio-padrão (DP).

6.3.2.2 Perfil de ácidos gordos

O perfil de ácidos gordos foi determinado após transesterificação em ésteres metílicos por catálise ácida (método de Lepage & Roy, 1986 modificado por Cohen, Vonshak & Richmond, 1988). Para a catálise ácida, adicionaram-se 5 mL de uma solução de cloreto de acetilo:metanol (1:19) a 300 mg de amostra de fiambre (previamente liofilizada e moída), agitou-se em vórtex (1 min) e aqueceu-se (80 °C, 1 hora). Após arrefecimento, adicionou-se 1 mL de água ultra pura e 2 mL de heptano, agitou-se no vórtex (1 min) e centrifugou-se (2000 ×g, 5 min). A fase orgânica foi recolhida, filtrada em coluna de sulfato de sódio anidro e injetada (2 µL) no cromatógrafo gasoso.

A separação dos ésteres metílicos foi realizada num cromatógrafo gasoso Varian Star 300 Cp (Varian, USA), equipado com autoamostrador, coluna capilar DB-WAX (30 m de comprimento × 0,32 mm diâmetro interno; 0,25 mm espessura) e detetor de ionização de chama. O hélio foi utilizado como gás de arraste a um fluxo de 1 mL/min. A temperatura do injetor foi de 250 °C. O programa de temperaturas da coluna foi definido a 180 °C, durante 5 min, seguido de um aumento para 220 °C a 4 °C/min, e por fim a 220 °C, durante 25 min. A temperatura do detetor de ionização de chama foi de 250 °C.

A identificação dos compostos foi avaliada por comparação com os tempos de retenção de padrões (Sigma-Aldrich) e a quantificação dos compostos foi determinada através da percentagem relativa da área dos picos, usando o software Varian. Todas as determinações foram efetuadas em duplicado.

6.3.2.3 Perfil de aminoácidos

A quantificação dos aminoácidos totais nos fiambres de pescado foi realizada de acordo com o método descrito em AOAC (2005). Assim, 12-20 mg de amostra (1,5-2,0 mg de azoto) foram hidrolisados em tubos de teflon de 10 mL (Nalgene Oak Ridge Teflon Fep tubes; Nalge Nunc International Corp., Rochester, NY, USA), com 3 mL de HCl 6 M (Merck, Kenilworth, NJ, USA) contendo 0,1 % de fenol (Merck, Kenilworth, NJ, USA). A norvalina (99 %, Sigma-Aldrich Corp., St Louis, MI, USA) e a sarcosina (98 %, Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MI, USA) foram adicionadas à amostra (concentração final: 500 pmol/ μ L) antes da hidrólise ácida e usados como padrões internos para a quantificação dos aminoácidos. Os tubos foram submetidos a vácuo e depois fechados numa atmosfera de azoto, as amostras foram hidrolisadas a 110-115 °C, durante 24 h. Após a hidrólise, as amostras foram neutralizadas com NaOH 6 M, e adicionou-se água ultra pura de forma a se obter 20 mL de volume final. As amostras foram filtradas por filtro de seringa (0,2 μ m) com membrana de celulose e armazenadas a -80 °C até serem injetadas.

As condições cromatográficas usadas foram as descritas no método da Agilent (Henderson *et al.*, 2000) e a separação dos aminoácidos foi realizada num cromatógrafo líquido de alta eficiência (Agilent 1100 HPLC, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), usando uma pré-coluna Phenomenex Gemini ODS C18 (4 \times 3 mm) e uma coluna Phenomenex Gemini ODS C18 110 Å (4,6 \times 150 mm, 5 μ m) (Phenomenex Inc., Torrence, CA, USA), com derivatização pré-coluna com ortoftaldeído e ácido 3-mercaptopropiônico em tampão borato (OPA, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), para a detecção dos aminoácidos primários, e cloroformiato de (9-fluorenilmetilo) em acetonitrilo (FMOC, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), para a detecção dos aminoácidos secundários. A separação foi realizada a um fluxo de 2 mL/min, usando um gradiente de eluentes de 40 mM Na₂HPO₄ pH 7,8 e acetonitrilo:metanol:água (45:45:10, v:v:v). Os comprimentos de onda para a detecção por fluorescência foram definidos em 340/450 nm e 266/305 nm.

A identificação e quantificação dos aminoácidos foram avaliadas por comparação com os tempos de retenção e áreas dos picos de aminoácidos padrão (Sigma, Missouri, USA) na gama 9-900 pmol/ μ L ($r^2=0,9999$) com o software Agilent ChemStation for LC (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). A cisteína e o triptofano não foram determinados devido à sua degradação durante a hidrólise ácida. Todas as determinações foram efetuadas em triplicado.

6.3.2.4 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com o método descrito por Sánchez-González *et al.* (2008). Colocou-se um pedaço cúbico de fiambre de peixe (cerca de 2 g; *ca.* 1,7 cm³, W_s), com dois papéis de filtro dobrados (também pesados, W_i) na parte inferior de um tubo de centrífuga, e submeteu-se o conjunto a 3000 *xg*, durante 10 minutos, a 20 °C (3K30, Sigma, Osterode, Alemanha). Após centrifugação, a amostra foi removida e os papéis de filtro foram pesados (W_f). A CRA é expressa como g de água na amostra, após a centrifugação por 100 g de água inicialmente presente na amostra:

$$CRA = \frac{W_s \times \frac{H}{100} - (W_f - W_i)}{W_s \times \frac{H}{100}} \times 100$$

onde H é a humidade (g/100 g). Todas as determinações foram realizadas em triplicado.

6.3.2.5 pH

O pH foi medido através de um elétrico de pH de superfície previamente calibrado (SenTix 21, WTW, Weilheim, Alemanha), acoplado a um medidor de pH (medidor de pH microprocessador 539 WTW, Weilheim, Alemanha). Todas as determinações foram realizadas em triplicado.

6.3.2.6 Cor

Os parâmetros de cor dos fiambres foram medidos com um colorímetro (CR-410, Konica Minolta Camera, Co, Japão). O colorímetro foi calibrado com uma placa padrão branca (sistema CIE $L^* a^* b^*$: $L^* = 97,79$; $a^* = -0,02$; $b^* = 1,84$) e ajustado para o iluminante D65. A luminosidade (L^*), o valor vermelho-verde (a^*) e o valor amarelo-azul (b^*) foram medidos. Para a avaliação da cor, o valor de “chroma” (C^*), “whiteness” - W (brancura) e “hue” (h^*) (tonalidade) foram estimados de acordo com as seguintes equações (Sahin & Sumnu, 2006):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h^* = \arctang \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$h^* \text{ degree} = \text{GRAUS} \left[\arctang \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \right]$$

Para os fiambres submetidos ao HPP, a cor também foi expressa como a diferença de cor (ΔE^*) nos diferentes parâmetros, de acordo com a equação (Sahin & Sumnu 2006):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

em que ΔL^* , Δa^* e Δb^* correspondem à variação entre o parâmetro de cor dos fiambres dos diferentes ensaios. Para cada réplica, ΔE^* foi determinado usando os valores médios L^* , a^* e b^* , obtidos para o ensaio controlo. Todas as determinações foram realizadas em triplicado.

6.3.2.7 Textura

6.3.2.7.1 Teste de dobragem (“folding test”)

O teste de dobragem foi feito de acordo com Mendes *et al.* (1997). As amostras de fiambre foram cortadas em fatias de 2 mm com 25 mm de diâmetro. A avaliação foi realizada manualmente, de acordo com o seguinte sistema de classificação de cinco pontos: Grau 5, a amostra não rompe quando é dobrada em quadrantes; Grau 4, não rompe quando é dobrada ao meio; Grau 3, desenvolve ruturas gradualmente quando é dobrada ao meio; Grau 2, parte-se imediatamente quando é dobrada ao meio; e Grau 1, esfarela-se quando pressionada pelo dedo. Todas as determinações foram realizadas em triplicado.

6.3.2.7.2 Medições de textura instrumental

As medições de textura instrumental foram realizadas num texturómetro (modelo Instron 4301, Instron Engineering Corp., Norwood, MA, EUA), seguindo os procedimentos descritos por Cardoso *et al.* (2008a).

A análise das propriedades texturais do gel do fiambre foi realizada em amostras cilíndricas, com 25 mm de diâmetro e 25 mm de altura, previamente equilibradas à temperatura ambiente (22 °C). No teste de penetração foi utilizada uma sonda metálica com cabeça esférica de 5 mm de diâmetro. A velocidade de penetração foi de 10 mm/min, com célula de carga de 100 N. A força à rutura (N) e a deformação à rutura (mm) foram medidas, e a multiplicação destes parâmetros permitiu obter a força de gel (N.mm). A força de gel também foi calculada pelo trabalho à rutura (J), representado pela área abaixo da curva força-deformação até ao ponto em que é alcançada a força máxima à rutura (Lawrence, 2015; Ma *et al.*, 2015; Pons & Fiszmau, 1996). Foram analisadas 8 amostras por ensaio.

Para a análise do perfil de textura, cada amostra foi submetida a dois ciclos de compressão (“two bites”) (Figura 24). A compressão a 60 % foi realizada através de um êmbolo cilíndrico, com 50 mm de diâmetro, ligado a uma célula de carga de 1000 N e a uma taxa de deformação de 50 mm/min. Foram analisadas 8 amostras por ensaio e determinaram-se os seguintes parâmetros: dureza (N), força máxima registada no primeiro ciclo de compressão; coesividade, relação entre o trabalho realizado no segundo ciclo e o trabalho realizado no primeiro ciclo (quociente entre a segunda área de compressão e a primeira); gomosidade, resultado do produto entre a dureza e a coesividade; “springiness”, definida como a distância ou comprimento do ciclo durante a segunda compressão (mede a recuperação da amostra durante o tempo que decorre entre o final da primeira compressão e o início da segunda) (Sahin & Sumnu, 2006); mastigabilidade, produto entre a gomosidade e a “springiness” e, em

termos sensoriais, conhecida como a energia necessária para mastigar um alimento sólido até que ele esteja pronto para ser engolido.

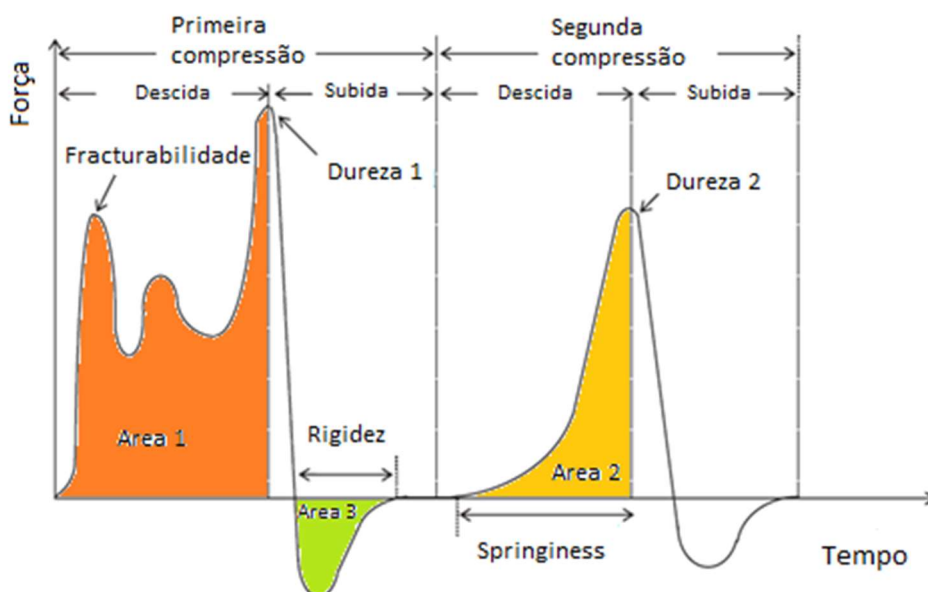


Figura 24. Perfil de textura generalizado (adaptado de Sahin & Sumnu, 2006)

Também foi efetuado o teste de compressão-relaxamento, cujo procedimento de compressão é idêntico ao do perfil de textura, exceto que a amostra é comprimida apenas uma vez durante um minuto. Foram analisadas 8 amostras por ensaio e registou-se a força exercida em cada amostra. A percentagem de elasticidade do gel foi calculada pela seguinte fórmula:

$$Elasticidade (\%) = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100$$

onde F_0 é a força registada no início do relaxamento imediatamente após a compressão da amostra e F_1 é a força registada após um minuto de relaxamento.

As propriedades do gel também foram avaliadas por um teste de compressão mais drástico, a 80 % e 20 mm/min. Ao comprimir toda a amostra até à rutura, obtiveram-se os valores da força (N) e da distância (mm) à rutura. Escolheu-se uma compressão a 80 % porque altos níveis de compressão imitam os efeitos da mastigação sobre o alimento (Bourne, 2002; Ishihara *et al.*, 2013). Foram analisadas 8 amostras por ensaio.

6.3.2.8 Análise sensorial

Os fiambres de peixe foram avaliados sensorialmente, de acordo com a norma ISO 6658 (2017). A avaliação sensorial foi realizada em média por 8 provadores treinados, do IPMA. Antes de serem analisados, os fiambres foram retirados da embalagem e estabilizados à

temperatura ambiente (cerca de 20 °C). Foram cortadas fatias finas com cerca de 2 mm de espessura. Estas fatias foram distribuídas em pratos brancos, devidamente codificadas e apresentadas ao provador. A avaliação foi realizada no laboratório de análise sensorial do IPMA, em sala com as especificações exigidas pela EN ISO 8589:2010/A1 (2014). A ficha de prova utilizada foi descritiva analítica, mais especificamente, classificação por atributos com escala por categoria e com estrutura, conforme se pode ver no Apêndice 1. As escalas de categorias consistem numa série de escalas lineares horizontais, com adjetivos nos extremos para identificar ou limitar um atributo (Lawless & Heimann, 2010). A escala indica os extremos, começando pelo de menor intensidade. Os parâmetros avaliados foram: aparência externa (cor - de clara a escura), aroma (a fiambre/a peixe/desagradável – ausente a excessivo), textura (dureza – de mole a duro; elasticidade – de plástica a elástica; suculência – de seco a suculento; coesividade – nada coesa a muito coesa), sabor (salgado (doce/ácido/amargo/fiambre/peixe/desagradável – ausente a excessivo), sensação residual (salgado/adstringência/ácido – ausente a excessivo), apreciação global (de mau a excelente) e com espaço para sugestão de outros atributos que julgassem pertinente a sua avaliação.

Os fiambres de corvina (com 0,5 % de MTGase), resultantes da concretização do primeiro objetivo do presente estudo, também foram avaliados sensorialmente por crianças, entre os 6 e os 8 anos, que, no âmbito de projetos escolares, foram visitar as instalações do IPMA. A prova foi realizada na planta piloto de surimi do IPMA e as crianças que quiseram provar apenas tiveram de escolher, de uma escala hedónica (ver no Apêndice 1), se o fiambre era: muito mau; mau; indiferente; bom; muito bom.

6.3.3 Preferência do consumidor sobre a cor do fiambre de peixe/Inquérito “on line”

Perspetivando a possível comercialização de fiambres de peixe e adaptação da sua oferta à procura do mercado, realizou-se um inquérito “on-line” (ver Apêndice 2) de modo a se entender qual a cor esperada ou desejada num produto destes. Sendo o consumidor o agente que determina o mercado através do seu comportamento aquisitivo, com o questionário deste inquérito também se procurou conhecer o cliente, visto que este tem uma experiência de vida, uma história e características que determinam o seu comportamento aquisitivo, a sua idade, sexo, local de residência, preferências de consumo e grau de instrução.

Os fiambres com os padrões de cor foram obtidos segundo a descrição anteriormente relatada em 6.3.1.3.

O inquérito “on-line” decorreu de 05.01.2017 a 16.05.2017, tendo-se obtido 2237 respostas. O link colocado na internet foi o seguinte:

<https://docs.google.com/forms/d/17kiE0C8liA9SLpnlnNr9syfBTjVZJ1jMa5HECqZf-LE/edit>

O inquérito também constou nesta plataforma:

<https://pongpesca.wordpress.com/2017/01/11/fiambre-de-peixe-que-cor/>

6.3.4 Métodos microbiológicos

As amostras foram preparadas segundo a ISO 6887-3 (2017). De cada embalagem foram retiradas amostras de fiambre (10 g ± 0,1 g) e cortadas em pequenos pedaços, estes foram homogeneizados num saco adequado com 90 mL de Maximum Recovery Diluent (MRD, Oxoid, Ltd., England), num equipamento Stomacher 400 lab blender (Seward, UK), durante 2 minutos. As diluições decimais apropriadas foram igualmente feitas em MRD. As determinações, realizadas de acordo com métodos descritos em normas ISO, adaptadas às normas ou baseadas em métodos alternativos adequados publicados, foram as seguintes: contagem de microrganismos aeróbios a 30 °C (ISO 4833-1, 2013), contagem de microrganismos viáveis psicotróficos a 6,5 °C (ISO 17410, 2001), contagem de bactérias sulfito-redutoras (método interno, incorporação em Iron agar), contagem de coliformes e *E. coli* (método interno baseado nas ISO 4832, 2006 e ISO 16649-2, 2001), contagem de bolores e leveduras (ISO 21527-1, 2008), contagem de estafilococos coagulase-positivo (ISO 6888-1, 1999), pesquisa de esporos de clostrídeos sulfito-redutores (NP 2262, 1986) e pesquisa e identificação de *Listeria monocytogenes* (ISO 11290-1, 1996). Na Tabela 26, estão indicadas mais informações sobre os métodos microbiológicos.

6.3.5 Aminas biogénicas

As aminas biogénicas, agmatina (AGM), cadaverina (CAD), histamina (HIS), putrescina (PUT) e tiramina (TYR), foram determinadas em extratos aquosos de ácido tricloroacético a 10 % pelo método de HPLC pós-coluna descrito por Ritchie (1991). A deteção foi realizada por medição de fluorescência. Os resultados de duas repetições foram expressos em mg de amina por quilograma (mg/kg) de amostra húmida.

6.3.6 Análise estatística

Para cada experiência, os resultados obtidos foram testados com uma análise de variância unidirecional (ANOVA), seguida por um teste de comparações múltiplas (diferença honesta significativa de Tukey, HSD), para identificar as diferenças entre os tratamentos.

Para testar a influência de dois fatores, efetuou-se uma análise de variância de dois fatores (factorial ANOVA), seguida por um teste de comparações múltiplas (diferença honesta significativa de Tukey, HSD) para identificar as diferenças entre os tratamentos.

Os resultados obtidos nos fiambres submetidos ao HPP, nomeadamente a CRA e os parâmetros de textura, também foram avaliados em conjunto por análise fatorial, utilizando o método de componentes principais (PCA), para identificar os tratamentos de HPP comparáveis ao fiambre controlo e para avaliar se a % de MTGase adicionada na formulação dos fiambres poderia ser reduzida. Apenas se consideraram nas análises os componentes principais com valores superiores a um. Também se testou a correlação entre as variáveis CRA e os parâmetros de textura.

A análise estatística foi testada para um nível de significância de $p \leq 0,05$ com o software STATISTICA™ 6.1 (Statsoft, Inc., Tulsa, OK, EUA).

Tabela 26. Métodos microbiológicos utilizados em função do grupo de microrganismos a determinar/pesquisar

Microrganismos	Meio de cultura	Incubação/Método
Aeróbios	Plate Count Agar(PCA), Merck KGaA, Germany	30 °C ± 1 °C/Incorporação (3 dias)
Psicrotróficos	Plate Count Agar (PCA), Merck KGaA, Germany	6,5 °C ± 1 °C/Incorporação (10 dias)
Bactérias sulfito-redutoras	Lingby Iron Agar (LIA), Merck KGaA, Germany	30 °C ± 1 °C/Incorporação (3 dias)
Coliformes e <i>E. coli</i>	Chromocult [®] coliform agar(CHR), Merck KGaA, Germany	37 °C ± 1 °C/Incorporação (24 h)
Bolores e leveduras	Rose Bengal Chloramphenicol Agar,Scharlab,S.L., Spain.	25 °C ± 1 °C / Espalhamento (5 dias)
Estafilococos coagulase-positivo	Baird Parker Agar base (BP), Oxoid Ltd., England, supplemented with Egg Yolk Tellurite Enrichment (BD Difco, USA)	37 °C ± 1 °C/Espalhamento (48 h)
Pesquisa de esporos de clostrídeos sulfito-redutores	Perfringens Agar Base and Perfringens selective supplement (TCS+supl), Oxoid, Ltd., England Indicador (para caixa de anaerobiose), Oxoid, Ltd., England	37 °C ± 1 °C/Anaerobiose com sobrecapa (48 h)
Pesquisa e identificação de <i>Listeria monocytogenes</i>	ALOA (Oxoid, Ltd., England)	37 °C ± 1 °C/Riscado (24 h)
	Caldo Half Fraser (Oxoid, Ltd., England)	37 °C ± 1 °C/Riscado (24 h)
	Oxford (Oxoid, Ltd., England)	37 °C ± 1 °C/Riscado (24 h)
	Água peptona tamponade (APT) (Oxoid, Ltd., England)	37 °C ± 1 °C/Enriquecimento (24 h)
Enterobacteriaceae	Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA), Oxoid, Ltd., England	37 °C ± 1 °C/Incorporação com sobrecapa (24 h – 48 h)
Salmonella	Kit Salmonella (Rapid Oxoid, Oxoid Ltd., England)	41 °C ± 0,5 °C/Meios seletivos (24 h)
	SRTEM (Oxoid, Ltd., England)	37 °C ± 1 °C/Meios confirmativos (24 h - 48 h)
	XLD (Oxoid, Ltd., England)	37 °C ± 1 °C/Meios confirmativos (24 h - 48 h)
	Antibiótico (Oxoid, Ltd., England)	/Para kit
	H2O esterilizada	/Para kit
	Indicador anaerobiose (Biomerieux, France)	

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que diz respeito à produção de fiambres de peixe, não há muitos estudos publicados sobre o assunto até ao momento. As publicações mais antigas, nomeadamente Siddappaji & Prabhu (2002), sobre fiambre de atum, assim como Udupa & Kulkarni (1972) e Tanikawa (1963), que fazem referência à obtenção de fiambres de peixe, não apresentam resultados que nos permitam comparar com os fiambres obtidos neste estudo. Todavia, estudos dos autores Patriarca *et al.* (2015a, b), Cardoso *et al.* (2014; 2013a; 2012a, b; 2011a, b; 2010a), Ferreira (2013) e Ramírez *et al.* (2002), entre outros, sugerem a existência de diferenças significativas entre os produtos gelificados de peixe de aquacultura, preparados a partir de diferentes espécies.

Ao longo deste capítulo os resultados mais relevantes encontram-se expostos sob a forma de gráfico. Os dados correspondentes, médias, desvio-padrão, análise estatística, valores *F* e níveis de significância, encontram-se organizados em Tabelas com maior detalhe, apresentadas no Apêndice 3.

7.1. Rendimento na obtenção de polpas de dourada, robalo e corvina e influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas.

7.1.1 Rendimento na obtenção de polpas de dourada, robalo e corvina

A apreciação do rendimento do peixe é de importância capital quando considerado o ponto de vista económico. Com efeito, o melhor peixe é aquele que, para um mesmo peso, permite obter uma percentagem maior de polpa.

Sendo a matéria-prima principal para obtenção de fiambre – polpa de peixe - um género perecível e de grande valor comercial, interessará aos industriais deste ramo, não apenas quantificar, mas também valorizar a sua obtenção. Para se adquirir um maior conhecimento sobre os aspetos económicos da produção, devem-se adotar métodos de quantificação dos fatores produtivos. O controlo dos rendimentos na obtenção de polpa são importantes no sentido das indústrias transformadoras de pescado começarem a ter um histórico do rendimento quanto às matérias-primas a usar.

Os rendimentos alcançados na obtenção de polpas das espécies em estudo encontram-se apresentados na Tabela 1 do Apêndice 3. O maior rendimento foi obtido na dourada (55,9 % na capturada no verão e 54,1 % no inverno). Para o robalo (49,3 % no capturado no verão e

50,8 % no inverno) e corvina (49,6 % na capturada no verão e 51,9 % no inverno) os maiores rendimentos foram obtidos nos peixes capturados no inverno.

Estes resultados vão de encontro ao referido por Pires (2008) que considera que os músculos no pescado, que constituem a fração edível do peixe, correspondem a cerca de metade do peso total do corpo. O músculo esquelético é o maior sistema de órgãos em peixes e corresponde efetivamente à parte comestível. Na dourada de tamanho comercial, o músculo esquelético representa cerca de 34 % a 48 % do peso corporal total (Grigorakis & Alexis, 2005; Testi *et al.*, 2006) e no robalo de tamanho comercial cerca de 44,2 % (Boujard *et al.*, 2004) a 56,9 % (Eroldoğan *et al.*, 2004) do peso corporal total.

Embora a tendência geral para os rendimentos tecnológicos (rendimento de filetagem) seja aumentar à medida que aumenta o tamanho do peixe (Grigorakis, 2011), Giogios *et al.* (2013) obtiveram rendimentos de 31,6 % em corvina grande (peso médio de 1,536 kg) e 33,9 % em corvina pequena (peso médio de 0,871 kg). Porém, Cardoso *et al.* (2013b) obtiveram rendimentos de 55 % em corvina de 20 meses (capturada em janeiro) e em corvina com 30 meses (capturada em novembro), valores superiores aos obtidos neste estudo (49,6 % na corvina capturada no verão e 51,9 %, na capturada no inverno).

7.1.2 Influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas

A composição química das polpas das diferentes espécies, capturadas no verão e no inverno, encontra-se apresentada na Figura 25.

No que diz respeito ao teor de humidade, para todas as espécies observou-se que este não foi afetado pela época de captura. Entre as três espécies, foi a corvina a que apresentou um valor mais elevado e a dourada o menor.

O teor de cinza das polpas apenas foi influenciado nas espécies capturadas no verão, apresentando a dourada o teor mais elevado, quer em relação à dourada capturada no inverno, quer em relação às outras espécies.

Quanto ao teor de gordura livre, a época de captura não teve influência no teor das polpas de dourada. Já as polpas de robalo, capturado no verão, apresentam um teor menor do que o capturado no inverno, e, pelo contrário, a polpa de corvina, apresenta um teor menor na corvina capturada no inverno. Comparando as espécies entre si, foram as polpas de dourada, independentemente da época de captura, que exibiram os teores de gordura livre significativamente mais elevados, seguidas pelas de robalo e por último, de corvina. Estes resultados acompanham de forma inversa os resultados obtidos na humidade.

Em função da época de captura, a dourada e o robalo apresentam os valores mais baixos de proteína quando capturados no verão e a corvina quando capturada no inverno.

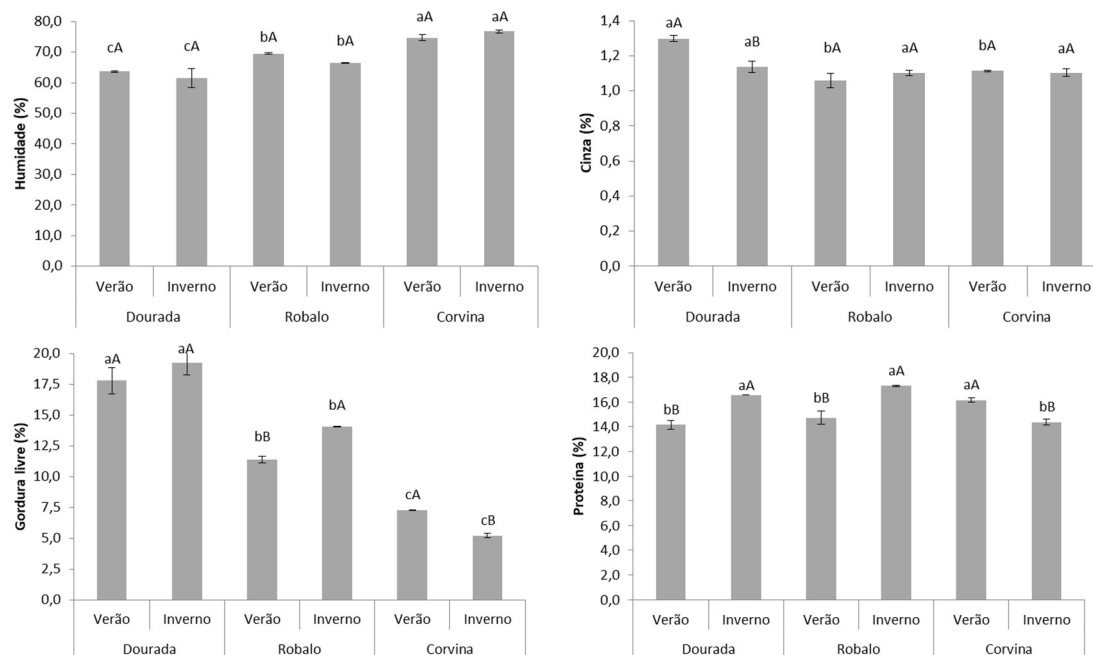


Figura 25. Composição química média das polpas de dourada, robalo e corvina, capturadas no verão e no inverno. As barras de erro representam o desvio-padrão. Em cada gráfico, letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as espécies na mesma época de captura e letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre épocas de captura da mesma espécie.

Os teores de humidade e de sais minerais não apresentaram variações consideráveis com a exceção do teor de cinza da polpa de dourada, capturada no verão, com um valor significativamente mais elevado. No geral, pode-se concluir que, do ponto de vista destes componentes, nas polpas das três espécies em estudo são constantes ao longo do ano. Senso *et al.* (2007), num estudo sobre os possíveis efeitos da época de captura na composição química de filetes de dourada (*S. aurata*) obtiveram resultados idênticos.

Das espécies em estudo, foi a corvina a que apresentou um teor de humidade mais elevado e o teor mais baixo de gordura. Estes resultados corroboram com Alasalvar *et al.* (2002) e Sargent, Tocher & Bell (2002) que sugerem que o teor de humidade geralmente se relaciona inversamente com o teor de gordura. Segundo Poli *et al.* (2003), corvinas criadas em cativeiro acumulam menores quantidades de gordura muscular do que outras espécies aquícolas permitindo a sua conservação sob refrigeração por períodos mais longos.

Segundo García-Gallego & Akharbach (1998), Grigorakis *et al.* (2002), Lie (2001) e Rueda *et al.* (2001), a quantidade de gordura e o perfil de ácidos gordos da parte edível dos peixes de aquacultura dependem não apenas de fatores genéticos, mas também de fatores como a fase de desenvolvimento, a temperatura ambiente, o regime alimentar, a composição de gorduras na dieta, entre outros. Assim, até certo ponto, a composição desse componente pode ser

manipulada, modificando o processo de produção (Senso *et al.*, 2007). Estes aspetos podem explicar os teores de gordura obtidos nas espécies em estudo que, no caso da dourada, verificou-se ser indiferente à época de captura. Resultados diferentes obtiveram Hurtado-Rodriguez *et al.* (2010) que num estudo sobre os efeitos sazonais e do tamanho na qualidade de dourada (*S. aurata*), registaram menor teor de gordura nas douradas capturadas no verão. Estes autores atribuíram aqueles resultados à possibilidade de terem ocorrido restrições alimentares, devido a incidentes anóxicos relacionados com altas temperaturas.

A dourada, o robalo e a corvina usados neste estudo apresentaram teores mais elevados de gordura e menores de proteína do que os referenciados na bibliografia consultada para espécies de aquacultura. Erkan & Özden (2007), obtiveram robalo e dourada de aquacultura, capturados no verão, com teores mais baixos de gordura e mais elevados de proteína. Fuentes *et al.* (2010) e Alasalvar *et al.* (2002), verificaram a mesma tendência em robalo, enquanto Giogios *et al.* (2013) e Hernández *et al.* (2009), obtiveram resultados semelhantes em corvina. Estas diferenças podem ser atribuídas aos constituintes da dieta dos peixes.

Grigorakis *et al.* (2002), Özyurt *et al.* (2005) e Senso *et al.* (2007), consideram que o teor de proteína, a partir de uma certa idade ou fase de desenvolvimento, apresenta uma determinada estabilidade, próximo dos 20 %. Porém, nos resultados obtidos neste estudo verificou-se o efeito da época de captura. Os valores por nós obtidos são sensivelmente menores do que os apresentados por vários autores para estas espécies (referidos no Cap.1, e nas Tabelas 1, 2 e 3). Segundo Attouchi & Sadok (2010) e Grigorakis (2007), o teor de proteína pode não depender apenas da dieta, mas também da espécie, características genéticas e tamanho do peixe.

A comparação dos resultados obtidos com os encontrados na bibliografia consultada não foi conclusiva. Além de existir uma grande variedade de resultados, diferentes fatores podem contribuir para a sua diversificação. Neste estudo não foi possível aceder à composição química do regime alimentar ao qual as espécies em estudos foram submetidas. Sabe-se que o valor nutricional e as características organolépticas dos peixes, são particularmente afetados pelas condições de criação, sendo expectável que os parâmetros sensoriais e de composição sejam diferentes entre os peixes selvagens e de aquacultura (Børrensen, 1992). Apesar de nos peixes de aquacultura existirem inúmeros fatores que possam influenciar a composição química do músculo, é sobretudo a alimentação (composição da dieta e taxa de alimentação) a principal responsável (Boujard *et al.*, 2004). As dietas artificiais fornecem uma ampla gama de nutrientes, que não só influenciam a taxa de crescimento dos peixes, mas também a composição do músculo, em particular o conteúdo lipídico, que pode ser quantitativamente e qualitativamente modificado (Izquierdo *et al.*, 2003). Na aquacultura marinha intensiva, o alto

teor lipídico da dieta e o regime intensivo de alimentação afetam a composição química do peixe, resultando em um maior teor de gordura (Lopparelli *et al.*, 2004).

O facto de se desconhecer o conteúdo da dieta a que as diferentes espécies foram submetidas, não nos permite tirar mais conclusões sobre os resultados obtidos.

7.2 Influência da espécie, da época de captura e da adição de MTGase e KGM (formulações) em fiambres de dourada, de robalo e de corvina

Sabendo que a época de captura poderá ter influência sobre os fenómenos físicos e bioquímicos subjacentes às propriedades de cada espécie, assim como a adição de MTGase e KGM (formulações) poderão influenciar determinadas propriedades dos fiambres, os ensaios foram delineados de modo a permitir compreender os mesmos.

7.2.1 pH

7.2.1.1 Influência da espécie e da época de captura

Das espécies capturadas no verão, independentemente da formulação, foram os fiambres com polpas de corvina que evidenciaram valores de pH mais elevados e, das capturadas no inverno, foram os fiambres com polpa de dourada (Figura 26).

Comparando as épocas de captura, verificou-se que os fiambres obtidos a partir das espécies capturadas no verão, sem adição de MTGase e KGM, apresentaram valores mais elevados de pH. Nos fiambres com adição de MTGase, o fiambre de robalo capturado no inverno apresenta um valor superior ao apresentado pelo fiambre de robalo capturado no verão. Efeito contrário verificou-se no fiambre de corvina e não se obteve alterações no pH dos fiambres de dourada. Nos fiambres com adição de MTGase e KGM, independentemente da espécie, foram os produzidos com polpas obtidas no inverno os que apresentaram os valores mais elevados para este parâmetro.

De um modo geral foi a época de captura que apresentou uma maior influência sobre o pH dos fiambres de todas as formulações (ver Tabela 5 do Apêndice 3). A exceção verificou-se nos fiambres com adição apenas de MTGase, onde a interação entre a espécie e época de captura apresentou uma maior influência sobre os resultados obtidos.

Patriarca *et al.* (2015a), ao contrário de nós, não obtiveram diferenças significativas entre o pH de fiambres de dourada e fiambres de corvina (6,7 e 6,6, respetivamente), capturados no inverno, com adição de 0,5 % de MTGase e 2 % de KGM. Cardoso *et al.* (2011a) obtiveram géis de robalo com valores de pH mais elevados (entre 7,10 e 7,38) que os obtidos

neste estudo, exceto no fiambre de robalo capturado no inverno com 0,5 % de MTGase e 1 % de KGM (7,24).

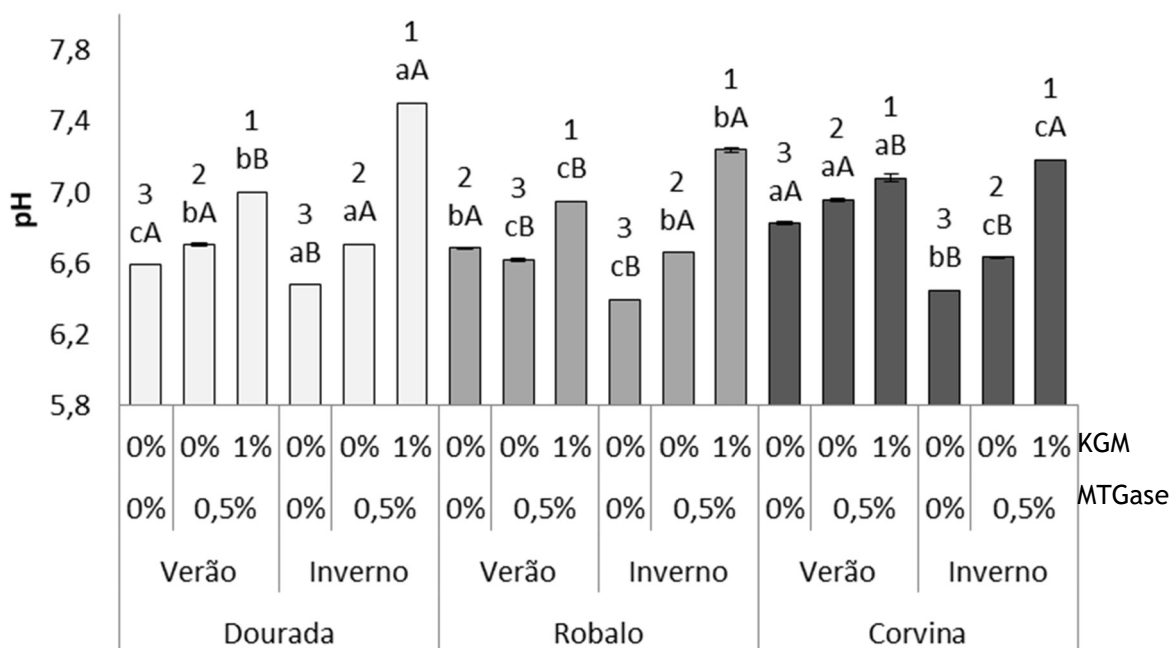


Figura 26. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no pH dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A importância da determinação do pH e dos valores registados deve-se ao facto de que, segundo Liu *et al.* (2008a), Liu *et al.* (2008b) e Raghavan & Kristinsson (2008), as propriedades reológicas das proteínas solúveis em sal são fortemente dependentes do pH e da temperatura. Liu *et al.* (2010) estudaram as relações entre as propriedades do gel e as estruturas secundárias da miosina de carpa prateada e verificaram que durante o aquecimento a 1 °C/min, a miosina formou géis na faixa de pH de 5,5 a 7,5, mas não a pH 8,0 a 9,0. Nesta perspetiva, os valores de pH registados nos fiambres não comprometeram a capacidade gelificante das proteínas.

7.2.1.2 Influência da MTGase e do KGM

Ao analisar o comportamento do pH medido nos fiambres obtidos (Figura 26) constatou-se que a adição de MTGase, assim como de KGM, levou ao aumento daquele parâmetro nos fiambres, exceto no fiambre de robalo capturado no verão e com adição de MTGase. Independentemente das espécies, verificou-se que o valor mais elevado de pH foi obtido nos fiambres onde se adicionou KGM.

Os valores de pH obtidos nos fiambres de dourada e de corvina, capturados no inverno, produzidos com MTGase e KGM, são superiores aos obtidos por Patriarca *et al.* (2015a) em fiambres preparados com as mesmas espécies (6,7 e 6,6 respetivamente).

De acordo com os nossos resultados, também Cardoso *et al.* (2011a), em géis de robalo (*D. labrax*) obtiveram valores de pH mais elevado nos géis aos quais foram adicionados MTGase e KGM. A obtenção de pH mais elevados em géis de cavala (*Scomber japonicus*) e de sarda (*Scomber scombrus*) também se verificou em trabalhos anteriores, realizados por Cardoso *et al.* (2009).

Os fiambres aos quais foi adicionado MTGase podem ter apresentado um pH mais elevado devido à provável formação de amoníaco, que segundo Cardoso *et al.* (2009), surge durante o estabelecimento das ligações covalentes, -amino-(-glutamil)-lisina (entre os resíduos de glutamina e lisina, das cadeias pesadas da miosina), catalisadas pela MTGase.

O aumento do pH nos fiambres aos quais foi adicionado KGM era expectável pois juntamente com o KGM foi adicionado NaOH para facilitar a desacetilação das cadeias do KGM. As ligações carbonilo (C=O) presentes nos grupos acetilo reagem com a solução alcalina adicionada (Luo *et al.*, 2013) permitindo a sua gelificação (Alonso-Sande *et al.*, 2009; Alvarez-Manceñido *et al.*, 2008; Gao *et al.*, 2008; Maekaji, 1974; Xu *et al.*, 2007). Além da desacetilação, também se acredita que a adição de uma solução alcalina permite a ocorrência de interações eletrostáticas e o enfraquecimento nas pontes de hidrogénio estabelecidas com a hidratação (Luo *et al.*, 2013). Segundo Okada (1963), com pH de 7 obtém-se um gel menos firme do que com um pH de 7,6, uma vez que há um aumento da hidratação da proteína.

7.2.2 Capacidade de retenção de água

7.2.2.1 Influência da espécie e da época de captura

De um modo geral, verificou-se que a capacidade de retenção de água (CRA) foi amplamente influenciada pela espécie (Figura 27) (Tabela 5 do Apêndice 3). Os fiambres com polpa de corvina, independentemente da época de captura, em todas as formulações, foram os que exibiram sempre uma maior CRA. Os fiambres de robalo apresentaram valores intermédios e os de dourada valores mais baixos, exceto na formulação com adição de KGM, com polpas obtidas no inverno.

A época de captura apenas teve influência nos fiambres de dourada. Para esta espécie, os menores valores foram obtidos nos fiambres sem adição de MTGase e KGM, com dourada capturada no inverno e nos fiambres com MTGase e sem ou com KGM, com polpa de dourada capturada no verão.

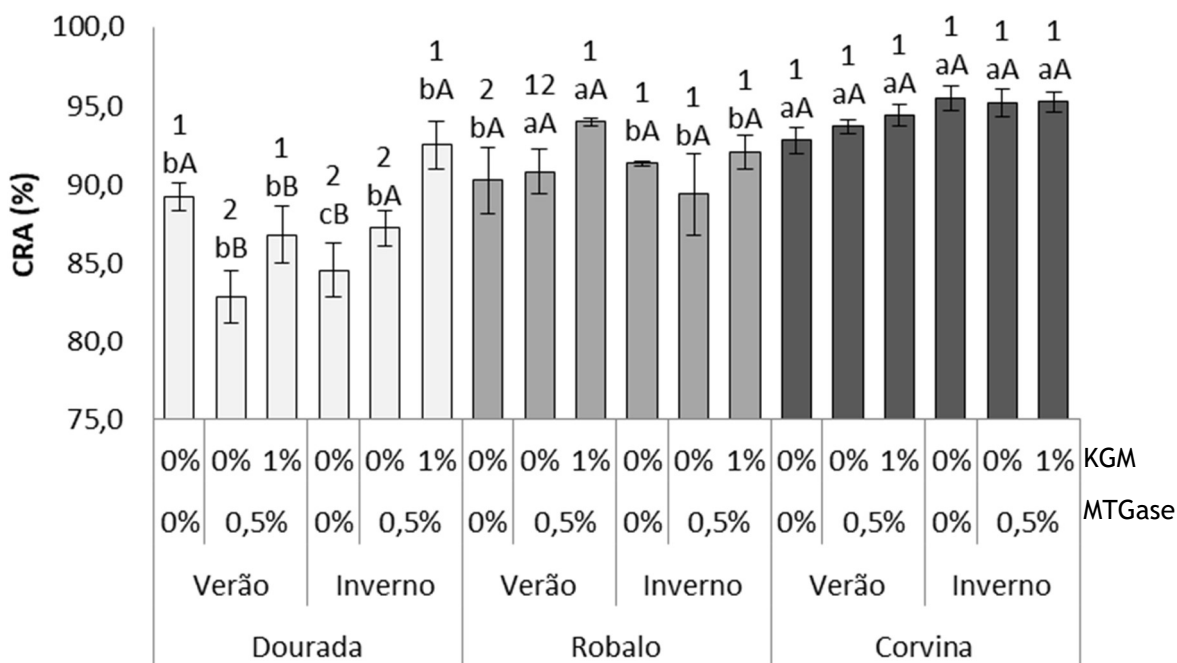


Figura 27. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na CRA dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Patriarca *et al.* (2015) também produziram fiambres de corvina com CRA superior à do fiambre de dourada (98 % e 95,5 % respetivamente), mas com valores superiores aos obtidos neste estudo. Pelo contrário, os valores obtidos nos fiambres de corvina neste estudo, foram consideravelmente superiores aos relatados por Cardoso & Mendes (2015) em géis de corvina com 4 % de fibra de Psyllium (85,3 %) e por Cardoso *et al.* (2011b), em dourada com 0,5 % de MTGase e 1 % de KGM (70,7 %).

Os resultados obtidos sugerem uma maior contribuição das ligações cruzadas entre as proteínas, da polpa de corvina, em relação às outras espécies em estudo, promovendo uma maior CRA nos fiambres obtidos.

7.2.2.2 Influência da MTGase e do KGM

A adição de MTGase não produziu nenhum efeito sobre a CRA dos fiambres, exceto no fiambre de dourada capturada no verão, que apresentou um valor significativamente inferior aos outros da mesma espécie e época de captura. O aumento da CRA, devido à adição de KGM, verificou-se nos fiambres de dourada das duas épocas de captura e nos fiambres de robalo capturado no verão, mas neste último caso, com efeito aditivo devido também à adição de MTGase. Nos restantes fiambres, a adição de KGM não teve efeito sobre a CRA.

Cardoso *et al.* (2011a), Cardoso *et al.* (2012a) e Cardoso *et al.* (2014), não detetaram nenhum efeito significativo na CRA com a incorporação de MTGase em géis de robalo de aquacultura, nem nenhuma influência da época de captura. A mesma tendência foi observada por Cardoso *et al.* (2012b) em géis de dourada de aquacultura. Cardoso *et al.* (2013b), também não encontraram diferenças significativas entre os géis formados por corvinas capturadas em janeiro com 20 meses e em novembro com 30 meses, sem ou com 0,5 % de MTGase e com 1 % ou 2,5 % de sal. Apenas o gel de corvina, com 30 meses, com 1 % de sal e sem MTGase apresentou uma CRA significativamente inferior aos outros géis.

Os valores de CRA obtidos nos fiambres de corvina neste estudo foram consideravelmente superiores aos relatados por Cardoso & Mendes (2015) em géis de corvina com 4 % de fibra de psyllium (CRA = 85,3 %) e por Cardoso *et al.* (2011b) em dourada com 0,5 % MTGase e 1 % de KGM (CRA = 70,7 %). Neste último estudo referido, a adição de KGM permitiu concluir que este ingrediente teve uma interação mais efetiva na retenção da água.

Embora a adição de KGM nos fiambres apenas tenha aumentado a CRA nos fiambres de dourada (das duas épocas de captura) e de robalo capturado no verão, Xiong *et al.* (2009) constataram que a CRA de géis de carpa (*Ctenopharyngodon idella*) melhorou com o aumento de KGM, sugerindo como nível de adição ótimo 1 %.

Segundo Koroskenyi & Mccarthy (2001), o KGM pode ter a capacidade de reter até 100 % de água por amostra. Dado que neste estudo o objetivo foi que os fiambres retivessem o máximo de água possível, pese embora a adição de KGM não tenha melhorado significativamente a CRA em alguns dos fiambres, pelo menos permitiu preservar a suculência durante e após o tratamento térmico.

7.2.3 Cor

7.2.3.1 Influência da espécie e da época de captura

Para avaliar se a espécie e a época de captura afetam a cor, os fiambres de peixe foram preparados sem adição de corantes. Apenas se adicionou sal nitrificante para a fixação da cor do produto final.

Os resultados referentes aos parâmetros de cor dos fiambres encontram-se apresentados com maior detalhe nas Tabelas 8, 9, 10, 11, 12 e 13 do Apêndice 3.

Na Figura 28 podem-se apreciar os resultados obtidos na medição do parâmetro de cor L* (luminosidade) dos fiambres dos diferentes ensaios. No geral, foram nos fiambres de robalo que se obtiveram os valores mais elevados de luminosidade, exibindo uma cor mais clara. Pelo

contrário, foram os fiambres de corvina os que exibiram menor luminosidade e por consequência, pareceram mais escuros.

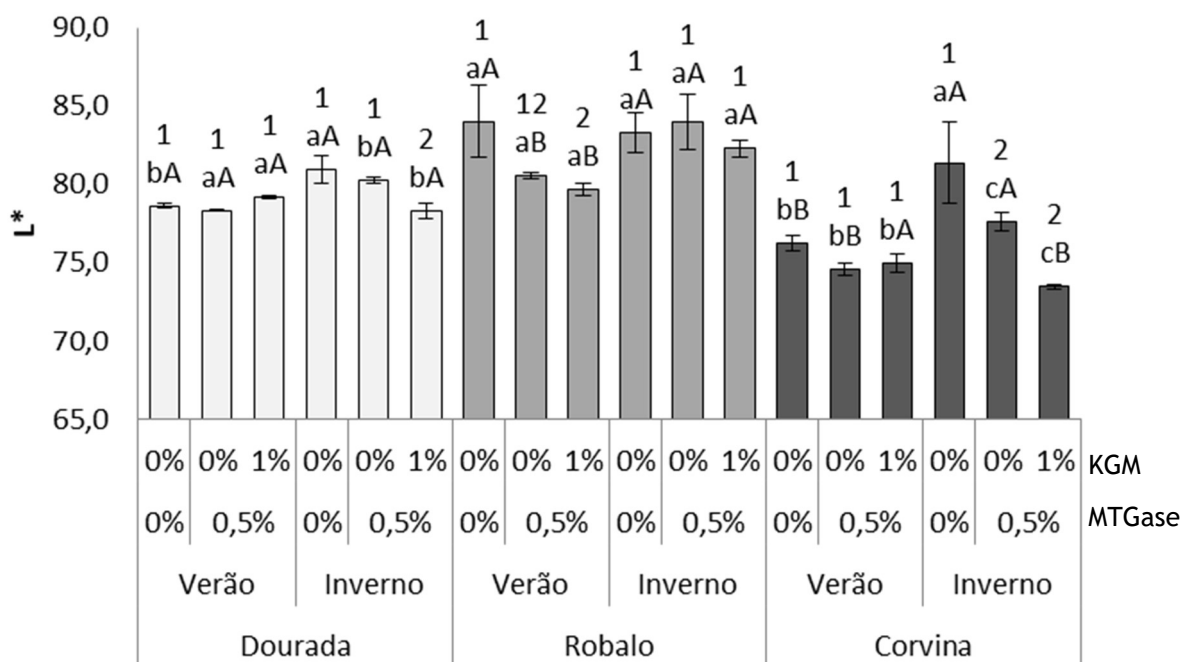


Figura 28. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro L* da cor dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Embora com poucas diferenças, foi com as espécies capturadas no inverno que se obtiveram fiambres com maior luminosidade. Destes fiambres, exceto os produzidos sem adição de MTGase e sem KGM, que não apresentam diferenças entre si, foi nos fiambres de robalo que se evidenciou uma cor mais próxima do branco, seguidos pelos de dourada e por fim os de corvina. Nos fiambres com polpas de espécies capturadas no verão, com exceção dos fiambres sem adição de MTGase e sem KGM, onde o fiambre de robalo tem um valor significativamente superior, foi nos fiambres de dourada e de robalo que se registaram valores de L* significativamente mais elevados. Apresentaram uma cor mais próxima do branco que os fiambres com polpa de corvina.

Na Figura 29, pode-se observar que, entre as espécies, o parâmetro a* variou de uma forma irregular. Os fiambres obtidos com as espécies capturadas no inverno, sem adição de MTGase e KGM, foram significativamente mais vermelhos dos que os obtidos com peixe capturado no verão. Neste caso, de todos os fiambres, foram nos de robalo que se registaram os menores valores de a* e portanto foram os menos avermelhados. Nos fiambres com adição de MTGase, sem e com KGM, observaram-se fiambres mais vermelhos nos produzidos com polpas obtidas no verão, em comparação com os obtidos com polpas de espécies capturadas

no inverno. Das espécies capturadas no verão, foram nos fiambres de corvina que se registaram os fiambres menos vermelhos e, nas capturadas no inverno, nos fiambres de robalo.

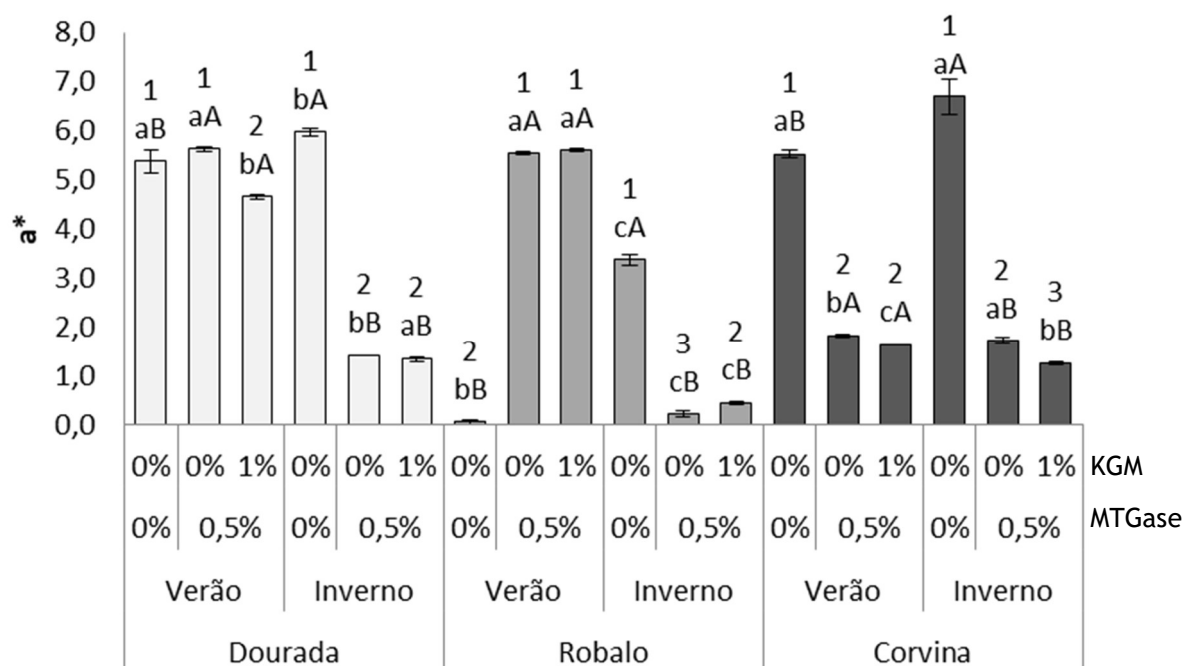


Figura 29. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro a* da cor dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Na Figura 30 podem-se observar os resultados obtidos para o parâmetro b*. Nos fiambres sem MTGase e KGM, com peixes capturados no verão, constatou-se que o fiambre de robalo e o de dourada foram o mais e o menos amarelo, respetivamente. Com peixes capturados no inverno, foram os fiambres de corvina e de dourada que exibiram uma cor mais amarela. Nos fiambres com MTGase, sem e com KGM, com peixes capturados no verão e no inverno, foram sempre o fiambre de corvina e o de robalo o mais e o menos amarelo, respetivamente. O valor amarelo-azul foi influenciado pela época de captura, resultando os fiambres de dourada capturada no inverno como os mais amarelos. Este comportamento também se verificou nos fiambres de robalo, exceto no fiambre sem adição de MTGase e KGM. O valor medido no eixo amarelo-azul dos fiambres de corvina, sem MTGase e KGM, não foi influenciado pela época de captura. Pelo contrário, os fiambres desta espécie, adicionados de MTGase e sem ou com KGM, evidenciaram-se mais amarelos com corvina capturada no verão (valores mais elevados de b*).

A cor de um alimento pode também ser caracterizada pelo valor “chroma” (C*), saturação ou pureza, que permite distinguir um tom puro de um tom com diferente

intensidade (Sahin & Sumnu, 2006). A influência da espécie e da época de captura sobre este parâmetro (Figura 31) apresentou um comportamento idêntico ao do parâmetro b*.

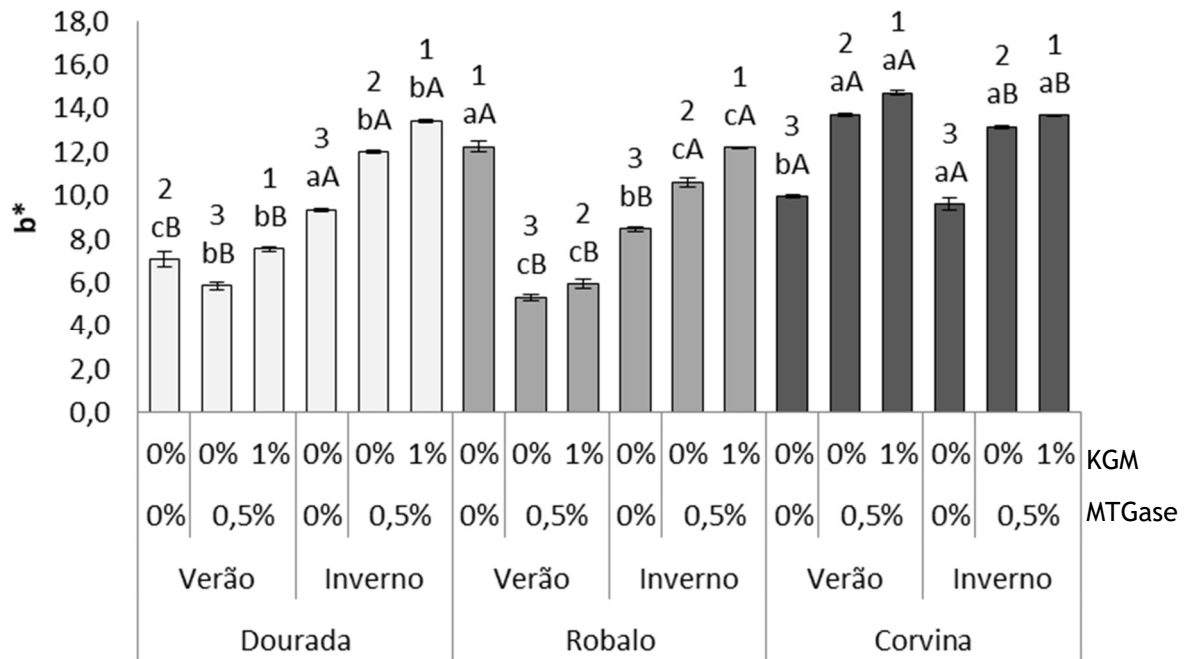


Figura 30. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro b* da cor dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

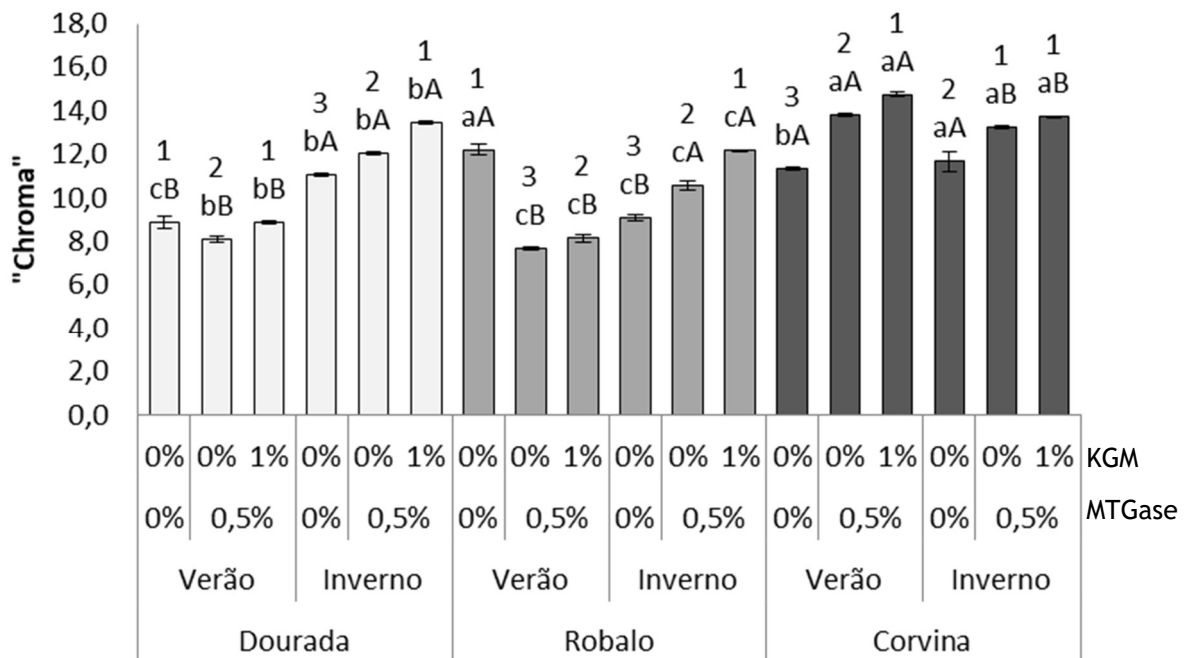


Figura 31. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro "chroma" da cor dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A “whiteness”, ou brancura, é um índice que reflete o aspecto geral de um gel de surimi (Lanier, 1992; Park & Lin, 2005). Conforme se pode observar na Figura 32, nos fiambres sem MTGase e KGM, com peixes capturados no verão, são o robalo e a dourada que se apresentam com maior brancura e a corvina a menor; com peixes capturados no inverno não se verificam diferenças significativas entre as espécies. Nos fiambres com MTGase e sem e com KGM, com peixes capturados no verão e no inverno, tendencialmente o fiambre de robalo exibiu maior brancura e o de corvina a menor.

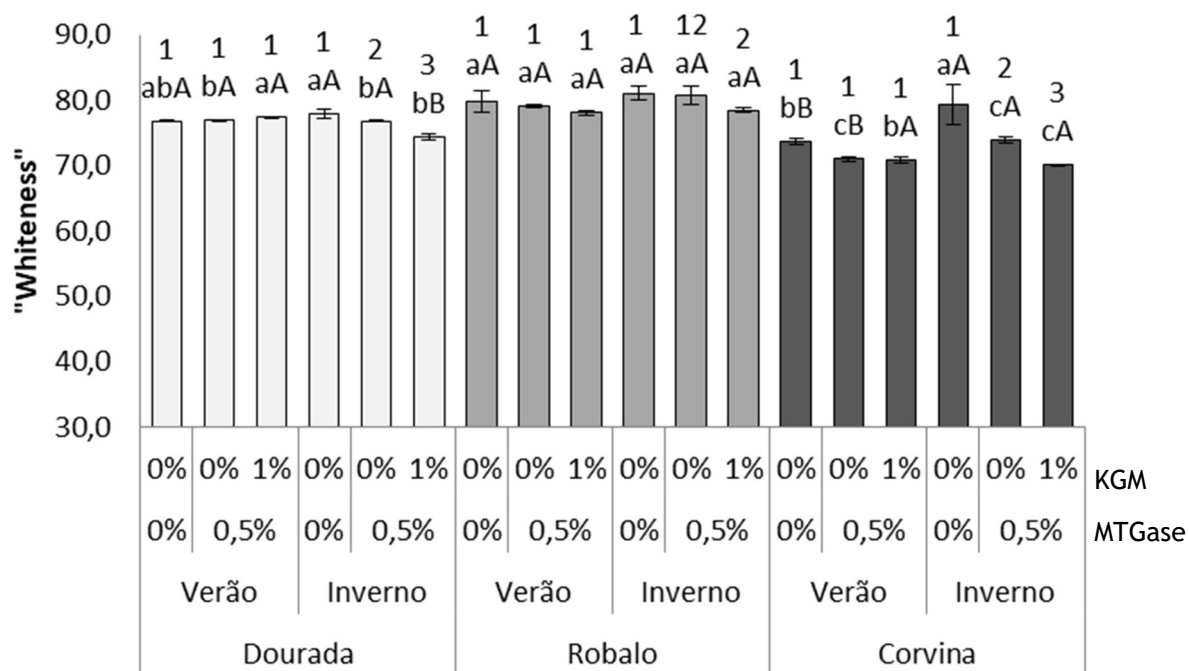


Figura 32. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro “whiteness” da cor dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A época de captura apenas teve influência sobre o fiambre de corvina, sem MTGase e KGM, apresentando o capturado no verão uma menor brancura. Para as outras formulações, a época de captura apenas teve influência nos fiambres de corvina capturada no verão com MTGase e nos fiambres de dourada capturada no inverno com MTGase e KGM, com uma menor brancura.

“Hue”, matiz ou tonalidade é uma qualidade pela qual uma cor é distinguida da outra permitindo distinguir se um objeto é vermelho, laranja, amarelo, azul ou violeta (Sahin & Sumnu, 2006). Nos fiambres sem MTGase e KGM, é no de robalo que se evidencia uma maior tonalidade e o menor no de dourada capturada no verão e de corvina capturada no inverno (Figura 33). Nos fiambres com MTGase sem e com KGM, com peixes capturados no verão, é sempre o fiambre de corvina o que tem uma maior tonalidade e o de robalo o menor. Nos

fiambres com peixes capturados no inverno, é sempre o fiambre de robalo o que apresenta uma maior tonalidade.

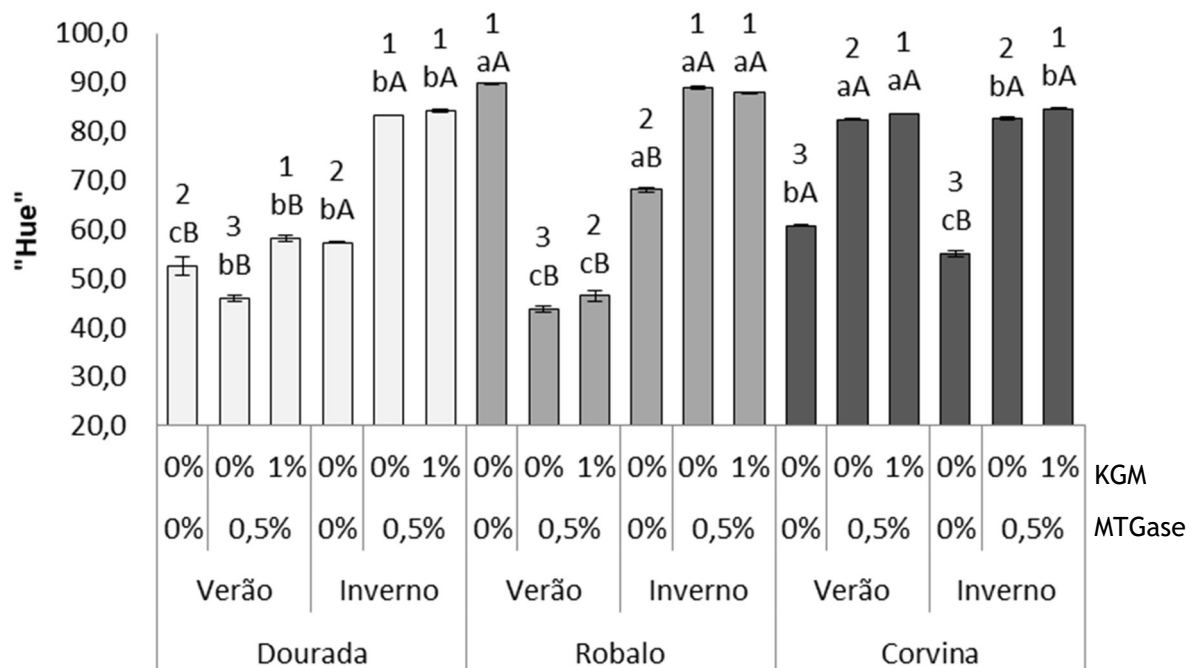


Figura 33. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no parâmetro “hue” da cor dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A época de captura teve influência sobre o parâmetro “hue”, verificando-se que para os fiambres de dourada e robalo, capturados no inverno, registaram-se os maiores valores de “hue”, à exceção do fiambre de robalo sem MTGase e sem KGM. Os fiambres de corvina não foram influenciados pela época de captura exceto o fiambre sem MTGase e KGM que, com corvina capturada no inverno, tem um valor menor quando comparado com o de corvina capturada no verão.

A cor e a aparência são particularmente importantes para a aceitação pelo mercado dos produtos da pesca (Haard, 1992). A cor do músculo do peixe depende de um conjunto diversificado de pigmentos, carotenóides e hemepigmentos (Hui *et al.*, 2006), da estrutura física do músculo, da quantidade de água não ligada que influencia a dispersão da luz (Chéret *et al.*, 2005) e ainda, segundo Gouveia *et al.* (2002), do seu conteúdo de gordura. Por exemplo, Izquierdo *et al.* (2005) e Montero *et al.* (2005), em músculos de dourada e robalo, detetaram diferenças nos parâmetros de cor em peixes alimentados com dieta enriquecida com óleo de linhaça e outros com dieta contendo óleo de peixe. Izquierdo *et al.* (2005), em douradas, obtiveram valores de L* entre 44,10 e 45,15, de a* entre -0,57 a 0,62 e de b* entre -2,34 e -1,32. Segundo Montero *et al.* (2005), apenas o robalo alimentado com uma dieta rica em óleo

de colza apresentou o músculo com coloração mais amarelada quando comparado com robalo alimentado com 100% de óleo de peixe. Já Poli *et al.* (2006), em filetes de robalo obtiveram valores de $L^* = 39,07$, de $a^* = 0,06$ e de $b^* = -3,56$. Em corvina de aquacultura, Hernández *et al.* (2009), verificaram que estas, no primeiro dia após o abate, apresentavam um valor de $L^* = 43,95$, de $a^* = -1,01$ e de $b^* = -5,48$. Teixeira *et al.* (2014), em filetes de robalo obtiveram valores de “whiteness” (brancura), cromaticidade e “hue” (tonalidade) de 70,9, 10,0 e 55,9, respetivamente.

Contudo, após a cozedura dão-se alterações de cor no músculo do pescado que se devem principalmente a modificações na matriz proteica gerada pela desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (Erkan *et al.*, 2010a; Yagiz *et al.*, 2009). Solo-de-Zaldívar *et al.* (2015), em géis de pescada do Cabo (*Merluccius capensis*), constataram que no lote controlo (sem adição de óleo e sal), a luminosidade aumentou significativamente após pasteurização, o que é consistente com o reforço da rede proteica induzido pelo calor a alta temperatura (Herranz *et al.*, 2012b).

Andrés-Bello *et al.* (2011), em produtos reestruturados (a frio) de dourada, obtiveram valores de luminosidade (68,7 a 72,6) e de a^* (-9 a -2,0) significativamente inferiores aos obtidos nos fiambres de dourada deste estudo. Os valores obtidos para o parâmetro cromaticidade (entre 11,8 a 13,8) vão de encontro aos obtidos neste estudo, mas os valores de tonalidade ou matiz, (entre 93,7 e 100,3) foram muito mais elevados que o do presente estudo.

Ribeiro (2011), em produtos gelificados de corvina obteve valores de brancura semelhantes aos obtidos nos fiambres de corvina deste estudo, enquanto que os valores de vermelho-verde (entre -2,69 e -1,94), amarelo-azul (entre 5,43 e 7,00) e de cromaticidade, foram inferiores.

Para Grigorakis *et al.* (2003), o aumento da gordura muscular gera uma cor mais branca do músculo. Esta tendência pode explicar o facto dos fiambres de robalo e de dourada terem-se mostrado mais brancos e os de corvina mais escuros (polpa com menor conteúdo em gordura). Os resultados em relação ao parâmetro vermelho-verde não foram conclusivos e em relação ao eixo amarelo-azul verificou-se que na maior parte dos fiambres, os de corvina e os de robalo foram, respetivamente, os mais e menos amarelados. Quanto à saturação ou cromaticidade, nos fiambres com MTGase e sem ou com KGM, foram os fiambres de corvina capturada no verão e nos fiambres de robalo capturado no inverno que se registaram, respetivamente, maiores e menores valores de saturação. No geral, foram os fiambres de corvina que apresentaram menor brancura face aos fiambres das outras espécies. Os valores mais elevados de tonalidade foram obtidos, na generalidade, nos fiambres de robalo,

capturado no verão sem adição de MTGase e KGM e no capturado no inverno com MTGase sem e com KGM. Nas espécies capturadas no verão, os fiambres de corvina com 0,5 % de MTGase, sem e com KGM, exibiram os valores de tonalidade mais elevados e os de robalo os menores.

Também se constataram alguns efeitos da época de captura sobre os parâmetros de cor. Quanto à luminosidade, à exceção do fiambre de corvina com MTGase e KGM, os fiambres exibiram menor luminosidade com polpas obtidas no verão. Já o parâmetro vermelho-verde foi o que revelou uma maior influência da época de captura. As espécies capturadas no verão proporcionaram aos fiambres sem MTGase e KGM uma cor menos vermelha, verificando-se o contrário nos fiambres aos quais foram adicionados MTGase sem ou também com KGM. O parâmetro amarelo-azul também sofreu a influência da época de captura, mas não de uma forma regular. Analisando num todo verificou-se que os fiambres com dourada capturada no verão e os com corvina capturada no inverno eram menos amarelados. Nos fiambres de dourada capturada no verão e, no geral, nos de corvina capturada no inverno, registaram-se valores de saturação mais baixos e portanto evidenciaram uma cor menos saturada que os fiambres das outras espécies. Os menores valores de saturação foram detetados nos fiambres produzidos com dourada capturada no verão e com robalo capturado no inverno, sem MTGase e sem KGM. A época de captura teve influência sobre a brancura de alguns fiambres. Os fiambres com menor brancura foram obtidos com polpa de corvina capturada no verão, sem e com MTGase, e com polpa de dourada capturada no inverno, com adição de MTGase e KGM. A tonalidade apresentou uma tendência idêntica à verificada para a saturação, exceto nos fiambres de corvina, que em função da época de captura, não evidenciaram grandes diferenças.

7.2.3.2 Influência da MTGase e do KGM

A luminosidade dos fiambres, foi pouco ou nada afetada pela adição de MTGase e de KGM nos fiambres (Figura 28). A adição destes dois ingredientes não induziu a diferentes luminosidades nos fiambres de dourada ou de corvina, capturadas no verão, nem nos fiambres de robalo capturado no inverno. Nos fiambres de dourada capturada no inverno e nos fiambres de robalo capturado no verão, apenas a adição de KGM levou a uma diminuição deste parâmetro de cor. Foi nos fiambres de corvina capturada no inverno, com MTGase sem e com KGM onde se registaram os valores de luminosidade significativamente mais baixos.

Os fiambres das três espécies em estudo, capturadas no inverno, sem adição de MTGase e KGM, eram mais vermelhos dos que os fiambres correspondentes com espécies capturadas no verão (Figura 29). Porém, a adição de MTGase produziu uma diminuição do tom

avermelhado nos fiambres de dourada e de robalo capturados no inverno e nos fiambres de corvina, independentemente da época de captura. A adição de KGM também provocou diminuição do tom avermelhado dos fiambres de dourada capturada no verão. Pelo contrário, a adição de MTGase e KGM produziu um avermelhamento nos fiambres de robalo capturado no verão e mais especificamente a adição de KGM no fiambre de robalo capturado no inverno. Nos fiambres de corvina, das duas épocas de captura, a adição de MTGase provoca uma diminuição do tom avermelhado e, a introdução de KGM, intensificou essa diminuição nos fiambres de corvina capturada no inverno. De todos os fiambres, foram os fiambres de corvina capturada no inverno, sem adição de MTGase e KGM, que exibiram uma cor mais avermelhada.

O valor amarelo-azul também foi influenciado pela introdução de MTGase e KGM nos fiambres. Na observação dos resultados apresentados na Figura 30, pode-se concluir que, de um modo geral, a adição de MTGase promoveu um aumento do tom amarelo dos fiambres. Foram exceções os fiambres de dourada e de robalo capturados no verão, cujo valor amarelo-azul baixou significativamente. A adição de KGM promoveu o aumento da intensidade da cor amarela em todos os fiambres.

A saturação apresentou um comportamento idêntico ao do eixo amarelo-azul (Figura 31). Nos fiambres de corvina sem adição de MTGase e KGM não se registaram diferenças na saturação da cor dos fiambres. De um modo geral, a adição de MTGase promoveu um aumento na intensidade da cor dos fiambres, à exceção dos fiambres de dourada e de robalo capturados no verão, cujo valor baixou significativamente. Mais uniformes foram os resultados obtidos nos fiambres com adição de KGM, onde se verificou que na maioria dos fiambres a pureza da cor aumentou significativamente. Ao contrário dos fiambres de corvina, nos fiambres de dourada capturada no inverno detetaram-se tons de cor mais puros comparados com os obtidos com dourada capturada no verão. A pureza da cor dos fiambres de robalo evidenciou a mesma tendência que nos fiambres de dourada com a exceção do fiambre sem adição de MTGase e KGM com robalo capturado no verão, com uma pureza de cor significativamente superior à do fiambre de robalo capturado no inverno.

A brancura dos fiambres (Figura 32) obtidos com as espécies capturadas no verão, não sofreu diferenças significativas com a adição de MTGase e de KGM, mas com as espécies capturadas no inverno, observou-se uma diminuição com a adição de qualquer um destes ingredientes.

No geral, a adição de MTGase nos fiambres aumentou significativamente a tonalidade exceto no fiambre de dourada e de robalo, capturados no verão, onde se verificou uma diminuição significativa neste parâmetro de cor (Figura 33). Quanto ao KGM, a sua adição

produziu um aumento da tonalidade da cor dos fiambres exceto nos fiambres de dourada e robalo capturado no inverno em que não se verificou qualquer efeito.

Estatisticamente, analisando os resultados do Apêndice 3 (da Tabela 8 à Tabela 13), verificou-se que para os parâmetros de cor dos fiambres de dourada foi a época de captura que apresentou maior significância, exceto a brancura cuja interação dos fatores revelou maior influência. Nos fiambres de robalo, a época de captura teve uma influência significativa sobre a luminosidade, a formulação sobre a brancura e nos restantes parâmetros foi a interação entre os dois fatores que mais influenciou os resultados obtidos. Nos fiambres de corvina foram as formulações o fator que maior significância teve sobre os parâmetros de cor obtidos.

O tratamento térmico a que os fiambres foram sujeitos, por si só provoca alterações na cor nomeadamente nos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* . Nowsad, Kanoh & Niwa (2000), compararam polpa de peixe não cozida com polpa gelificada termicamente e verificaram que a luminosidade aumentou com o tratamento térmico (90 °C, 15 min), mas o tom vermelho e o tom amarelo diminuíram.

Como já referido anteriormente, a luminosidade dos fiambres foi pouco ou nada afetada pela adição de MTGase e de KGM. Porém, nos fiambres de corvina capturada no inverno o efeito de escurecimento da MTGase pode significar, um menor nível de desnaturação proteica dos géis que a continham pois, segundo Cardoso *et al.* (2009), Kumazawa *et al.* (1993) e Morales *et al.* (2001), as ligações proteicas -amino-(γ -glutamil)-lisina, catalisadas pela MTGase, criam redes proteicas mais densas durante o “setting”, podendo evitar deste modo a desnaturação proteica durante a cozedura.

Num estudo sobre a obtenção de géis de robalo (Cardoso *et al.*, 2011a), a adição de MTGase em géis de robalo (*D. labrax*) provocou um abaixamento do tom vermelho (menor valor de a^*), tal como se verificou nos fiambres com as espécies capturadas no inverno, não influenciou os tons amarelados (parâmetro b^*) e produziu um aumento da cromaticidade tal como nos fiambres, exceto no fiambre de dourada e robalo capturados no verão. Por sua vez, a adição de KGM provocou um aumento da cor vermelha, verificando-se estes resultados nos fiambres de robalo (capturado no verão ou no inverno), mas não influenciou o tom amarelo nem a cromaticidade. Estes últimos resultados não vão de encontro aos obtidos nos fiambres do presente estudo. A adição de MTGase (exceto nos de dourada e robalo capturados no verão) e de KGM provocou um aumento do tom amarelado dos mesmos, apresentando a cromaticidade um comportamento idêntico.

Ao investigar o efeito de diferentes níveis de adição de KGM na cor de géis de surimi de carpa, Xiong *et al.* (2009) obtiveram valores de luminosidade muito próximos aos de brancura. Estes autores constataram uma diminuição da brancura com a adição de KGM, tornando-se a

cor dos géis mais escura. Este comportamento também se verificou para a branca nos fiambres com adição de KGM, com as espécies capturadas no inverno. Quanto aos valores de a^* e b^* , Xiong *et al.* (2009), obtiveram pouca variação e também se constatou baixa saturação da cor em todos os géis.

Kaewudom *et al.* (2013), não registaram diferenças significativas para a branca em géis de baga delagoa (*Nemipterus bleekeri*), com diferentes adições de MTGase (0 %; 0,4 %; 0,8 %; 1,2 %). Estes resultados foram semelhantes aos que se verificaram nos fiambres deste estudo obtidos com as espécies capturadas no verão.

As alterações de cor que se verificaram nos fiambres podem estar relacionadas com vários fatores já anteriormente referidos. Entre outros, o conteúdo em pigmentos das polpas, resultante da dieta a que os peixes foram submetidos, o conteúdo em gordura, o nível de desnaturação da proteína, durante a cozedura e a quantidade de água não ligada, no produto final, podem explicar os resultados obtidos. No entanto, os resultados obtidos na cor dos fiambres não são muito relevantes. A cor é um dos aspetos físicos dos fiambres que pode ser manipulado com adição de corantes derivados de fontes naturais, desde que, pela legislação em vigor, seja permitida a sua utilização.

7.2.4 Textura

A obtenção de fiambres de pescado foi um desafio tecnológico, no qual foi imprescindível estudar a influência da espécie, da época de captura e dos diferentes ingredientes adicionados de modo a procurar a melhor combinação para obter uma textura apetecível dos produtos finais.

A espécie, a época de captura e adição de MTGase e de KGM tiveram influência sobre os vários parâmetros de textura estudados nos fiambres produzidos. Os dados referentes aos parâmetros de textura dos fiambres encontram-se apresentados com maior detalhe nas Tabelas 14, 15, 15, 16, 17, 18 e 19 do Apêndice 3. Para permitir uma mais fácil apresentação e discussão dos resultados, os parâmetros analisados de textura foram separados por secções correspondentes aos testes analíticos pelos quais foram obtidos. Para os parâmetros de textura a apresentação dos resultados, onde se justificar, será separada entre a influência da espécie e da época de captura da influência da adição de MTGase e de KGM. A discussão dos resultados apresenta-se após estes subcapítulos.

7.2.4.1 “Folding test”

No teste de dobragem (“folding test”) todas as amostras dos diferentes fiambres foram classificadas como de grau 5 (não romperam quando dobradas em quadrantes) e portanto não

apresentaram diferenças significativas entre si. Logo, para este parâmetro de textura não se verificou influência da espécie, da época de captura nem da adição da MTGase e do KGM. O facto de se ter registado o grau máximo de dobragem em todos os fiambres é indicativo de que todos apresentam géis de qualidade aceitável.

7.2.4.2 Deformação à rutura, força à rutura, força de gel e trabalho à rutura

No teste de penetração, mediu-se a deformação à rutura (mm), a força à rutura (N) e da multiplicação destes dois parâmetros, calculou-se a força de gel (N.mm), cujos resultados se encontram nas Figuras 34, 35 e 36 respetivamente. Os resultados obtidos no trabalho à rutura encontram-se na Figura 37.

7.2.4.2.1 Influência da espécie e da época de captura

De um modo geral foram nos fiambres com polpa de corvina que se registaram os valores de deformação à rutura mais elevados, embora nos fiambres de robalo capturado no verão não se tenham obtido diferenças significativas com os fiambres de corvina capturadas na mesma época (Figura 34). Os fiambres com douradas capturadas no verão exibiram os valores mais baixos para este parâmetro de textura. Com as espécies capturadas no inverno, nos fiambres com polpa de corvina obtiveram-se valores significativamente superiores aos dos outros fiambres.

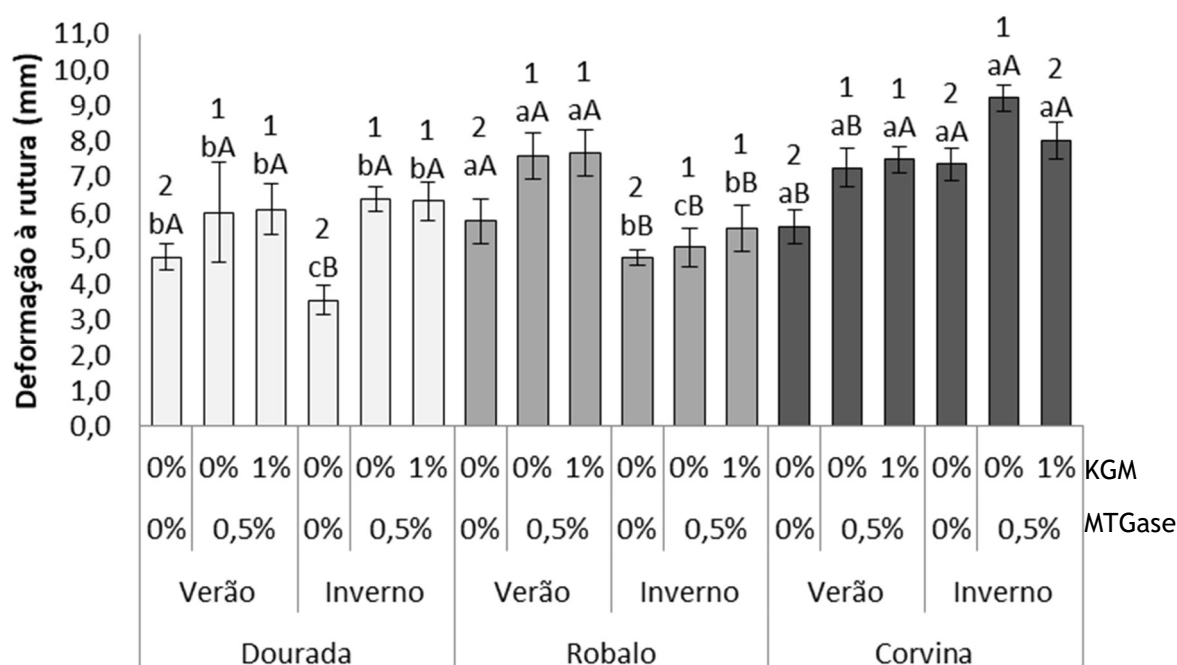


Figura 34. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na deformação à rutura dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Em relação à influência da época de captura sobre a deformação à rutura, verificou-se que foram os fiambres de robalo capturado no verão e os fiambres de corvina capturada no inverno que exibiram os valores mais elevados. Nos fiambres de dourada apenas se verificou influência da época de captura nos fiambres sem adição de MTGase e KGM, tendo-se constatado um valor significativamente superior nos fiambres com dourada capturada no verão.

Sobre a força à rutura (Figura 35), constatou-se que foi o fiambre de corvina e o de dourada, respetivamente, que manifestaram os valores mais elevados e os mais baixos. Na generalidade, o inverno foi a época de captura que promoveu valores mais elevados na força à rutura nos fiambres de dourada e de corvina, enquanto que no de robalo, foi o verão.

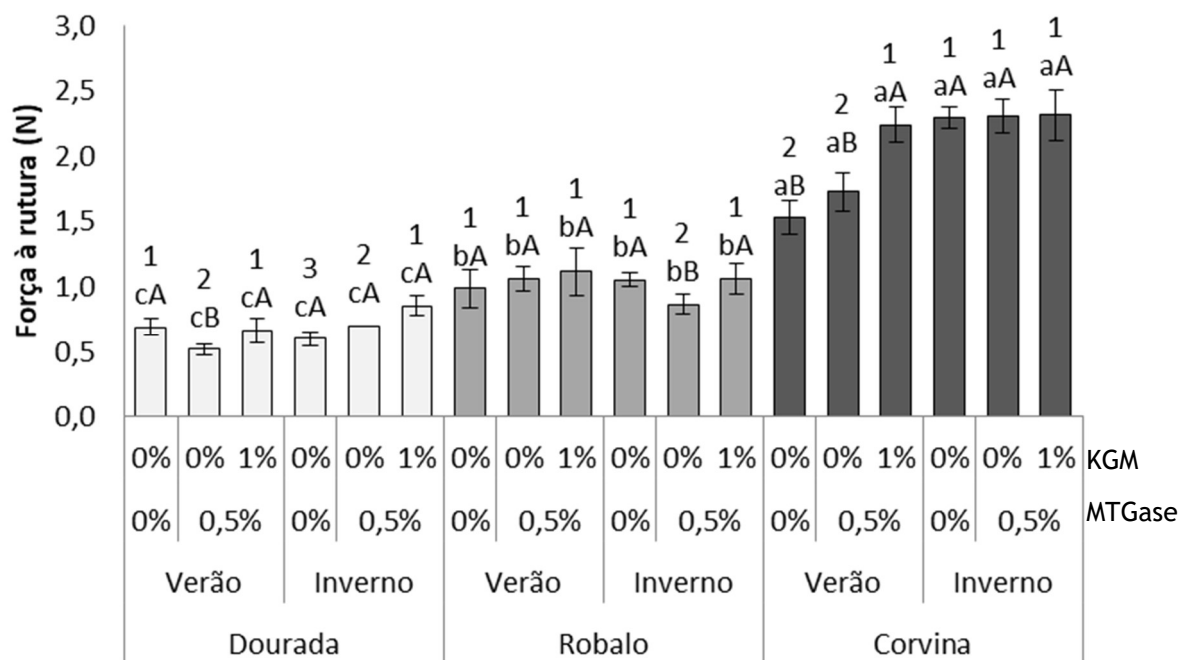


Figura 35. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na força à rutura dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A força de gel é um parâmetro de textura fundamental que determina a qualidade dos géis de surimi. Das espécies em estudo, foi a corvina, independentemente da formulação, que permitiu obter fiambres com maior força de gel (Figura 36). Todos os fiambres com polpa de dourada exibiram menor força de gel, assim como os fiambres com polpa de robalo capturado no inverno, com MTGase e sem ou com KGM. A época de captura teve influência nos valores obtidos nos fiambres de robalo e de corvina, tendo-se registados os valores mais elevados para

a força de gel nos fiambres de robalo capturado no verão e nos fiambres de corvina capturada no inverno. A época de captura não teve influência nos fiambres de dourada.

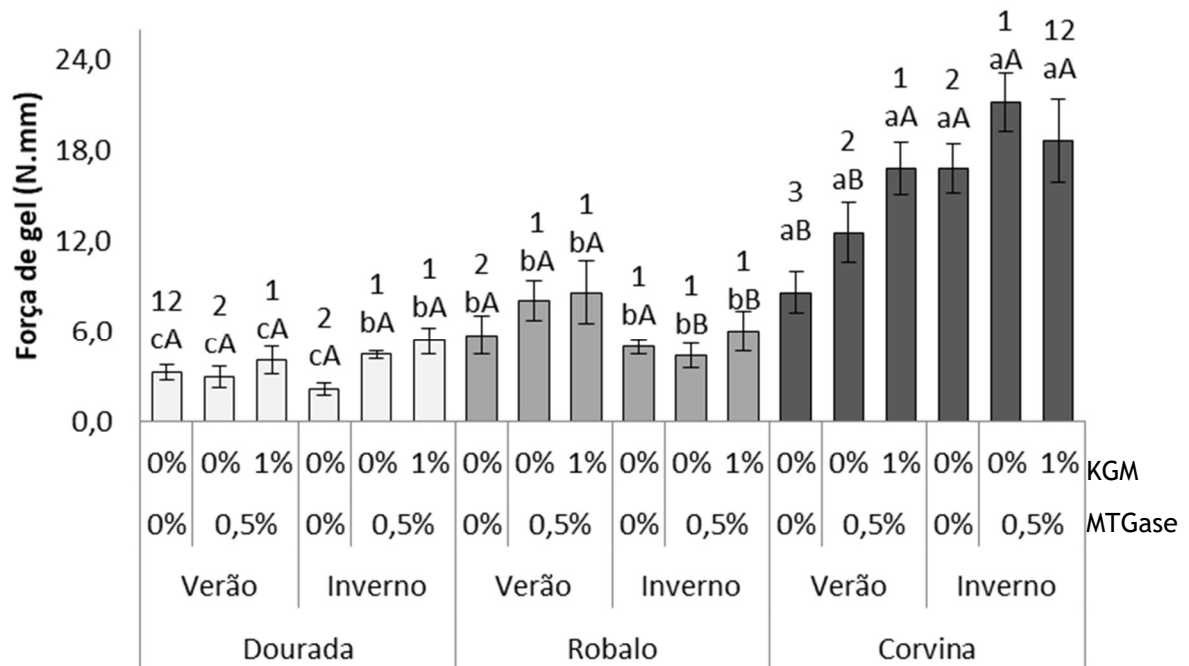


Figura 36. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na força de gel dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A força de gel também foi estudada pelo trabalho à rutura, representado pela área abaixo da curva força-deformação até ao ponto em que é alcançada a força máxima à rutura (Lawrence, 2015; Ma *et al.*, 2015; Pons & Fizmaw, 1996) (Figura 37).

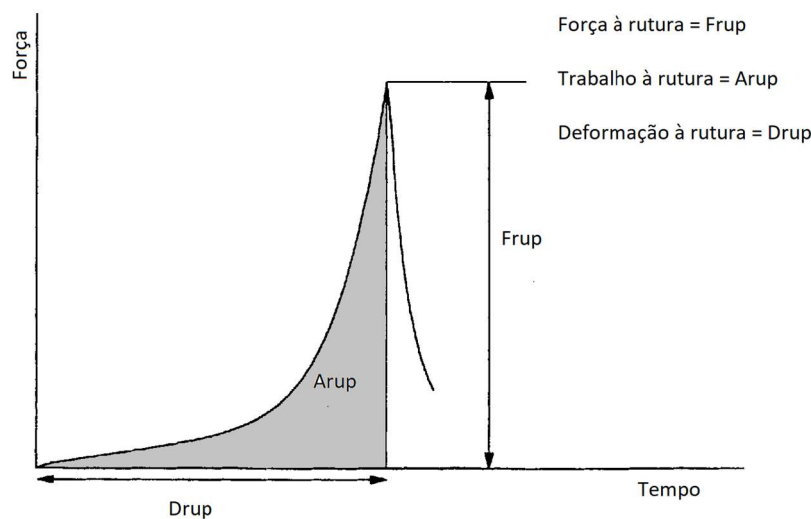


Figura 37. Teste de compressão até à rutura. Adaptado de Pons & Fizmaw (1996).

Na Figura 38 podem-se analisar os resultados obtidos para o trabalho à rutura e que são semelhantes aos obtidos na força de gel. A única diferença é que no trabalho à rutura também se verificou a influência da época de captura nos fiambres de robalo sem MTGase e KGM. Para esta formulação, os fiambres de robalo capturado no verão apresentaram trabalho à rutura significativamente inferior ao fiambre de robalo capturado no inverno.

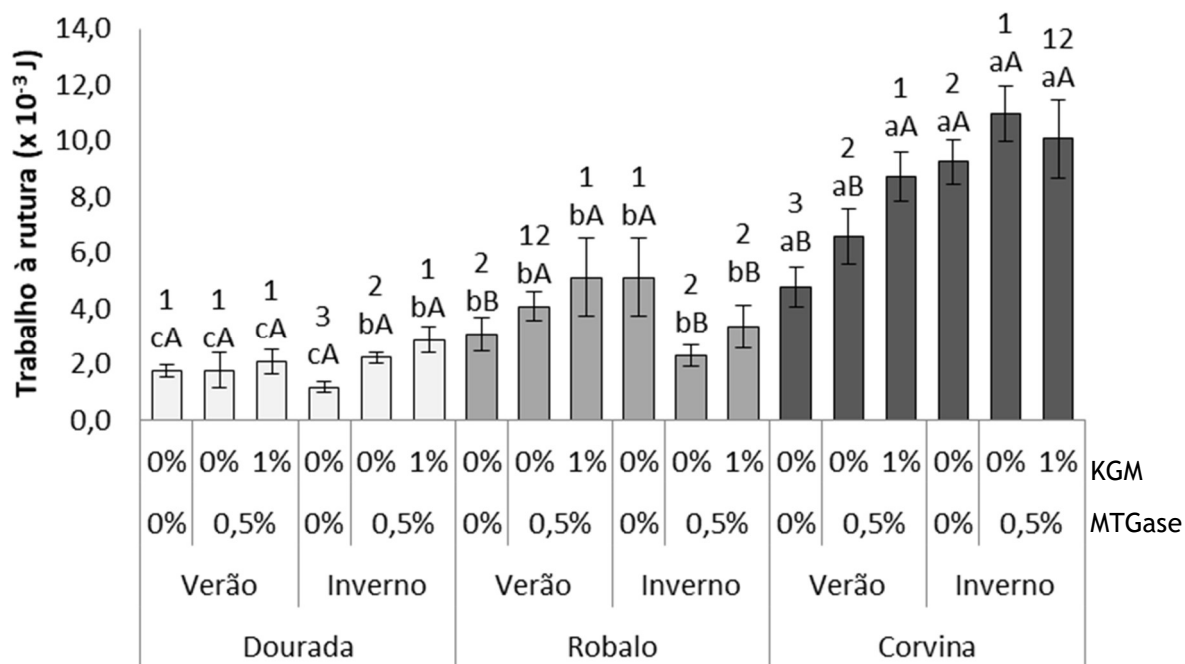


Figura 38. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações no trabalho à rutura dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

A textura dos músculos dos peixes depende de vários fatores biológicos intrínsecos que estão relacionados com a densidade das fibras musculares e envolvem tanto o teor de gordura como o de colagénio (Hernández *et al.*, 2009; Kiessling, Ruohonen & Bjørnevik, 2006).

Neste estudo, se compararmos os teores de gordura livre das polpas (Figura 26) com os resultados obtidos na força de gel dos respetivos fiambres, verifica-se que quanto menor o conteúdo em gordura das polpas, maior a força de gel obtida nos respetivos fiambres. De facto, verifica-se que é a polpa de corvina de inverno que apresenta menor conteúdo em gordura e são nos fiambres respetivos que se registam os maiores valores de força de gel. O conteúdo em gordura e os valores da força de gel dos restantes fiambres acompanham esta tendência. Inclusive as polpas de douradas, que apresentam o maior conteúdo em gordura e sem diferenças significativas entre as épocas de captura, originaram fiambres com a menor força de gel e também sem diferenças significativas entre as épocas de captura.

A possível interferência do conteúdo em gordura da polpa na formação da rede proteica durante o processamento é sustentada pelos estudos de Gómez-Guillén & Montero (1996) e Gómez-Guillén, Borderías & Montero (1997), que obtiveram géis de pior qualidade com a sardinha com um conteúdo de gordura mais elevado (9,6 % vs. 4,3 %). Também Park & Lin (2005), em peixes com teores elevados de gordura e muito músculo escuro, sugerem que a gordura pode ser um obstáculo a uma adequada gelificação. Porém, Cardoso *et al.* (2012b) com douradas e robalos de aquacultura, que contêm níveis baixos de músculo escuro, verificaram que mesmo com teores de gordura elevados, estas espécies também apresentaram boa capacidade de gelificação. Estes autores, com géis de dourada de menor teor de gordura (6,1 %) do que os géis obtidos a partir de robalo (7,6 %), obtiveram valores de força de gel superiores aos dos géis de robalo (principalmente para os géis com MTGase), indicando uma maior qualidade em termos de textura.

As polpas de dourada obtidas no presente estudo revelaram um teor de gordura superior aos das polpas de robalo, independentemente da época de captura, e os géis resultantes apresentaram também comportamento oposto, exibindo os fiambres com polpa de dourada uma menor força de gel e menor trabalho à rutura do que os fiambres de robalo. Pelos resultados obtidos, pode-se assumir que as espécies com teores mais baixos de gordura parecem apresentar maior capacidade para obtenção de géis com maior força de gel. Foi com polpa de corvina que se obtiveram os valores maiores de força de gel e de trabalho à rutura e a corvina foi a espécie, independentemente da época de captura, onde se registou menor conteúdo em gordura.

Os diferentes fatores que influenciam a textura do músculo do pescado ainda não são totalmente compreendidos, mas vários estudos demonstram que também existe uma relação entre a textura e a celularidade do músculo branco (densidade e área das fibras musculares) (Johnston *et al.*, 2000; López-Albors *et al.*, 2008); Periago *et al.*, 2005, Valente *et al.*, 2011) sugerindo que a densidade e a área da fibra muscular podem influenciar as propriedades texturais da carne (Hurling, Rodell & Hunt, 1996). Alguns estudos mostraram uma relação entre as fibras musculares e a textura da polpa, sugerindo que espécies com mais fibras de menor tamanho apresentaram maior dureza da polpa (Johnston *et al.*, 2000; Periago *et al.*, 2005). Periago *et al.* (2005), através de métodos instrumentais, encontraram uma correlação positiva entre a densidade da fibra e vários parâmetros texturais no robalo. A análise de outras espécies de peixes confirmou que existe uma relação inversa significativa entre o diâmetro da fibra e a firmeza sensorial característica das espécies de peixes (Hatae *et al.*, 1990; Hurling, Rodell & Hunt, 1996). Num estudo sobre a celularidade do músculo branco, Pereira *et al.* (2014), verificaram que os filetes de corvina apresentaram um maior número de fibras

menores e maior densidade, apresentando uma maior dureza e significativamente diferente da dureza observada nos filetes de dourada.

Os resultados obtidos nos estudos pesquisados, permitem-nos sugerir que a corvina apresenta um músculo com maior densidade e área das fibras musculares menores do que o músculo de robalo e de dourada, o que lhe permitiu obter fiambres com valores maiores em alguns parâmetros de textura, nomeadamente a força de gel. No obstante, esta suposição pode ser posta em causa pelo facto da mistura dos ingredientes, para obtenção de fiambre, ter sido realizada numa misturadora com um conjunto de facas, e submetidos por 2 minutos a 1420 rpm e 2 minutos a 2800 rpm. Neste processamento é natural que as fibras musculares das polpas tenham sido total ou parcialmente destruídas e portanto, ser irrelevante a importância das características das fibras para as propriedades texturais dos géis.

7.2.4.2.2 Influência da MTGase e do KGM

A adição de MTGase provocou um aumento da deformação à rutura em todos os fiambres de todas as espécies em estudo (Figura 34). O acréscimo de KGM não conduziu a diferenças significativas nos fiambres exceto no fiambre de corvina capturada no inverno, que originou uma redução deste parâmetro, igualando-o ao valor do fiambre de corvina também sem adição de MTGase.

Através dos valores obtidos para a força à rutura, do teste de penetração (Figura 35), constatou-se que, enquanto nos fiambres de dourada capturada no verão e de robalo capturado no inverno, a adição de MTGase diminuiu a força à rutura, com dourada capturada no inverno verificou-se o inverso. Nos restantes fiambres a adição de MTGase não teve uma influência significativa sobre a força máxima à rutura. A adição de KGM promoveu um aumento significativo da força à rutura nos fiambres exceto nos de robalo capturado no verão e no de corvina capturada no inverno. Foi nos fiambres de corvina que se verificaram os valores mais elevados para este parâmetro de textura.

Nos fiambres de dourada capturada no inverno, de robalo capturado no verão e de corvina (capturado no verão e inverno), a força de gel aumentou significativamente com a adição de MTGase. O efeito da adição de KGM apenas se evidenciou nos fiambres de dourada e de corvina, capturadas no verão, que apresentaram uma força de gel maior. Os fiambres de corvina foram os que apresentaram os valores mais elevados de força de gel, especialmente os obtidos com polpas obtidas no inverno. Enquanto nos fiambres com corvina capturada no verão é evidente o contributo da MTGase e do KGM no aumento da força de gel, nos fiambres com polpas obtidas no inverno apenas se evidencia o contributo da MTGase.-

Embora se encontre a mesma tendência que se identifica na força de gel, com o trabalho à ruptura (Figura 38), é possível verificar-se que se evidencia mais a influência da MTGase e do KGM nos fiambres de dourada capturada no inverno, originando estes dois ingredientes valores significativamente superiores. Nos fiambres de robalo capturado no inverno, o trabalho à ruptura diminui significativamente com a adição de MTGase sem e com KGM. O comportamento deste parâmetro é idêntico ao da força de gel dos fiambres de corvina.

Sabe-se que a obtenção de produtos gelificados requer a adição de 2 – 3 % de sal para promover a solubilização e extração de proteínas miofibrilares (Uresti *et al.*, 2004), que vão atuar como agente de ligação. No entanto, é possível reduzir a quantidade de sal adicionado e evitar a perda de qualidade (principalmente textura e CRA) através da adição de MTGase (Ramírez *et al.*, 2007). A adição de MTGase pode afetar a solubilidade provocando profundas alterações nas proteínas em matrizes alimentares (Ando *et al.*, 1989; Damodaran & Agyare, 2013; Gaspar & de Góes-Favoni, 2015; Kuraishi, Yamazaki & Susa, 2001; Zhu *et al.*, 1995). A MTGase promove as ligações cruzadas entre as proteínas, melhorando as propriedades texturais de produtos reestruturados de peixe (Cardoso *et al.*, 2007b; Téllez-Luis *et al.*, 2002).

Em produtos reestruturados obtidos a partir de pasta de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), por meio de massagem e cozedura em formas-prensas de fiambre, Ramírez *et al.* (2002), constataram que a MTGase precisou da adição de NaCl para melhorar as propriedades mecânicas desses produtos reestruturados. Neste estudo, 0,3 % de MTGase e 1 % de NaCl permitiram obter produtos reestruturados de peixe com bons atributos texturais e funcionais.

O efeito da adição de sal e de MTGase em géis de robalo (*D. labrax*) foi estudado por Cardoso *et al.* (2010b) verificando-se que a adição de MTGase e de sal, ambos, tiveram um efeito favorável na textura e cujo efeito foi particularmente importante na força de gel, que atingiu $64,3 \pm 8,1$ N.mm, um valor comparável aos de surimi de melhor qualidade. Além disso, a MTGase requereu a adição de sal ao produto para que o seu efeito fosse sentido, no entanto apenas uma quantidade mínima (0,25 %, p/p) foi suficiente. A adição de MTGase permitiu reduzir o teor de sal para 1,0 % (p/p), sem perda significativa de qualidade textural dos géis.

Pelos resultados obtidos no presente estudo pode-se afirmar que a adição de 1,25 % de NaCl e de 0,5 % de MTGase, nos fiambres das diferentes espécies e épocas de captura em estudo, foi suficiente para promover a solubilização, a extração e as ligações cruzadas entre as proteínas, obtendo-se fiambres de peixe com boas características texturais.

Além da adição de MTGase também se sabe que a presença de KGM pode formar um gel forte, elástico, estável ao calor, quando aquecido com uma solução alcalina fraca (Dave *et*

al., 1998). A desacetilação do KGM com um agente alcalino induz alterações na estrutura molecular deste polímero que facilitam a formação de ligações de hidrogénio e também interações hidrofóbicas intermoleculares, levando à formação de um gel termicamente estável (Alonso-Sande *et al.*, 2009; Alvarez-Manceñido, Landin & Martínez-Pacheco, 2008; Gao *et al.*, 2008; Maekaji, 1974; Xu *et al.*, 2007).

Liu *et al.* (2013) estudaram a influência do KGM nas propriedades do gel de um surimi de baixa qualidade e verificaram que a adição do KGM melhorou significativamente as propriedades de gel. A quantidade adicionada de KGM, a temperatura de aquecimento e o tempo de aquecimento tiveram efeitos significativos nas propriedades do gel. As condições ideais para as propriedades deste gel foram as seguintes: teor de KGM de 1,50 %, temperatura de aquecimento de 32,3 °C e tempo de aquecimento de 184,6 min. Por outro lado, Solo-de-Zaldívar *et al.* (2015), num estudo sobre o efeito da pasteurização (80 °C durante 20 min) e estabilidade durante o armazenamento refrigerado (5 °C) de produtos reestruturados de peixe com 1,25 % de KGM, verificaram que o produto reestruturado que continha sal (0,8 % de NaCl adicionado) foi o que sofreu menor influência na CRA e nas perdas por cozedura, devido a mudanças na estrutura. A adição de sal produziu uma situação iónica mais propícia às associações proteína-polissacárido, reforçando assim a rede de gel.

De um modo geral, nos fiambres obtidos no presente trabalho, a adição de MTGase parece ter tido maior influência sobre as características texturais, nomeadamente na deformação à rutura, na força de gel e no trabalho à rutura do que a adição de KGM, que apenas aumentou a força de gel nos fiambres de dourada e de corvina, capturadas no verão. A influência da adição de KGM foi mais evidente na força à rutura, tendo aumentado significativamente este parâmetro nos fiambres de dourada, nos de robalo capturado no inverno e nos fiambres de corvina capturada no verão.

7.2.4.3 Elasticidade

No teste de compressão-relaxamento, onde as amostras foram comprimidas durante um minuto, registou-se a força exercida em cada amostra e calculou-se a percentagem de elasticidade do gel.

7.2.4.3.1 Influência da espécie e da época de captura

Os resultados obtidos da elasticidade dos fiambres podem ser analisados na Figura 39. Das espécies em estudo, foi a corvina, que permitiu obter fiambres com valores de elasticidade maiores. A época de captura teve influência na elasticidade dos fiambres de dourada e robalo pois nestes fiambres registou-se maior elasticidade quando elaborados com polpas obtidas no

verão, exceto o fiambre de dourada com MTGase e KGM que não foi influenciado pela época de captura do peixe. A época de captura não teve influência na elasticidade dos fiambres de corvina.

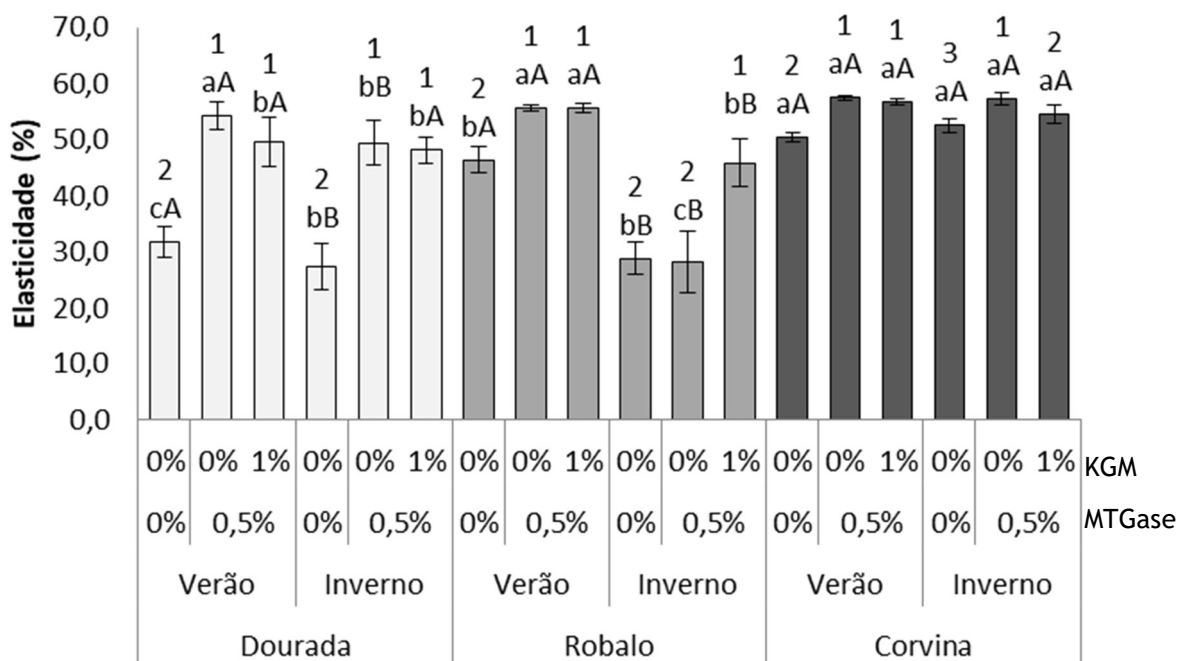


Figura 39. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na elasticidade dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

7.2.4.3.2 Influência da MTGase e do KGM

Na Figura 39 pode-se verificar que na generalidade, a adição de MTGase contribuiu significativamente para o aumento da elasticidade dos fiambres, exceto no fiambre de robalo capturado no inverno.

Têm sido realizados muitos estudos sobre a adição de MTGase a produtos com polpas de peixe, tendo-se verificado na maior parte das vezes que a MTGase contribuiu para uma melhor gelificação, aumentou a elasticidade e a firmeza do gel, minimizando as perdas de água durante o tratamento térmico (Kuraishi *et al.*, 2001). A aplicação da MTGase melhora a textura da matéria-prima catalisando a ligação cruzada entre resíduos de glutamina e lisina, aumentando a elasticidade e firmeza do gel (Góes-Favoni & Bueno, 2014).

A adição de KGM não apresentou influência na elasticidade da maioria dos fiambres, exceto um aumento significativo no fiambre de robalo capturado no inverno e uma diminuição significativa no fiambre de corvina capturada no inverno. Nos restantes fiambres, a adição de KGM levou à diminuição da elasticidade dos fiambres mas de um modo não significativo.

Porém, Huang *et al.* (2002), observaram que na presença de uma elevada concentração alcalina, a gelificação dá-se muito rapidamente mas pode apresentar um gel com menor elasticidade. Borderías *et al.* (2005) também referiram que a adição de fibras solúveis, pode causar uma grande perda de rigidez e elasticidade nos géis de proteínas musculares. Estes factos podem, hipoteticamente, explicar a diminuição da elasticidade que se registou nos fiambres de corvina capturada no inverno, com a adição de 1 % de KGM.

7.2.4.4 Dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade

No teste para a análise do perfil de textura (“two bites”), realizou-se uma compressão a 60% nas amostras de fiambre e determinaram-se os seguintes parâmetros: dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade.

7.2.4.4.1 Influência da espécie e da época de captura

Os valores de dureza mais elevados foram obtidos nos fiambres de corvina (Figura 40). Relativamente às outras espécies, nos fiambres de robalo registou-se sempre uma dureza significativamente superior à dos fiambres de dourada, exceto nos fiambres com adição de KGM com polpas obtidas no verão, que não evidenciaram diferença entre si. No geral, as três espécies quando capturadas no inverno permitiram obter fiambres com dureza mais elevada.

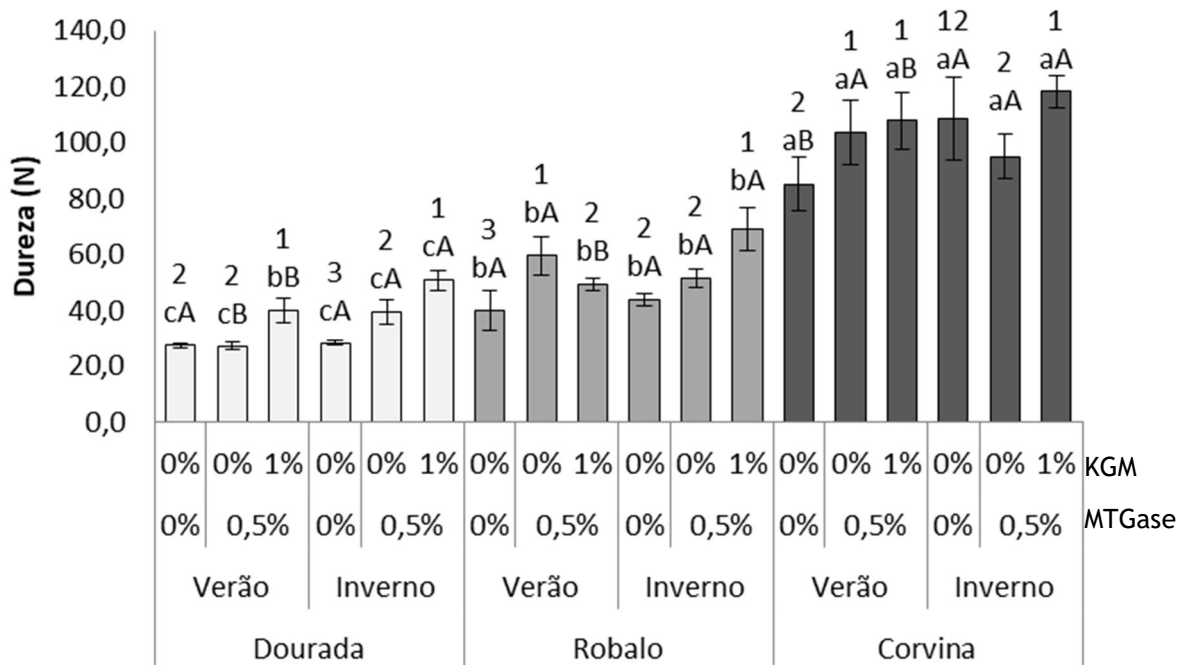


Figura 40. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na dureza dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Comparando as épocas de captura, apenas foram encontrados fiambres com dureza significativamente mais baixa quando elaborados com espécies capturadas no verão: o fiambre de dourada com MTGase o fiambre de corvina sem MTGase e KGM, e os fiambres das três espécies em estudo adicionados de MTGase e KGM.

A coesividade é um indicador fundamental da qualidade de um gel (Moreno *et al.*, 2009). Na Figura 41 pode-se observar que para a coesividade não foram encontradas diferenças significativas entre os fiambres obtidos com as espécies capturadas no verão. Com espécies capturadas no inverno, foi no fiambre de corvina que se detetou maior coesividade quando comparado com os das outras espécies. Constatou-se que no fiambre de dourada, para qualquer das formulações, obteve-se a menor coesividade, mas sem diferenças significativas com os fiambres de robalo adicionados de MTGase, sem e com KGM. Para a dourada e robalo, a época de captura que permitiu obter fiambres mais coesos foi o verão enquanto na corvina, foi indiferente a época de captura.

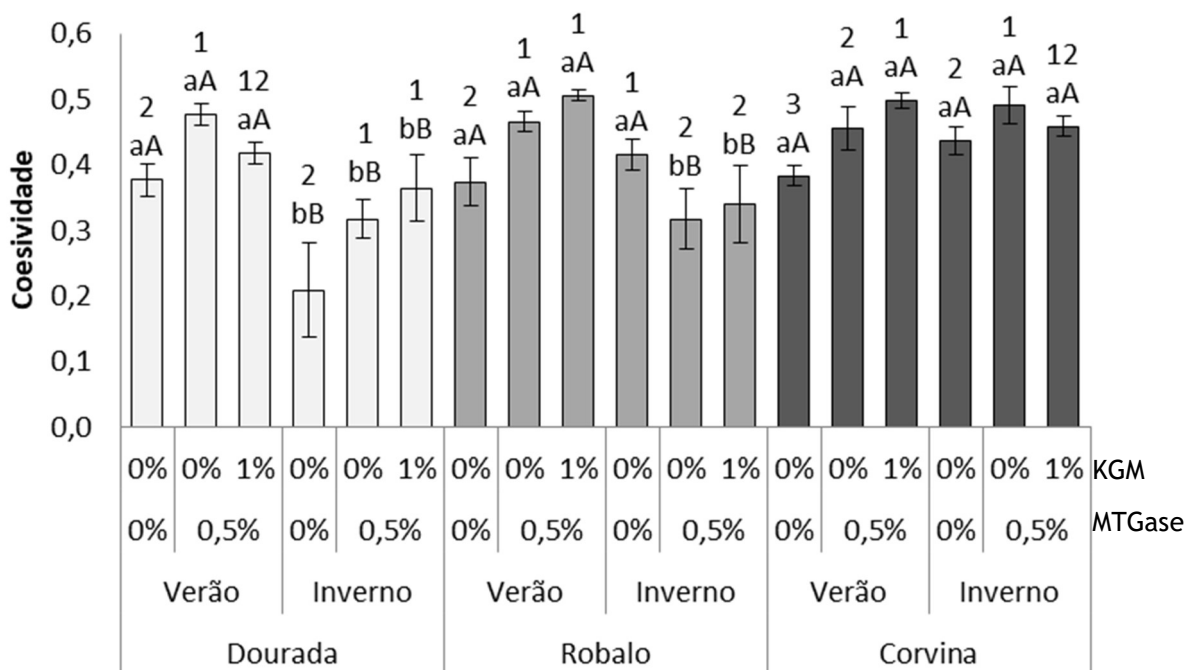


Figura 41. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na coesividade dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Os valores obtidos para a gomosidade dos fiambres, que resulta do produto entre a dureza e a coesividade, encontram-se apresentados na Figura 42. Mais influenciados pela dureza, foram os fiambres de corvina que obtiveram valores de gomosidade significativamente mais elevados e os fiambres de dourada significativamente mais baixos, independentemente da época de captura. A época de captura não teve influência significativa sobre os resultados.

Todavia, comparando as épocas de captura, observaram-se os valores mais baixos nos fiambres sem MTGase e KGM de dourada e de corvina capturadas no verão, e nos fiambres de robalo capturado no inverno com adição de MTGase.

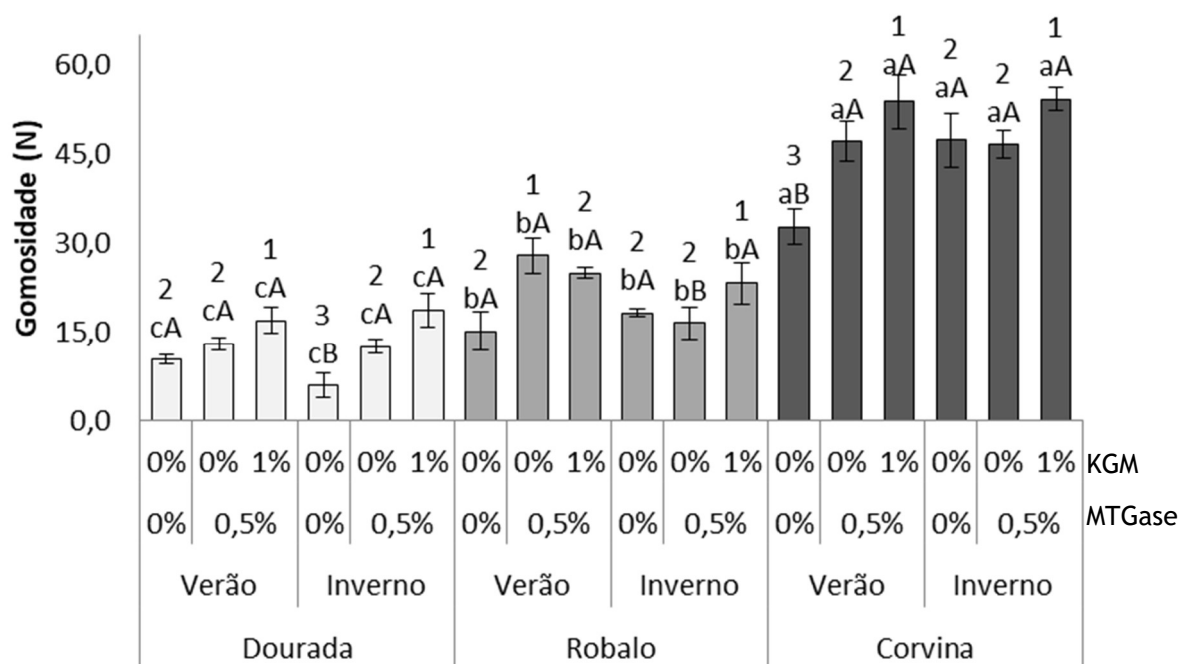


Figura 42. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na gomosidade dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

O parâmetro “springiness” reflete a capacidade de recuperação após a primeira dentada (Pons & Fiszmau, 1996). Do que se pode observar na Figura 43, entre as espécies, e sem adição de MTGase e KGM, foi nos fiambres de dourada capturada no verão e de robalo capturado no inverno, que se constataram os valores mais elevados de “springiness”. Nos fiambres com a adição de MTGase, foram detetadas diferenças significativas apenas nas espécies capturadas no inverno. O fiambre de corvina apresentou o valor mais elevado enquanto o fiambre de dourada revelou o menor. Os fiambres de corvina das duas épocas de captura, com adição de KGM também exibiram maior “springiness”.

Na generalidade, foi com douradas capturadas no verão e robalos capturados no inverno, que se obtiveram fiambres com maior capacidade de recuperação após a primeira dentada. A época de captura não teve influência na “springiness” dos fiambres de corvina.

A mastigabilidade, em termos sensoriais, é conhecida como a energia necessária para mastigar um alimento sólido até que ele esteja pronto para ser engolido. O seu cálculo resulta

da multiplicação da gomosidade pela “springiness”. Com base neste facto foi possível verificar a maior influência da gomosidade na interpretação deste parâmetro.

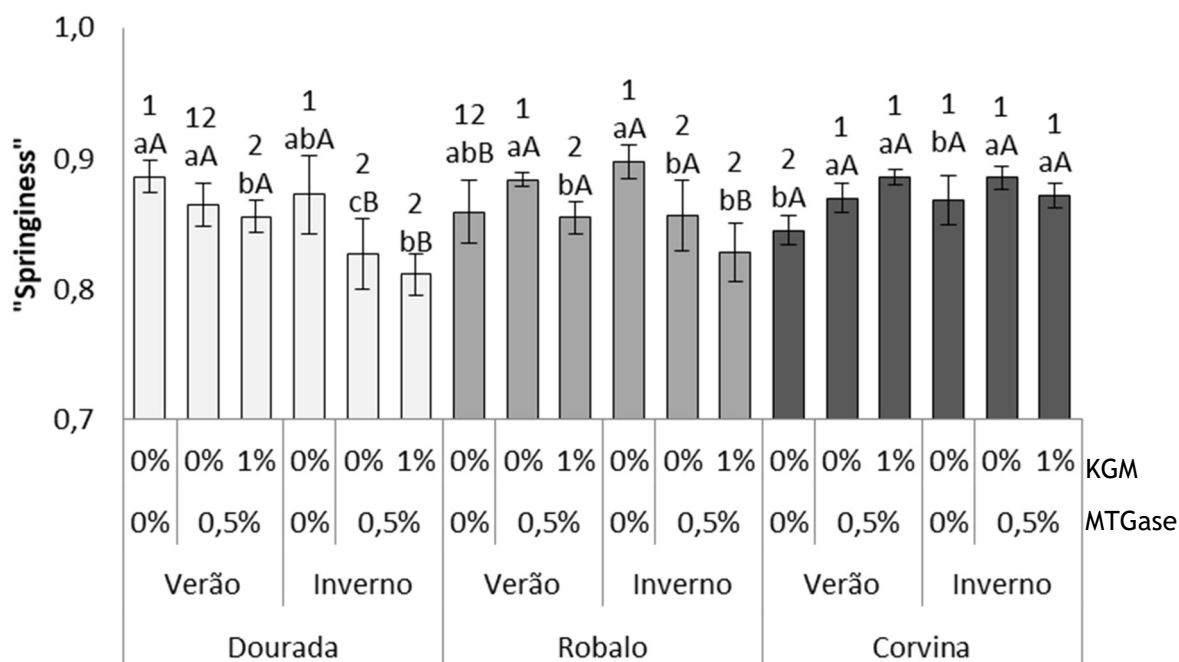


Figura 43. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na “springiness” dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

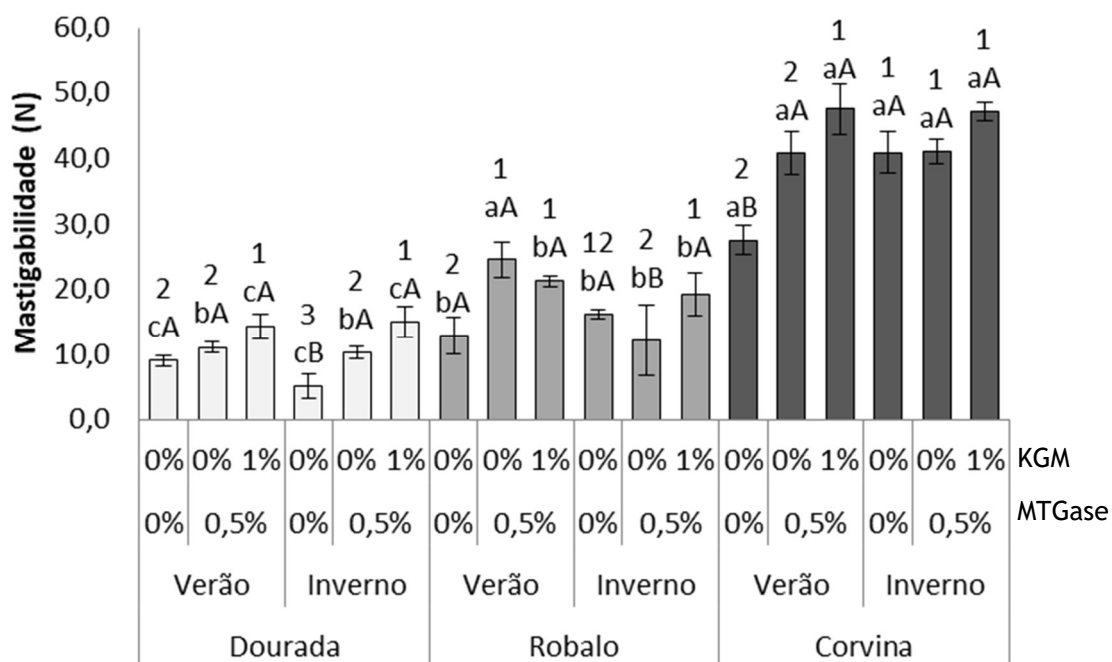


Figura 44. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na mastigabilidade dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Na observação da Figura 44 evidenciam-se os fiambres de corvina nos quais se registaram os valores mais elevados de mastigabilidade. Pelo contrário, de um modo geral foram os fiambres de dourada a apresentar os valores mais baixos. No que diz respeito à influência da época de captura, foram os fiambres de dourada e de robalo capturados no verão e de corvina capturada no inverno, que evidenciaram, para todas as formulações, uma maior mastigabilidade.

Cardoso *et al.* (2012b), com géis de dourada de menor teor de gordura (6,1 %) do que os géis obtidos a partir de robalo (7,6 %), obtiveram valores de coesividade superiores aos géis de robalo (principalmente para os géis com MTGase), indicando uma maior qualidade em termos de textura. Pelo contrário, neste estudo, nas polpas de dourada obtiveram-se teores de gordura superiores aos das polpas de robalo, independentemente da época de captura, e os géis resultantes apresentaram também comportamentos opostos aos obtidos por Cardoso *et al.* (2012b). Estes resultados reforçam a hipótese já mencionada anteriormente de que o conteúdo em gordura da polpa interfere na formação da rede proteica durante o processamento, obtendo-se géis de pior qualidade textural com um conteúdo de gordura mais elevado (Gómez-Guillén & Montero, 1996; Gómez-Guillén, Borderías & Montero, 1997). Esta hipótese é reforçada pelos resultados obtidos neste estudo, onde nos fiambres de dourada (cuja polpa tinha o maior conteúdo em gordura, nas duas épocas de captura) registaram-se os valores mais baixos na maior parte dos parâmetros de textura, nomeadamente na dureza, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, seguido pelos fiambres de robalo (com teores de gordura inferiores aos de dourada e superiores aos de corvina, independentemente da época de captura) e nos fiambres de corvina (cujas polpas tinham o menor conteúdo em gordura, nas duas épocas de captura) registaram-se os valores mais elevados.

Adicionalmente, o facto de na polpa de corvina, independentemente da época de captura, se terem registado os conteúdos mais baixos de gordura e, a hipótese da corvina apresentar um músculo com maior densidade e área das fibras musculares menores do que o músculo de robalo e de dourada, pode também explicar os resultados obtidos nos fiambres quanto à dureza, coesividade, gomosidade e mastigabilidade.

7.2.4.4.2 Influência da MTGase e do KGM

A dureza dos fiambres de dourada capturada no inverno, de robalo e corvina capturados no verão aumentou significativamente com a adição de MTGase (Figura 40). Embora nos fiambres de corvina, principalmente a capturada no inverno, se tenham registado os valores maiores de dureza, a adição de MTGase fez diminuir este parâmetro destes fiambres. Nos restantes fiambres a sua adição não provocou efeitos significativos. Quanto ao KGM, verificou-

se que a sua adição aumentou a dureza nos fiambres de dourada (das duas épocas de captura), de robalo e de corvina capturados no inverno. Nos fiambres de robalo capturado no verão, a adição de KGM induziu a uma diminuição significativa da dureza e no fiambre de corvina capturada no verão não teve nenhum efeito.

A coesividade dos fiambres das três espécies e épocas de captura sofreu um aumento significativo com a adição de MTGase, exceto no fiambre de robalo capturado no inverno no qual se verificou uma diminuição do valor deste parâmetro. A adição de KGM não teve praticamente nenhuma influência sobre a coesividade, verificando-se apenas que a sua adição aumentou significativamente este parâmetro nos fiambres de corvina capturada no verão.

A gomosidade nos fiambres de dourada capturada no inverno, e nos de robalo e corvina capturados no verão, aumentou significativamente com a adição de MTGase (Figura 42). Nos restantes fiambres a sua adição não provocou efeitos significativos. O aumento da gomosidade foi significativo em todos os fiambres quando se adicionou KGM, exceto nos fiambres de robalo capturado no verão, onde se constatou uma ligeira diminuição. Conforme se pode constatar na Tabela 19 do Apêndice 3, a formulação foi a variável que maior influencia teve nos resultados obtidos na gomosidade.

O parâmetro “springiness” também foi influenciado pela adição de MTGase e de KGM aos fiambres. Nos fiambres de dourada e de robalo capturados no inverno, constatou-se que a adição de MTGase levou a uma menor capacidade de recuperação dos fiambres após a primeira dentada. Nos fiambres de dourada e de robalo capturados no verão, verificou-se a mesma tendência, mas com a adição de KGM, diminuindo a “springiness”. A adição de MTGase apenas aumentou a capacidade de recuperação após a primeira dentada do fiambre de corvina capturada no verão. A adição de KGM não alterou significativamente este parâmetro nos fiambres de corvina.

A mastigabilidade dos fiambres de dourada capturada no inverno, e nos de robalo capturado no verão, aumentou significativamente com a adição de MTGase. Nos restantes fiambres a sua adição não provocou efeitos significativos. A junção de KGM aos fiambres promoveu um aumento significativo da mastigabilidade dos fiambres de dourada, dos fiambres de corvina capturada no verão, e nos de robalo capturado no inverno. Nos fiambres de robalo capturado no verão, a adição de KGM diminuiu significativamente a mastigabilidade.

Os efeitos benéficos da adição de MTGase sobre a textura já foram mencionados para muitos produtos de peixe (Cardoso *et al.*, 2011b, 2012a, 2012b, 2013b, 2014; Hu *et al.*, 2015; Téllez-Luis *et al.*, 2002), mas variaram com as espécies. Cardoso *et al.* (2011b), em géis de dourada, nos quais também testaram a adição de MTGase e KGM, obtiveram resultados idênticos aos alcançados nos fiambres deste estudo. A adição de MTGase, num estudo de

Cardoso *et al.* (2012a), em que compararam a textura de géis de dourada, robalo e corvina, sem e com adição de MTGase, a espécie que apresentou melhores qualidades texturais, exceto para a dureza, foi a dourada. As espécies usadas no estudo de Cardoso *et al.* (2012a) foram capturadas com um peso inferior às usadas no presente trabalho, por outro lado, a origem das douradas é desconhecida e estes géis foram obtidos com a adição de 2,5 % de NaCl. Um ou vários destes parâmetros podem ter induzido a diferentes resultados. Todavia, num estudo sobre o efeito sazonal e da adição de MTGase em géis de robalo, Cardoso *et al.* (2014) registaram resultados idênticos aos obtidos nos fiambres de robalo. Estes autores verificaram também que, de um modo geral, os géis de robalo capturado no verão apresentaram valores mais elevados para os parâmetros da textura estudados e que a adição de MTGase teve um efeito positivo sobre a dureza, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. Em géis de dourada e de robalo, capturados no inverno, Cardoso *et al.* (2012b) verificaram que a adição de MTGase também influenciou positivamente alguns parâmetros de textura. Também em géis de corvina (*A. regius*), capturadas em janeiro, com 20 meses e outras em novembro, com 30 meses, Cardoso *et al.* (2013b) verificaram que no geral, a adição de MTGase originou um aumento da dureza, da coesividade, da gomosidade, “springiness” e da mastigabilidade dos géis. Porém, a redução de sal de 2,5 % para 1,0 % (p/p) foi prejudicial para a qualidade da textura, particularmente nos géis preparados a partir de polpa de corvina capturada com 30 meses.

Também têm sido realizados estudos com espécies diferentes às utilizadas no presente trabalho. Entre eles, Téllez-Luis *et al.* (2002) estudaram a influência da adição de MTGase na obtenção de géis de carpa prateada e verificaram que o seu efeito sobre as propriedades texturais só era viável com a adição de sal, necessário para a solubilização das proteínas miofibrilares. De acordo com o estudo destes autores, foi possível obter produtos reestruturados de carpa prateada com baixo teor de sal, com melhor dureza e “springiness” adicionando 0,3 % de MTGase e 1 % de NaCl. Hu *et al.* (2015) estudaram os efeitos de um polissacárido bacteriano (“curdlan”) em combinação com a MTGase nas propriedades de gelificação da proteína do músculo de peixe-espada-lírio (*Trichiurus haumela*). Nos géis onde apenas adicionaram MTGase verificaram que as propriedades texturais, nomeadamente a dureza, “springiness”, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, aumentaram significativamente.

A capacidade de formar géis termo-irreversíveis pelo KGM, na presença de uma substância alcalina (Nishinari, Williams & Phillips, 1992), assim como de poder gerar um gel por interação sinérgica com outros hidrocolóides (carragenina e amido) (Fernández-Martín *et al.*, 2009) também foi estudado por outros autores.

Os efeitos que se evidenciam na adição de KGM no presente estudo em fiambres de dourada também foram relatados por Cardoso *et al.* (2013a). A adição de 2 % de KGM, num fiambre de dourada com 1,3 % de MTGase e 2 % de carragenatos, provocou aumentos significativos da dureza, gomosidade e mastigabilidade dos fiambres. Cardoso, Ribeiro & Mendes (2015), em produtos reestruturados de corvina (capturada no verão), verificaram que a adição de KGM, juntamente com carragenatos, aumentou a dureza dos géis. No presente trabalho, esse efeito apenas se evidenciou nos fiambres de corvina capturada no inverno, mas o efeito da adição de KGM também se verificou no aumento da coesividade e mastigabilidade dos fiambres de corvina capturada no verão e na gomosidade nos fiambres de corvina (independentemente da época de captura).

A adição de 0,5 % de MTGase, mais do que a de KGM, revelou-se como um ingrediente importante para melhorar as características texturais dos fiambres obtidos pois com estes ingredientes foi possível obter valores de dureza, coesividade, gomosidade, “springiness” e mastigabilidade mais próximos aos obtidos nos fiambres da perna extra de porco (Tabela 40 do Apêndice 3). Provavelmente a sua presença permitiu aumentar as ligações cruzadas entre as cadeias pesadas de miosina, uma vez que catalisa as ligações covalentes (ligações dissulfeto e ϵ -amino- (γ -glutamil) –lisina) (Kumazawa *et al.*, 1993; Lanier *et al.*, 2005), criando-se uma rede de ligação mais densa entre as proteínas do gel, diminuindo assim a sua solubilidade.

7.2.4.5 Distância à rutura e força à rutura

As propriedades do gel também foram avaliadas por um teste de compressão mais drástico (80 % da altura do gel), procurando-se obter valores que simulam os efeitos da mastigação sobre o alimento. Neste teste mediu-se a distância à rutura e a força à rutura.

7.2.4.5.1 Influência da espécie e da época de captura

Para a distância à rutura, foram nos fiambres de corvina capturada no inverno e nos robalo capturado no verão que se registaram os valores maiores (Figura 45). A época de captura teve influência sobre a distância à rutura, verificando-se que o fiambre de dourada e de robalo, capturados no verão, apresentaram na generalidade valores mais elevados do que os fiambres obtidos com estas espécies capturadas no inverno. Nos fiambres de corvina, de um modo geral a época de captura foi indiferente, embora os valores mais elevados tenham ocorrido nos fiambres com MTGase produzidos com polpa de peixe capturado no inverno.

Nos resultados obtidos para a força à rutura (Figura 46), de todas as espécies, salientam-se os fiambres de corvina com os valores mais elevados e no geral, os fiambres de dourada com os valores mais baixos. A época de captura não teve influência nos resultados obtidos nos

fiambres de dourada. Já os fiambres de robalo capturado no verão, com MTGase e sem ou com KGM, exibiram valores superiores do que os com robalo capturado no inverno. Nos fiambres de corvina capturada no verão, sem e com MTGase verificou-se que estes apresentaram valores significativamente inferiores aos da mesma espécie, mas capturados no inverno.

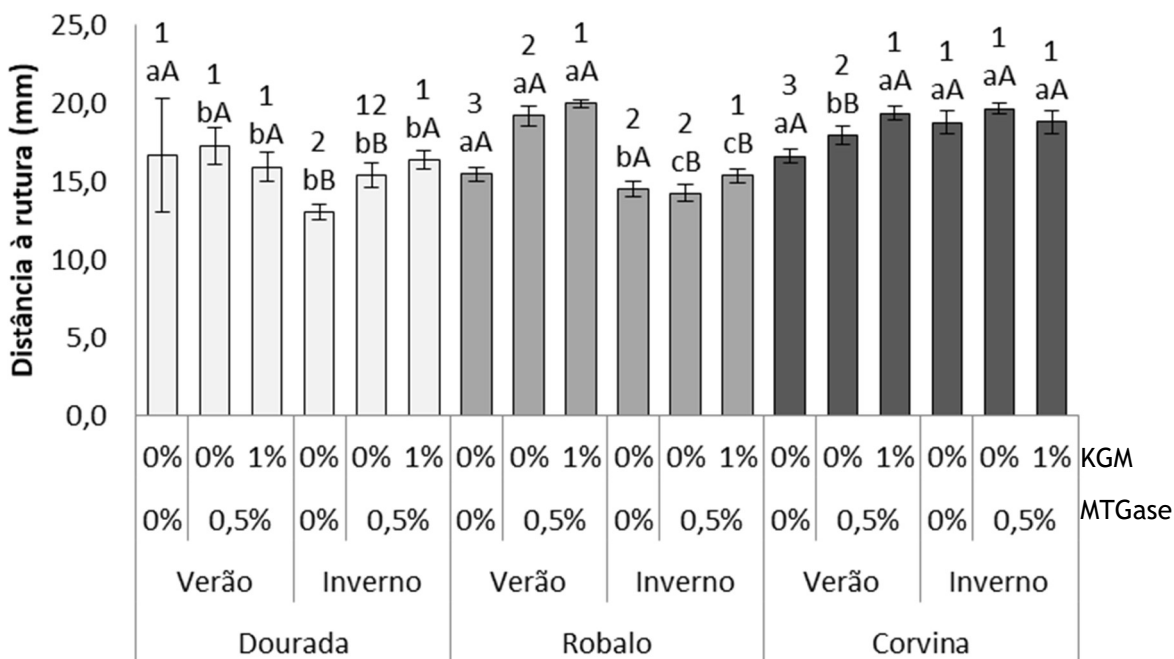


Figura 45. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na distância à rutura dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Cardoso *et al.* (2012b), em géis de dourada de menor teor de gordura (6,1 %), registaram valores de distância e força à rutura superiores às obtidas em géis de robalo com 7,6 % de gordura (principalmente para os géis com MTGase). Embora neste presente trabalho se tenha registado tendência contrária entre estas duas espécies, também os conteúdos em gordura foram contrários, tendo-se obtido nas polpas de dourada teores de gordura superiores aos das polpas de robalo. Este facto reforça a questão de que a presença de maior quantidade de gordura, pode dificultar a gelificação. Por conseguinte, os fiambres de corvina (de menor conteúdo em gordura) exibirem maior força à rutura.

Em produtos gelificados de robalo (*D. labrax*) de aquacultura, adicionados de MTGase e induzidos pelo calor, Cardoso *et al.* (2014) verificaram que os géis dos peixes capturados no verão atingiram valores mais elevados na força à rutura. Estes resultados vão de encontro aos obtidos nos fiambres de robalo capturado no verão com adição de MTGase.

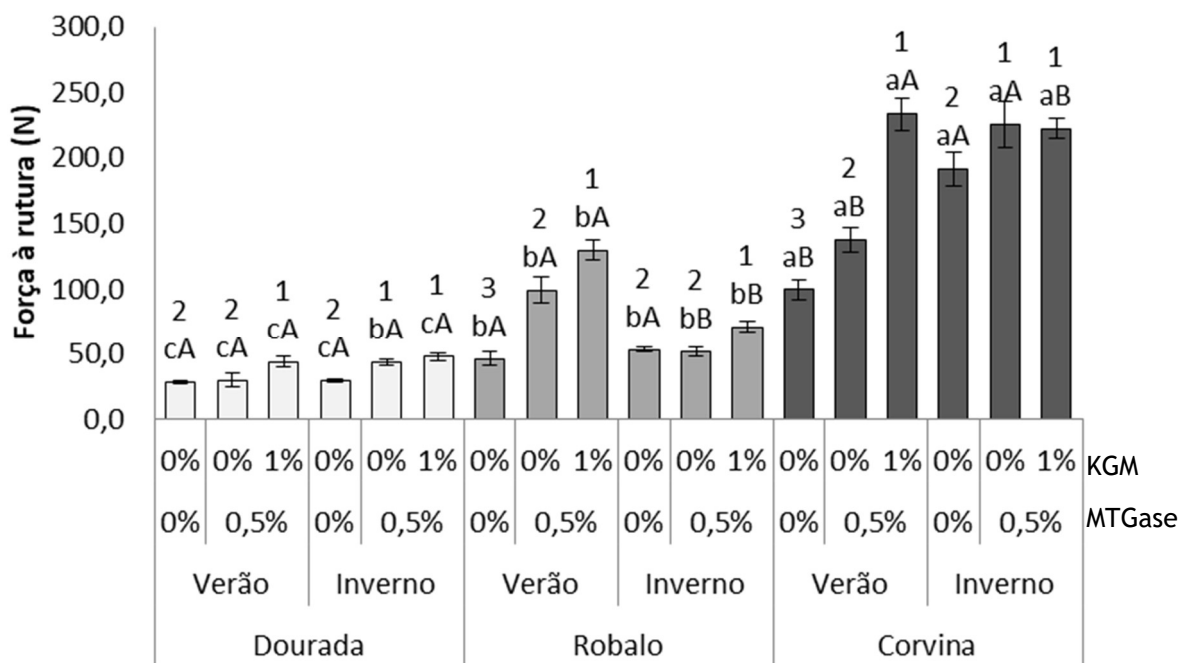


Figura 46. Influência da espécie, da época de captura e das diferentes formulações na força à rutura dos fiambres. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies na mesma época de captura. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura para a mesma espécie. Números diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações para a mesma espécie, na mesma época de captura. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

7.2.4.5.2 Influência da MTGase e do KGM

No teste de compressão mais drástica, observou-se que a distância à rutura apenas aumentou significativamente com a adição de MTGase nos fiambres de robalo e corvina capturados no verão (Figura 45). O aumento dos valores deste parâmetro com a adição de KGM teve um efeito mais significativo nos fiambres de dourada capturada no inverno, de robalo (capturado no verão e no inverno) e no de corvina capturada no verão.

A adição de MTGase teve um efeito mais significativo na força à rutura dos fiambres de dourada capturada no inverno, de robalo capturado no verão e de corvina (nas duas épocas de captura). De igual modo, géis de dourada e corvina estudados por Cardoso *et al.* (2012a), apresentaram uma maior resistência à ação mecânica quando adicionados de MTGase. Já a adição de KGM aumentou significativamente este parâmetro nos fiambres das três espécies capturadas no verão e também no de robalo capturado no inverno. Xiong *et al.* (2009), estudaram a influência da adição de cinco níveis de KGM (0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 % e 2 %) nas propriedades de textura de géis de surimi de carpa (*Ctenopharyngodon idella*). À medida que os níveis de KGM aumentaram, a força à rutura e a distância à rutura dos géis aumentaram significativamente. Estes autores sugeriram o 1 % como o nível de adição ideal de KGM pois níveis mais elevados levaram à diminuição da “whiteness” dos géis.

De um modo geral, os fiambres de corvina exibiram uma maior resistência à rutura, seguidos pelos fiambres de robalo e por fim, os fiambres de dourada. Esta tendência também se verificou anteriormente para outros parâmetros de textura medidos nos fiambres.

Para a obtenção de fiambre de peixe, com características de textura semelhantes ou mais aproximadas às do fiambre da perna extra de porco, a espécie de peixe que nos pareceu ser a mais promissora foi a corvina. Entre as espécies estudadas foi com a corvina que se obteve géis com parâmetros de textura mais elevados (deformação à rutura, força à rutura, força de gel, trabalho à rutura, elasticidade, dureza, coesividade, gomosidade mastigabilidade e força à rutura) provavelmente por exibir fibras musculares mais densas e mais curtas; e também por ser a espécie com menor conteúdo em gordura, e como já referido anteriormente, a gordura poderá dificultar a gelificação.

Em relação à época de captura, embora possa ter tido alguma influência, foi a espécie que provocou maiores diferenças significativas entre os resultados obtidos. Porém, verificou-se uma maior tendência em se obter parâmetros de textura mais elevados na época do ano em que cada espécie apresentou um conteúdo menor em gordura: douradas e robalos capturados no verão e corvinas capturadas no inverno.

Nos fiambres sem adição de MTGase e KGM, a espécie que apresenta maiores potencialidades para obtenção de fiambre com características de textura semelhantes ou mais próximas às do fiambre da perna extra de porco (Tabela 40 do Apêndice 3) é a corvina, especialmente a capturada no inverno, seguida pelo robalo (sendo indiferente a época de captura) e por fim, a dourada capturada no verão.

Nos fiambres com adição de 0,5 % de MTGase sem ou com KGM, a espécie que apresenta maiores potencialidades para obtenção de fiambre com características de textura semelhantes ou mais próximas às do fiambre da perna extra de porco é a corvina, especialmente a capturada no inverno, seguida pelo robalo e depois a dourada (ambos capturados no verão).

Os resultados obtidos nos diferentes parâmetros medidos nos fiambres de dourada, robalo e corvina sugerem que a adição de 0,5 % de MTGase melhorou as ligações cruzadas entre as proteínas e outros compostos durante o processo de aquecimento, permitindo melhorar as propriedades texturais do produto final.

A relação entre as propriedades funcionais dos géis e as alterações na estrutura das proteínas com a adição de KGM ainda não é bem compreendida, e a influência do KGM desacetilado na estrutura dos géis de surimi também é ainda desconhecida (Zhang *et al.*, 2016). Segundo Kök *et al.* (2009), Shinzato, Broussalis & Ferraro (1996) e Solo-de-Zaldívar, Herranz & Borderías (2012), o KGM pode formar soluções altamente viscosas quando

dissolvido em água. Nem sempre é fácil obter uma dispersão homogênea, sem formação de “caroço” ou “grão”, como o que se formou nos fiambres aos quais se adicionou KGM (Figura 47). Solo-de-Zaldívar *et al.* (2014) e Herranz *et al.* (2012), sugerem diferentes concentrações de KGM (1-6 %), diferentes temperaturas (50 °C a 100 °C) durante diferentes períodos de tempo (30 a 90 min) para se obter uma dispersão homogênea.



Figura 47. Aspetto visual de amostras de fiambre de dourada, robalo e corvina com 1 % de KGM.

A adição de 1 % de KGM nos fiambres das diferentes espécies em estudo melhorou alguns aspetos texturais já referidos anteriormente mas, o aspeto visual dos fiambres foi prejudicado. Nesse sentido, a substituição do KGM por outra fibra dietética foi considerada para a concretização do 2.º objetivo deste trabalho.

7.2.5 Análise sensorial

7.2.5.1 Influência da espécie e da época de captura

Os resultados referentes à avaliação sensorial dos fiambres encontram-se representados nos gráficos da Figura 48; os dados encontram-se apresentados com maior detalhe da Tabela 20 à Tabela 39 do Apêndice 3.

Na avaliação sensorial dos fiambres sem adição de MTGase e KGM, foram apenas encontradas diferenças significativas na cor, dureza e sabor a fiambre. O fiambre de corvina, independentemente da época de captura, foi avaliado como tendo a cor mais intensa e portanto, o mais escuro (Figura 48). Também foi considerado como o fiambre significativamente mais duro, não se evidenciando a influência da época de captura. Em relação ao sabor a fiambre, apenas o fiambre de robalo com polpas obtidas no inverno apresenta um valor significativamente mais baixo que o fiambre da mesma espécie capturada no verão. Não foram detetadas mais diferenças significativas, mas verificou-se uma tendência dos provadores no sentido de considerarem os fiambres de corvina com maior elasticidade, maior coesividade e menor suculência.

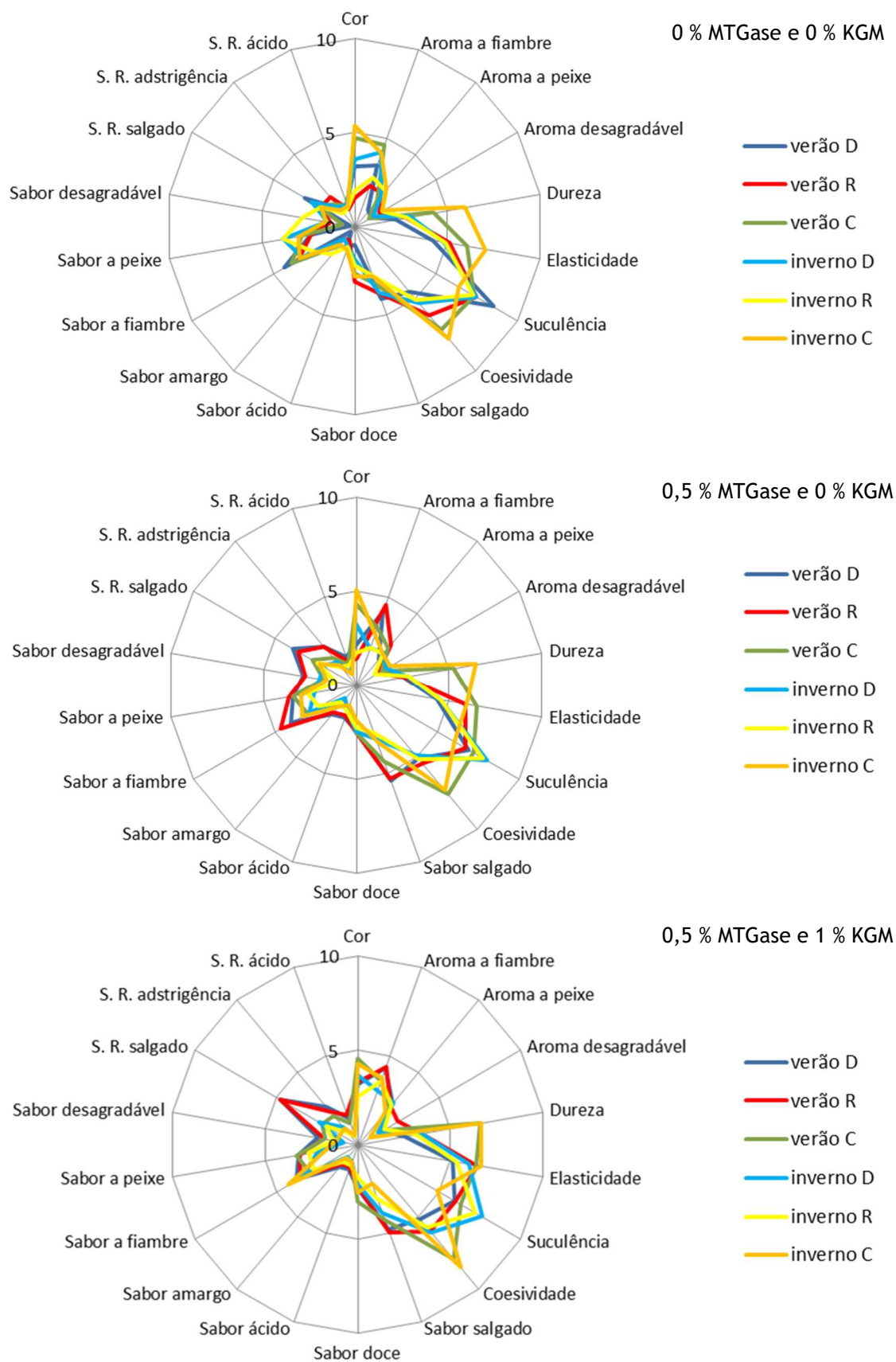


Figura 48. Influência da espécie e da época de captura na avaliação sensorial de fiambres de dourada (D), robalo (R) e corvina (C), com polpas de peixes de diferentes épocas de captura (verão e inverno), das diferentes formulações. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Nos fiambres com adição de 0,5 % de MTGase e sem KGM, também verificaram-se diferenças significativas a nível da cor, dureza e sabor a fiambre. O fiambre de corvina, independentemente da época de captura foi considerado, juntamente com o de dourada capturada no verão, como tendo a cor mais escura. Em termos de dureza, o fiambre de corvina, independentemente da época do ano foi pontuado com os valores mais elevados. A época de captura apenas teve influência sobre a intensidade do sabor a fiambre do fiambre de dourada, tendo sido considerado mais evidente no fiambre de dourada capturada no verão. Nos restantes parâmetros avaliados não foram detetadas diferenças significativas porém, verificou-se a tendência dos provadores considerarem os fiambres de dourada e de robalo capturado no verão com um aroma mais intenso a fiambre e os fiambres de corvina capturada no verão e no inverno com maior elasticidade e coesividade. Em relação à suculência verificou-se que este parâmetro apresentou alguma influência da época de captura verificando-se valores mais elevados nos fiambres de dourada e robalo capturado no inverno e mais baixos nos do fiambre de corvina capturada no inverno.

Nos fiambres com adição de 0,5 % de MTGase e 1 % KGM apenas se verificaram diferenças significativas na dureza e coesividade. O fiambre de corvina, independentemente da época de captura, foi classificado com valores mais elevados de dureza, e apenas o fiambre de dourada capturada no verão apresentou coesividade mais baixa em relação aos fiambres das outras espécies capturadas na mesma época. Nos restantes parâmetros avaliados não foram detetadas diferenças significativas. De um modo geral, ao analisar os dados obtidos, pode-se considerar que o fiambre de corvina capturada no inverno foi considerado como tendo maiores dureza, elasticidade, coesividade, menor suculência e sabor mais intenso a fiambre.

Embora não se tenham detetado diferenças significativas entre os fiambres, em cada tipo de formulação, pode-se verificar que, de entre os fiambres sem adição de MTGase e KGM, o fiambre de corvina capturada no inverno foi o mais apreciado (Figura 49). Nos fiambres com adição apenas de MTGase, foi o fiambre de robalo capturado no verão que mais se destacou e, nos fiambres com adição também de KGM, destacou-se a preferência pelos fiambres de dourada e corvina capturada no inverno.

O estudo da Influência da espécie e da época de captura, nos diferentes parâmetros sensoriais medidos nos fiambres de peixe, permitiu-nos concluir que a espécie que apresenta mais capacidades para ser transformada num produto tipo fiambre é a corvina, especialmente a capturada no inverno.

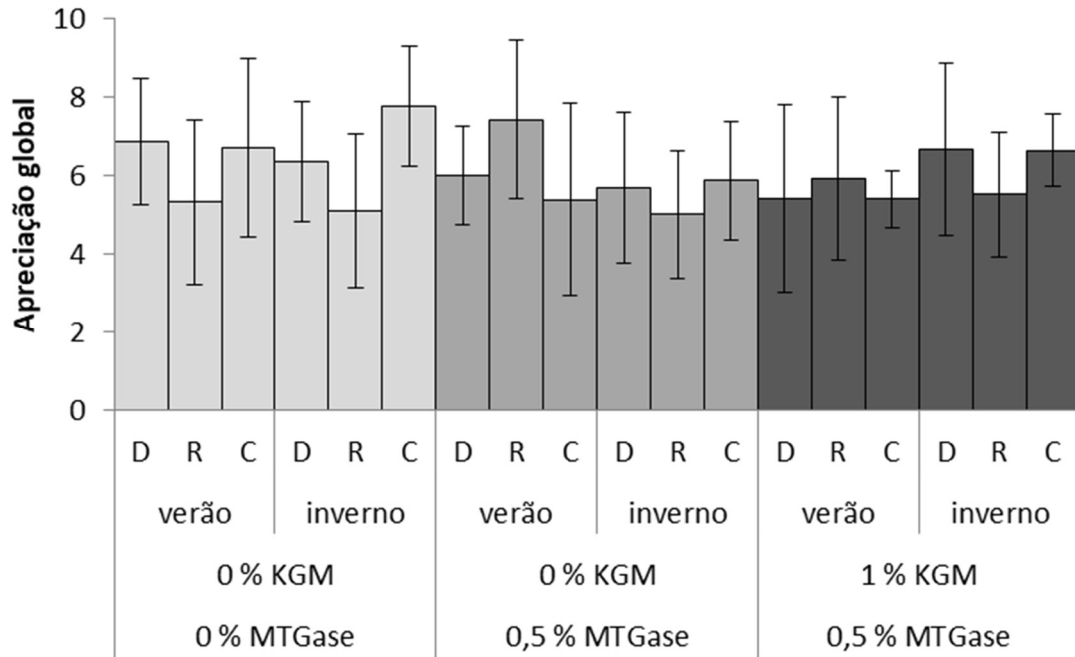


Figura 49. Influência da espécie (D - dourada, R - robalo e C - corvina) e da época de captura (verão e inverno) na apreciação global da avaliação sensorial de fiambres. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

7.2.5.2 Influência da MTGase e do KGM

Na avaliação sensorial dos fiambres de dourada não se encontraram diferenças significativas para nenhum dos parâmetros avaliados. Contudo, pode-se observar na Figura 50 que o fiambre de dourada capturada no inverno, com adição de MTGase e KGM, foi o mais pontuado quanto à cor, aroma a peixe, dureza, elasticidade e coesividade. O fiambre de dourada capturada no verão e sem adição dos dois ingredientes em estudo foi considerado o mais suculento e com sabor mais intenso a fiambre.

Na avaliação sensorial dos fiambres de robalo foram encontradas diferenças significativas apenas na cor e no sabor a fiambre (Figura 51). O fiambre de robalo capturado no verão com adição de MTGase e KGM foi considerado pelos provadores como o mais escuro. Este aspeto é interessante pelo facto de coincidir com a medição instrumental, onde este fiambre apresentou uma luminosidade inferior à dos restantes. O sabor a fiambre foi detetado com intensidade nos fiambres de robalo capturado no verão com adição de MTGase. Embora sem diferenças significativas, na observação da Figura 51 pode-se verificar que este mesmo fiambre de robalo (capturado no verão e com adição de MTGase) também foi mais valorizado quanto ao aroma a fiambre e a peixe, e ao sabor salgado e a fiambre. A nível de textura, verifica-se que no robalo capturado no verão com MTGase e KGM, foi sentido como o mais elástico e dos mais coesos. Os fiambres obtidos com robalo capturado no inverno apenas se destacam na suculência e no sabor a peixe.

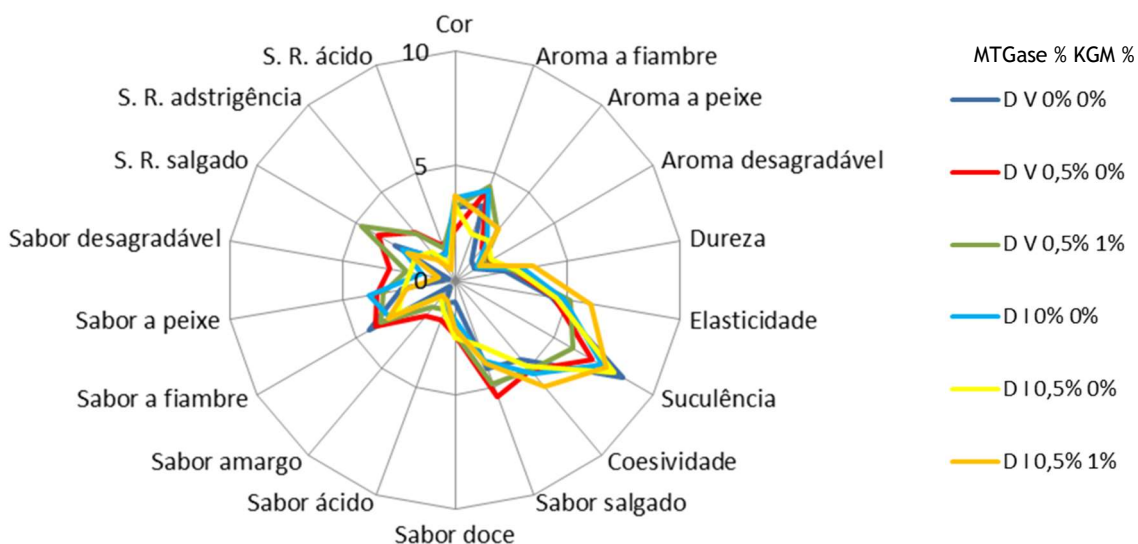


Figura 50. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura (V – verão; I – inverno) na avaliação sensorial dos fiambres de dourada (D). MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

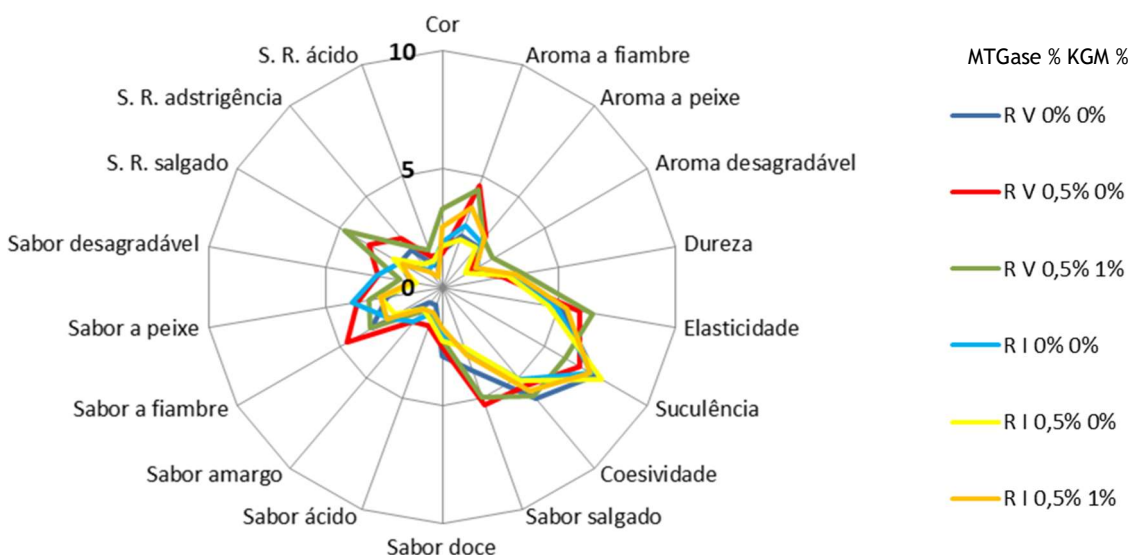


Figura 51. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura (V – verão; I – inverno) na avaliação sensorial dos fiambres de robalo (R). MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Os fiambres de corvina capturada no inverno apresentam valores de cor mais elevados, assim como de dureza, coesividade e sabor a fiambre (Figura 52). Foram encontradas apenas diferenças significativas nos fiambres com polpa de corvina capturada no inverno, dos quais o fiambre adicionado de MTGase e KGM apresentou uma dureza significativamente superior.

De um modo geral, os fiambres de cada espécie mais apreciados sensorialmente pelos provadores (Figura 53) foram o de dourada capturada no verão (sem adição de MTGase e KGM), o de robalo capturado no verão (com adição de MTGase) e o de corvina capturada no inverno (sem adição de MTGase e KGM). Embora sem apresentar diferenças significativas, das

três espécies em estudo, foi este fiambre de corvina o que obteve a maior pontuação logo, o mais apreciado na globalidade.

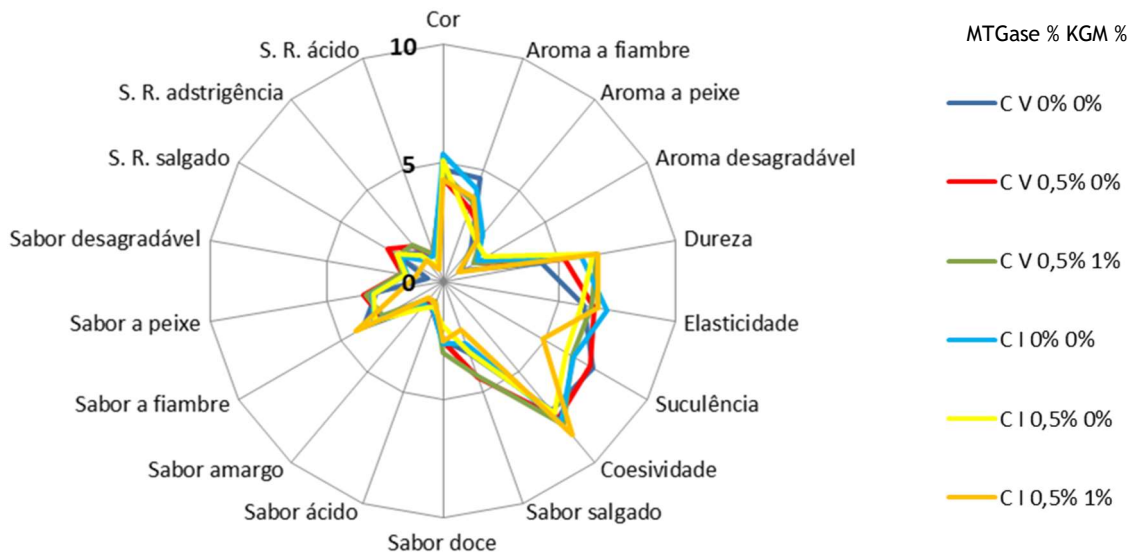


Figura 52. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura (V – verão; I – inverno) na avaliação sensorial dos fiambres de corvina (C). MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

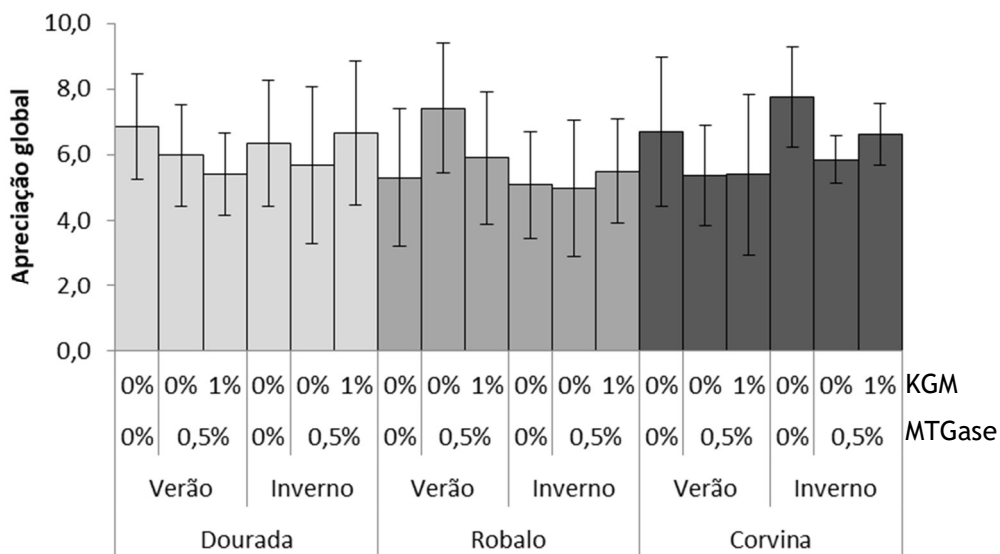


Figura 53. Influência da formulação (adição de MTGase e KGM) e da época de captura na apreciação global dos fiambres de dourada, robalo e corvina. MTGase (transglutaminase microbiana); KGM (glucomanano de konjac).

Face aos resultados obtidos, para cada espécie, época de captura e formulações, as que nos pareceram apresentar mais potencialidades para obter fiambre com características de textura mais semelhantes às do fiambre da perna extra de porco foram:

- Corvina, especialmente a capturada no inverno, com adição de 0,5 % de MTGase;
- Robalo, de preferência capturado no verão com adição de MTGase sem e com KGM e
- Dourada, capturada no verão, com adição de MTGase e KGM.

Porém, de todas as combinações, a que nos pareceu ser a que correspondeu melhor aos objetivos foi a de corvina, especialmente a capturada no inverno, com adição de 0,5 % de MTGase.

No âmbito de projetos escolares, vários grupos de crianças, entre os 6 e os 8 anos, foram visitar as instalações do IPMA e foi-lhes proporcionado a prova de fiambre de corvina (com 0,5 % de MTGase). Foram 47 as que quiseram provar e apenas tinham de escolher, de uma escala hedónica, se o fiambre era: muito mau; mau; indiferente; bom; muito bom. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Figura 54.

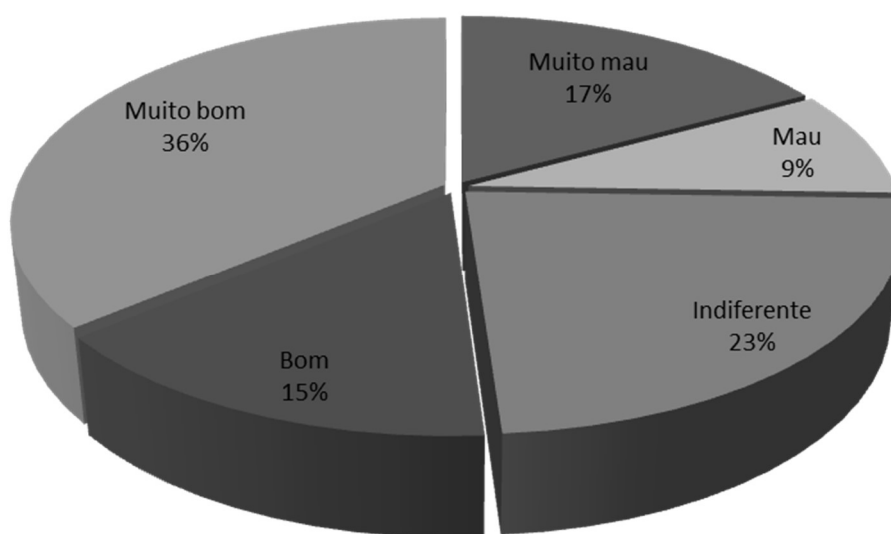


Figura 54. Frequências relativas (%) das respostas obtidas de 47 crianças que provaram fiambre de corvina.

Mais de metade das crianças gostaram do fiambre (51 %) e 26 % rejeitaram o produto. Este resultado, embora com uma amostra pequena, permite-nos pensar que este poderá ser um promissor alimento também para as novas gerações.

Uma vez que a adição de KGM no fiambre de corvina capturada no inverno, foi dispensável pois não produziu diferenças significativas na textura, assim como o aspeto visual da sua adição não foi o melhor, na concretização do 2.º objetivo - otimização da formulação – substituiu-se o KGM por outra fibra dietética. Numa tentativa de melhorar as características texturais e nutricionais do fiambre também se estudou o efeito da adição de uma proteína vegetal.

Sabendo-se que a cor dos fiambres de peixe pode ser melhorada pela adição de corantes derivados de fontes naturais, fez também parte do 2.º objetivo perceber, através de um inquérito “on-line”, qual a perspetiva da cor de um fiambre de peixe na ótica do consumidor.

7.3 Otimização das propriedades físicas e funcionais do fiambre de corvina. Incorporação de outros ingredientes.

A corvina, especialmente a capturada no inverno, com adição de 0,5 % de MTGase, foi a que nos permitiu obter o fiambre com as características de textura mais próximas às do fiambre da perna extra de porco.

Tendo em vista a melhoria das características gelificantes, texturais e nutricionais do fiambre, substituiu-se o glucomanano de konjac (KGM) por outra fibra dietética, a fibra de chicória (fibrulose). Para a otimização dos fiambres de corvina, também se estudaram as propriedades funcionais da proteína de ervilha que foi adicionada em diferentes proporções, sob a forma de isolado proteico (pisane). Procurou-se assim obter um conhecimento mais profundo dos fenómenos proteicos associados ao efeito dos aditivos adicionados.

Em função dos objetivos, estudaram-se os efeitos da substituição do KGM por fibra dietética de chicória (fibrulose), da adição de proteína de ervilha (pisane) e da interação da fibrulose e pisane no pH, CRA, cor (L^* , a^* , b^* , “chroma”, “whiteness” e “hue”), parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres. Procurou-se com estas alterações encontrar a formulação que permitisse obter fiambre com características, especialmente de textura, mais parecidas às do fiambre da perna extra de porco.

7.3.1 Efeito da substituição do KGM por fibrulose e da adição de pisane em fiambres com fibrulose, no pH, CRA, cor ($L^*a^*b^*$), parâmetros de textura e sensoriais dos fiambres

7.3.1.1 pH

A substituição de KGM por fibrulose provocou uma diminuição significativa no pH dos fiambres (Figura 55), pois a adição de KGM envolvia a adição de NaOH a 2 % (p/v) para a desacetilação.

A ficha técnica da fibra dietética de chicória (fibrulose) indica que esta apresenta um pH de 6. De facto, o fiambre de corvina com este ingrediente apresenta valores de pH semelhantes ao obtido para o fiambre de corvina capturada no inverno, com 0,5% MTGase (ver na Tabela 4 do Apêndice 3). Por este facto, a sua adição não alterou significativamente os valores de pH dos fiambres.

O uso de fibrulose foi mais vantajoso em relação ao KGM, pois permitiu obter fiambres com valor de pH menor do que os obtidos com KGM. Sabe-se que valores de pH mais baixos estão normalmente associados a uma maior capacidade de conservação dadas as condições menos favoráveis ao crescimento bacteriano (Montville, Matthews & Kniel, 2005). Porém, os

valores de pH apresentados pelos fiambres não são os indicados para inibir o desenvolvimento microbiano pois, segundo Sperber (2009), a maioria das bactérias transmitidas por alimentos pode crescer na faixa de pH de 4,5 a 9,0.

A adição de pisane aos fiambres, conduziu a um aumento do pH dos fiambres, variando estes entre 6,6 e 6,7, o que em termos práticos não tem significância. Os valores atingidos foram sempre inferiores aos do fiambre com 1 % de KGM. Nenhuma das formulações permitiu obter um pH tão baixo quanto o apresentado pelo fiambre da perna extra de porco; o valor de pH mais próximo foi obtido com o fiambre apenas com 1 % de fibrulose, sem pisane. O isolado proteico de ervilha apresenta um pH de 7,8 (10 % em água), mas, em termos práticos, não foi adicionado em quantidade suficiente de modo a interferir no pH dos fiambres.

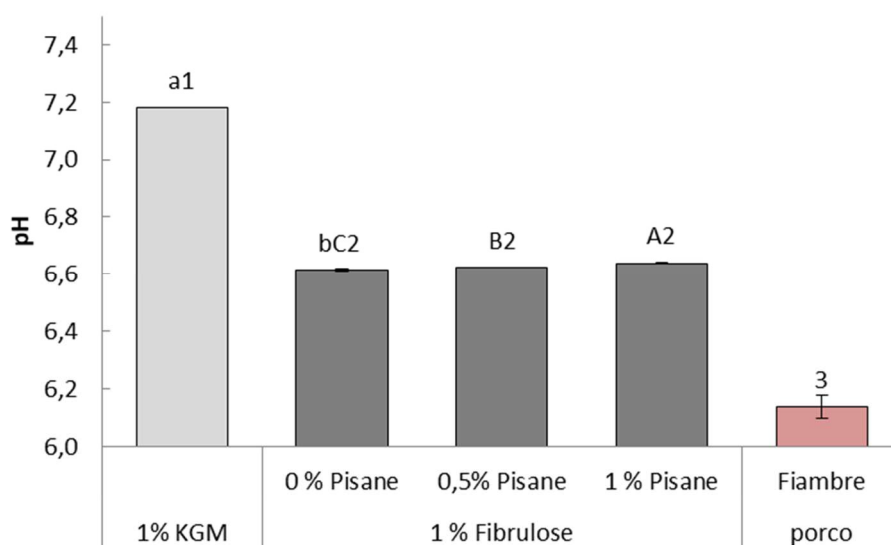


Figura 55. Valores médios de pH dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de KGM e com 1 % de fibrulose (0 % de pisane). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com diferentes concentrações de pisane (0 %; 0,5 % e 1 %). Números indicam diferenças significativas entre todos os fiambres. KGM (glucomanano de konjac).

7.3.1.2 Capacidade de retenção de água

A substituição de KGM por fibrulose permitiu aumentar a CRA dos fiambres de corvina (de 95,2 % para 97,0 %) (Figura 56). Por sua vez, a adição de diferentes quantidades de isolado de proteína de ervilha nos fiambres com fibrulose não induziu nenhuma alteração da CRA dos fiambres. Comparando todos os fiambres, verificou-se que o fiambre com 1 % de fibrulose e 0,5 % de pisane apresentou o valor mais elevado de CRA em contraste com o fiambre da perna extra de porco que apresentou o valor menor.

Sabe-se que a CRA está intimamente relacionada com as propriedades do gel. A uniformidade e a densidade das estruturas tridimensionais dos géis de peixe podem resultar

numa maior retenção de água e num aumento da força de gel, contribuindo assim para a formação de géis com grande qualidade (Dávila *et al.*, 2007). Sendo então a CRA um aspeto positivo nos géis de peixe, neste caso, a adição de fibrulose sem ou com pisane foi favorável na melhoria deste parâmetro.

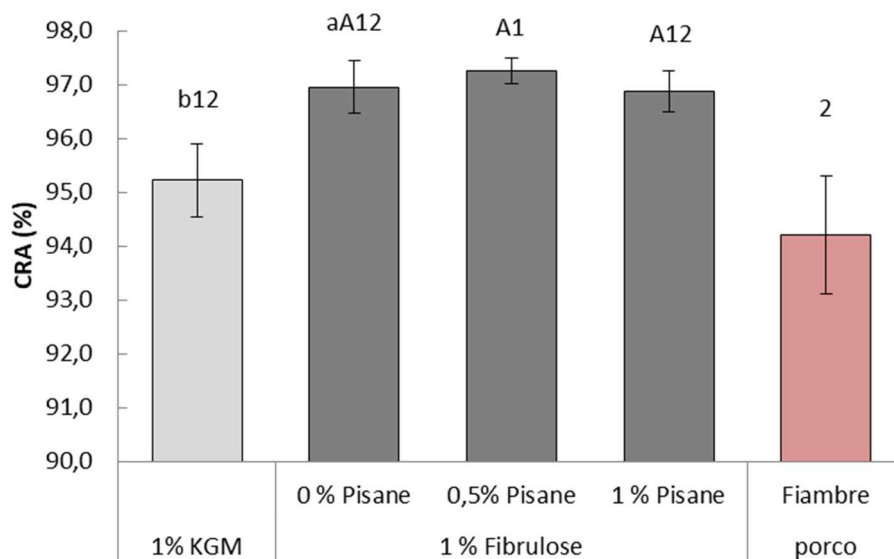


Figura 56. Valores médios de CRA dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de KGM e com 1 % de fibrulose (0 % de pisane). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com diferentes concentrações de pisane (0 %; 0,5 % e 1 %). Números indicam diferenças significativas entre todos os fiambres. KGM (glucomanano de konjac).

Segundo Franck (2002), a fibra dietética de chicória (inulina ou oligofrutose) apresenta um pH entre 5-7 o que neste caso, permitiu obter fiambres com pH mais baixo do que nos fiambres com KGM. Por outro lado, a adição de oligofrutose (fibrulose), que apresenta uma solubilidade (em água a 25 °C) superior a 750 g/L (Franck, 2002), permitiu obter valores mais elevados de CRA nos fiambres do que os que continham KGM (a ficha técnica não apresenta informação sobre a sua solubilidade).

O isolado de proteína de ervilha é considerado um substituto promissor para ingredientes proteicos de origem animal comumente utilizados (Bogahawaththa *et al.*, 2019). O seu uso na indústria alimentar ainda não é muito habitual devido à falta de conhecimento científico sobre as suas propriedades funcionais, nomeadamente a solubilidade (Bogahawaththa *et al.*, 2019). Contudo, sabe-se que o pH do meio tem uma influência considerável na solubilidade da proteína de ervilha, na carga superficial (potencial zeta) e na hidrofobicidade da superfície (Burger & Zhang, 2019). Bogahawaththa *et al.* (2019), num estudo sobre o comportamento de isolados proteicos de ervilha, face a diferentes parâmetros tecnológicos, verificaram que a sua solubilidade e estabilidade térmica variaram em função do pH do meio, da concentração de isolado proteico adicionado e das condições do tratamento

térmico. Concentrações de 4 % e 8 % de isolado proteico de ervilha, em pH de 7,5 e força iónica não ajustada, não aquecidas ou a 121 °C/2,8 min, apresentaram elevada solubilidade (> 97 %) e, após o tratamento térmico, apresentaram também elevada estabilidade ao calor (> 92 %) (Bogahawaththa *et al.*, 2019).

Em resumo, o facto da adição de isolado proteico de ervilha não ter alterado significativamente o pH nem a CRA dos fiambres de corvina, leva a crer que as condições de ensaio foram adequadas quanto à respetiva solubilidade e estabilidade térmica do produto final.

7.3.1.3 Cor (L*, a*, b*, “chroma”, “whiteness” e “hue”)

Quanto aos parâmetros de cor, verificou-se que a substituição de KGM por fibrulose, embora pouco perceptível a olho nu, originou uma diminuição da luminosidade dos fiambres (Figura 57), um aumento do tom rosado e diminuição do tom amarelo. Nos fiambres com 1 % de fibrulose, a adição de pisane não promoveu alterações significativas na luminosidade dos fiambres (Figura 57), mas gerou uma diminuição da cor vermelha e aumentou significativamente a cor amarela, atingindo o valor mais elevado com adição de 1 %.

Comparando todos os fiambres, é o da perna extra de porco que apresenta uma menor luminosidade, destacando-se uma cor mais vermelha e menos amarela. O fiambre com 1 % de fibrulose apresentou uma cor amarela idêntica.

O fiambre de porco apresentou uma cor mais vermelha provavelmente porque tem mais mioglobina que, embora não sendo o único pigmento muscular, é o que se encontra em maior quantidade na carne, sendo responsável pela cor vermelha dos músculos dos mamíferos (Fennema, 1992). Os outros pigmentos que não a mioglobina, são mais relevantes na cor da carne das aves, peixes e carne de caça do que nas espécies pecuárias (Suman & Joseph, 2013). No pescado, a hemoglobina é o pigmento que predomina nos músculos claros (Belitz *et al.*, 2009) e, com o tratamento térmico das polpas, a mioglobina desnatura (Suman *et al.*, 2016). Talvez devido a estas características dos pigmentos da carne de peixe, os fiambres de peixe apresentam uma cor menos avermelhada.

A substituição de KGM por fibrulose reduziu significativamente o valor de cromaticidade do fiambre, tornando a sua cor menos saturada (Figura 57). A adição de pisane aos fiambres com 1 % de fibrulose induziu um aumento significativo da saturação e verificou-se também que para este parâmetro, é o fiambre da perna extra de porco que apresenta o maior valor.

A brancura dos fiambres aumentou com a substituição de KGM por fibrulose (Figura 57). Por sua vez, a adição de pisane não provocou alterações significativas nos fiambres com fibrulose. Foi o fiambre da perna extra de porco que apresentou uma menor e significativa

brancura. Uma vez mais, o maior conteúdo em mioglobina nos músculos permitiu obter fiambres com menor brancura comparativamente aos fiambres de corvina.

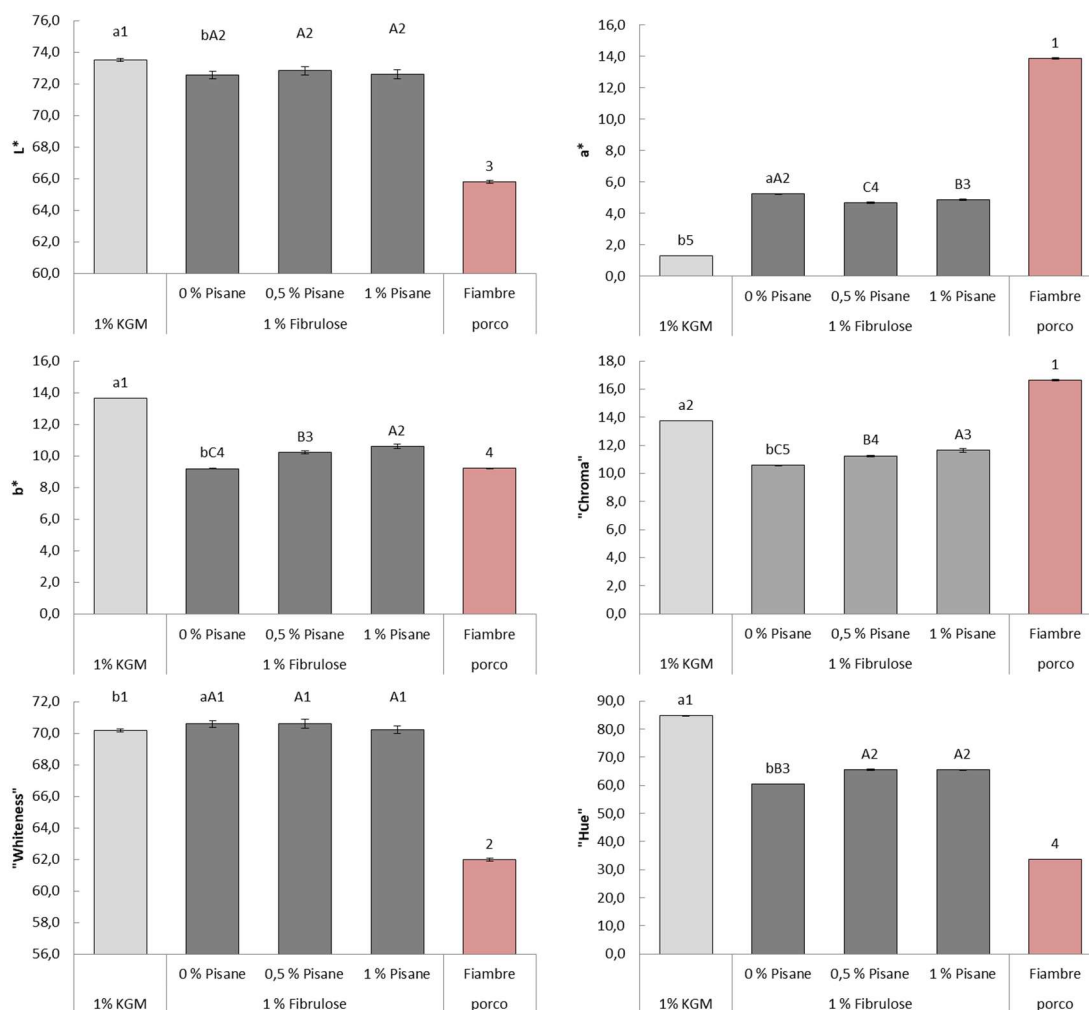


Figura 57. Valores médios dos parâmetros L*, a*, b*, "chroma", "whiteness" e "hue" da cor dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco. As barras de erro representam o desvio-padrão (n=4). Letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de KGM e com 1 % de fibrulose (0 % de pisane). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com diferentes concentrações de pisane (0 %; 0,5 % e 1 %). Números indicam diferenças significativas entre todos os fiambres. KGM (glucomanano de konjac).

A tonalidade dos fiambres (Figura 57), diminuiu significativamente com a substituição do KGM por fibrulose. Por sua vez, a adição de 0,5 % ou 1 % de pisane, aumentou este parâmetro. De todos, foi no fiambre da perna extra de porco que se registou uma menor tonalidade. Segundo Sahin & Sumnu (2006), os valores de menor tonalidade, representado em graus, são os que se encontram no eixo positivo vermelho-verde. Este facto verificou-se no fiambre da perna extra de porco, comparativamente com os fiambres de corvina.

A substituição de KGM por fibrulose gerou um aumento da CRA dos fiambres e consequentemente, diminuição de água não ligada que influencia a dispersão da luz (Chéret *et al.*, 2005), o que poderá explicar a diminuição da luminosidade que se registou nos fiambres.

As alterações que se verificaram nos outros parâmetros de cor podem ser justificadas pelo facto do KGM apresentar uma cor acastanhada e a fibrulose cor branca. Na substituição do KGM por fibrulose evidenciou-se um aumento do tom rosado, uma diminuição do tom amarelo, uma menor saturação da cor e por tal, redução da cromaticidade, uma maior brancura e menor tonalidade (“hue”) da cor dos fiambres.

Quanto à adição de pisane, sabe-se que os isolados proteicos de ervilha podem apresentar uma cor que varia de creme a bege (Shevkani *et al.*, 2015) e que varia em função da tecnologia de obtenção, incluindo o método de secagem (Sumner *et al.*, 1981). Estes autores obtiveram isolados de proteína de ervilha com valores médios de luminosidade = 72,4 (de 62,6 a 82,2), eixo vermelho-verde = 2 (de 1,3 a 5,8) e eixo amarelo-azul = 18,7 (de 15,3 a 22,1) e Shevkani *et al.* (2015), com valores médios de luminosidade = 84,4 (de 76,8 a 88,1), eixo vermelho-verde = 2,7 (de 2,0 a 3,6) e eixo amarelo-azul = 16,5 (de 14,8 a 18,5). A adição de pisane aos fiambres do presente estudo não alterou significativamente a luminosidade. Porém, nos fiambres de corvina com pisane registaram-se cores menos vermelhas, mais amarelas e maior cromaticidade e tonalidade mais intensa, quando comparados com os fiambres de corvina sem pisane.

Resumindo, a substituição de KGM por fibrulose permitiu obter fiambres de corvina com menor luminosidade, mais vermelhos, menos amarelos, e com menor tonalidade, mais próximos aos dos de fiambre de porco. A cor apresentou-se com menor saturação e mais branca, afastando-se dos valores obtidos nos fiambres de porco. A adição de pisane aos fiambres com fibrulose não teve influência sobre a luminosidade nem sobre a brancura mas gerou um ligeiro abaixamento do tom vermelho, aumento do amarelo e da tonalidade, afastando-se estes parâmetros dos valores obtidos nos dos fiambres de porco. O aumento da saturação permitiu obter neste parâmetro valores mais próximos aos dos fiambres de porco.

7.3.1.4 Textura

As proteínas e os polissacáridos desempenham um papel fundamental na formação de texturas características, devido à sua capacidade de formar géis (Zhuang *et al.*, 2018). As interações entre proteínas e polissacáridos determinam as propriedades texturais do produto final, que é um dos principais atributos que os consumidores avaliam na qualidade geral dos alimentos.

Alguns parâmetros da textura dos fiambres, com substituição do KGM por fibra dietética de chicória, e adição de isolado de proteína de ervilha, foram avaliados.

O primeiro teste a ser realizado foi o teste de dobragem (“Foldind test”). Todas as amostras foram classificadas como de grau 5 (não romperam quando dobradas em

quadrantes) e portanto não apresentaram diferenças significativas entre si. Estes resultados permitem considerar que os géis obtidos são de qualidade aceitável e que a presença da fibrulose, em substituição do KGM, não alterou o comportamento dos géis. O fiambre da perna extra de porco não foi submetido a este teste.

Para os outros parâmetros de textura, registaram-se elevados desvios-padrão nas medições dos parâmetros de textura do fiambre extra da perna de porco. Este fiambre, obtido de peças de carne, apresenta fibras musculares praticamente intactas e por tal, verifica-se heterogeneidade nas amostras e conseqüentemente, na sua textura.

No teste de penetração, verificou-se que a adição de fibrulose, em substituição do KGM, permitiu obter valores mais elevados na deformação e na força à rutura (Figura 58). Por outro lado, a proteína de ervilha, pisane, quando adicionada a 1 % induziu uma diminuição da deformação à rutura mas, bastou apenas a adição de 0,5 % para se registar uma diminuição significativa da força à rutura. No entanto, quando se compararam os resultados da deformação à rutura de todos os fiambres, não se verificaram diferenças significativas entre eles. O fiambre da perna extra de porco apresentou o valor mais elevado de força à rutura, e o fiambre mais semelhante a este foi o da formulação com 1% de fibrulose e sem pisane.

A substituição de KGM por fibrulose permitiu um aumento significativo da força de gel, podendo-se afirmar que a adição de inulina de chicória (fibrulose) aproximou ligeiramente o valor da força de gel dos fiambres de corvina do valor do fiambre da perna extra de porco (Figura 58). Pelo contrário, a adição de proteína de ervilha (pisane) influenciou negativamente este parâmetro. Na globalidade, embora o fiambre da perna extra de porco tenha apresentado uma força de gel significativamente superior aos outros fiambres, foi o fiambre de corvina, com 1 % de fibrulose, que se aproximou desse valor.

O trabalho à rutura, enquanto método alternativo de caracterização da textura dos fiambres, registou resultados semelhantes aos da força de gel (Figura 58), podendo-se ainda verificar que nos fiambres com fibrulose, só a adição de 1 % de pisane permitiu obter diferenças significativas para este parâmetro.

Os fiambres de corvina apresentaram valores de elasticidade superiores aos obtidos no fiambre da perna extra de porco (Figura 59). A adição de fibrulose, em substituição de KGM, levou a um aumento deste parâmetro, mas apenas de 54,7 % para 56,3 %. A adição de 1 % de proteína de ervilha reduziu significativamente a elasticidade nos fiambres com fibrulose mas apenas para valores de 55,5 %.

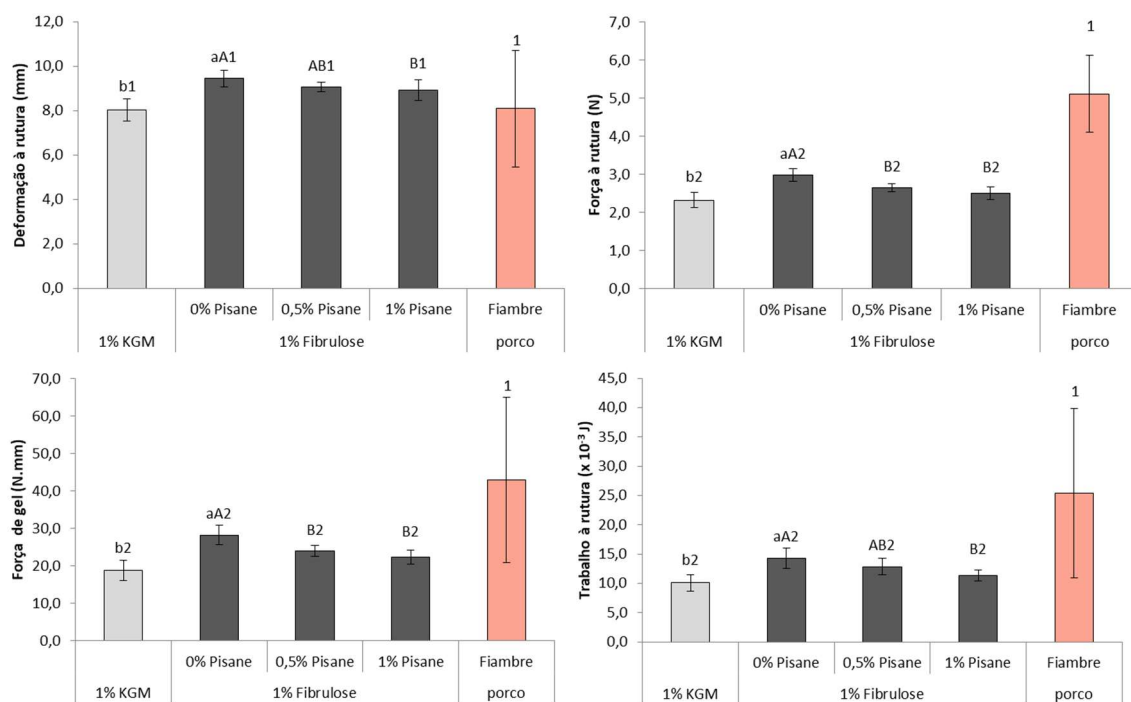


Figura 58. Valores médios da deformação à rutura, força à rutura, força de gel (teste de penetração) e trabalho à rutura dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=8$). Letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de KGM e com 1 % de fibrulose (0 % de pisane). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de fibrulose e pisane (0 %; 0,5 % e 1 %). Números indicam a diferença entre todos os fiambres. KGM (glucomanano de konjac).

A substituição do KGM por fibrulose permitiu obter fiambres com menor dureza (Figura 59). O mesmo aconteceu quando se adicionou pisane, o que aproximou a dureza dos fiambres de corvina dos valores obtidos no fiambre da perna extra de porco.

Embora também se tenha observado uma menor coesividade nos fiambres de corvina, comparada com a do fiambre da perna extra de porco, pode-se constatar que a adição de fibrulose, em substituição do KGM, e de pisane, permitiu melhorar este parâmetro (Figura 59).

Os fiambres de corvina apresentaram uma maior gomosidade que o fiambre da perna extra de porco (Figura 59). Não se verificaram diferenças significativas entre os fiambres de corvina, quer com a substituição do KGM por fibrulose quer com a adição de pisane. Porém, pelos resultados obtidos, foram os fiambres de corvina com fibrulose e pisane que apresentaram os valores mais próximos ao do fiambre da perna extra de porco.

O fiambre da perna extra de porco foi o que apresentou uma maior capacidade de recuperação após a primeira dentada (“springiness”) (Figura 59). Valores significativamente mais baixos foram obtidos nos fiambres de corvina, mas foi possível verificar que a fibrulose permitiu obter um valor ligeiramente superior para este parâmetro em detrimento do KGM. Por outro lado, a adição de proteína de ervilha (pisane) pouco alterou a “springiness” dos fiambres.

Os fiambres de corvina também apresentaram uma maior mastigabilidade que o fiambre da perna extra de porco (Figura 59), mas constatou-se que a substituição do KGM por fibrulose e a adição de pisane (0,5 %) permitiu obter fiambres com valores deste parâmetro, significativamente mais próximos ao do fiambre da perna extra de porco.

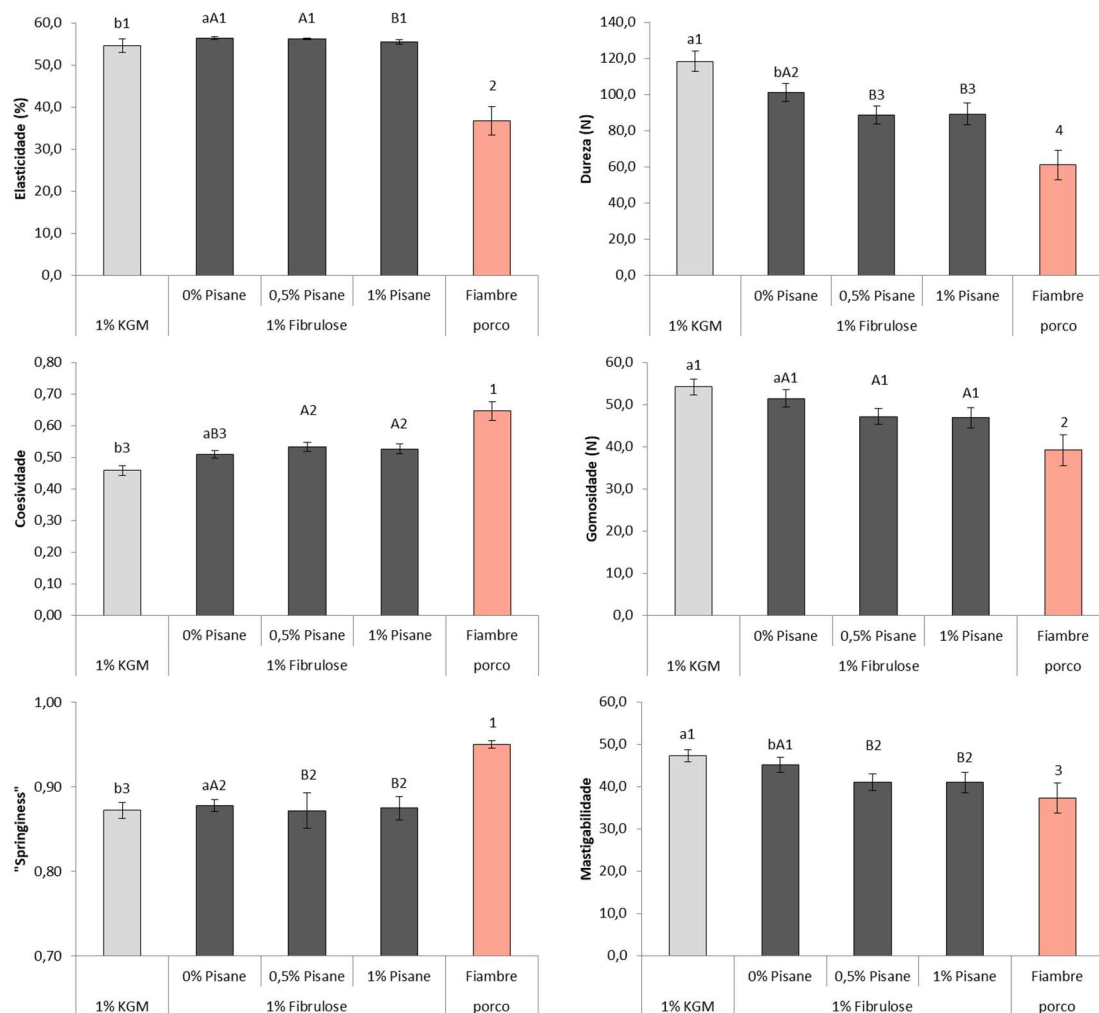


Figura 59. Valores médios da elasticidade (teste de compressão-relaxamento) e da dureza, coesividade, gomosidade, "springiness" e mastigabilidade (TPA) dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco. As barras de erro representam o desvio-padrão (n=8). Letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de KGM e com 1 % de fibrulose (0 % de pisane). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de fibrulose e pisane (0 %; 0,5 % e 1 %). Números indicam a diferença entre todos os fiambres. KGM (glucomanano de konjac).

No teste de compressão mais drástico (a 80 % da altura da amostra do teste), constatou-se que a adição de fibrulose, em substituição de KGM, permitiu obter fiambre de corvina com maior distância à rutura, não se tendo observado efeito significativo na adição de pisane (Figura 60). Deste modo, a adição de fibrulose permitiu obter valores neste parâmetro idênticos ao obtido no fiambre da perna extra de porco. Do mesmo teste de compressão, pode-se observar que os fiambres de corvina apresentaram valores de força à rutura

significativamente maiores que o de fiambre da perna extra de porco (Figura 60). No entanto, na comparação dos valores obtidos neste parâmetro em todos os fiambres de corvina, verificou-se que a adição de fibrulose, em substituição de KGM, e a adição de pisane, não originaram diferenças significativas.

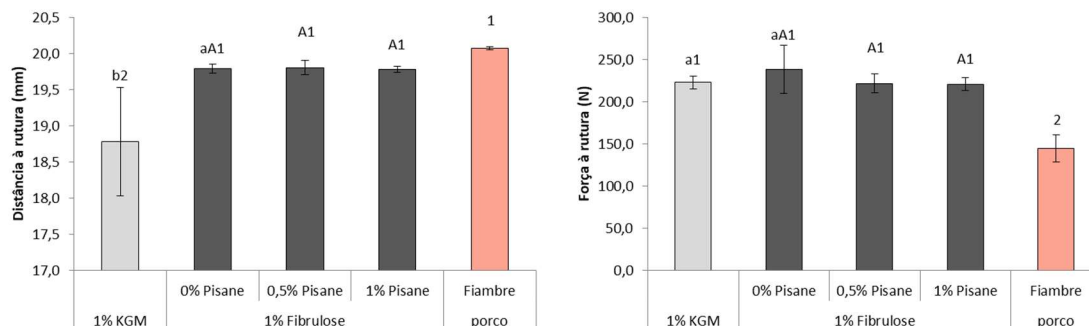


Figura 60. Valores médios da distância à rutura e da força à rutura (teste de compressão a 80 %) dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações e do fiambre da perna extra de porco. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=8$). Letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de KGM e com 1 % de fibrulose (0 % de pisane). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres com 1 % de fibrulose e pisane (0 %; 0,5 % e 1 %). Números indicam a diferença entre todos os fiambres. KGM (glucomanano de konjac).

Em resumo, a adição de fibrulose, em substituição de KGM, permitiu obter fiambres de corvina com um pH mais baixo e ligeiro aumento da CRA. Em termos de cor, a fibrulose fez baixar a luminosidade, o tom amarelado, o “chroma” e o matiz (“hue”), mas permitiu o aumento do tom avermelhado e um aumento da brancura (“whiteness”) dos fiambres de corvina. O efeito benéfico da adição da inulina de chicória (fibrulose) na textura dos fiambres de corvina, no sentido de se obter fiambre de peixe com características idênticas às do fiambre da perna extra de porco, verificou-se nos valores dos parâmetros do teste de penetração (deformação à rutura, força à rutura e força de gel), trabalho à rutura, “springiness” e distância à rutura. O mesmo raciocínio se aplica em relação à dureza: o fiambre de porco foi o que revelou valores de dureza mais baixos e, a adição de fibrulose conduziu à diminuição deste parâmetro nos fiambres de corvina.

No desenvolvimento de novos produtos de pescado reestruturado, têm sido realizados estudos sobre a utilização de fibras dietéticas tais como carragenina, inulina de raiz de chicória, garrofina, guar e xantana (Cardoso *et al.*, 2012a; Cardoso, 2011; Cardoso *et al.*, 2009; 2007a, b; Sánchez-Alonso, Haji-Maleki & Borderías, 2007). O objetivo comum destes estudos é o de melhorar a qualidade gelificante, textural e nutricional e desenvolver produtos que sejam atraentes para o consumidor. Alguns aditivos interagem com proteínas para formar um sistema mais estruturado, enquanto outros atuam como enchimento, ligando a água e modificando a viscosidade do sistema (Lee, Wu & Okada, 1992). As diferentes interações entre as fibras e as proteínas podem levar a diferentes resultados.

Segundo Debusca *et al.* (2014), quando as fibras são adicionadas em estado desidratado, como no caso da fibrulose, competem, juntamente com as proteínas, pela água presente. A água presente é aprisionada e deste modo, fica indisponível para a porção proteica, resultando em desidratação parcial da proteína. Consequentemente, as proteínas miofibrilares ficam mais concentradas. Sánchez-González *et al.* (2009), na obtenção de um surimi de Escamudo do Alasca, verificaram que a fibra adicionada absorvia a humidade, resultando numa desidratação parcial da proteína. Por consequência, intensificou a agregação de proteínas devido ao aumento da formação de estruturas secundárias em folhas pregueadas (β -hélice) em detrimento das de conformação em hélice (α -hélice). Este efeito foi proporcional à concentração de fibra adicionada. O aumento da formação de folhas pregueadas (β -hélice) e agregação de proteínas aumenta a elasticidade do gel e resulta em um arranjo mais regular da rede de proteínas, o que demonstrou ser benéfico à força de gel (Sánchez-González *et al.*, 2009). Os géis de inulina podem conter também microcristais não dissolvidos que, ao interligarem-se, formam uma rede capaz de interagir com o solvente e outras partículas de inulina, aumentando assim a força de gel (Duynhoven *et al.*, 1999; Franck, 2002; Kim *et al.*, 2001; Ronkart *et al.*, 2010).

Também pode ser levantado a hipótese de que a fibra adicionada pode formar a sua própria sub-rede dentro da matriz de gel de proteína; e, portanto, agir sinergicamente sobre a elasticidade geral dos surimi géis (Chen, 2006).

Ramírez *et al.* (2011), afirmaram que a inulina da raiz de chicória, fibra solúvel, tem sido utilizada como aditivo em produtos de peixe reestruturados, em detrimento de propriedades mecânicas, especificamente a dureza. O facto da adição de fibra de chicória, fazer baixar a dureza e aumentar a elasticidade dos géis também já foi relatada por Cardoso *et al.* (2007a) e Cardoso (2011), em géis de pescada do Cabo (*Merluccius capensis*) e, mais tarde, por Cardoso *et al.* (2012a) em géis de dourada e corvina. Os resultados destes autores são semelhantes aos obtidos no presente trabalho. O facto de a dureza ter diminuído com a adição de fibra de chicória é positivo pois possibilitou obter fiambre de corvina com um valor deste parâmetro mais próximo ao do fiambre da perna extra de porco.

Cardoso (2011) estudou o efeito de fibras dietéticas em géis de pescada do Cabo (*Merluccius capensis*) e verificou que o efeito mais importante foi a redução das ligações hidrogénio entre as proteínas do peixe. Segundo este autor, as fibras dietéticas, com um número muito grande de grupos $-OH$, poderão interagir com os resíduos de proteínas envolvidos nas ligações de hidrogénio, causando alterações de conformação nas proteínas. Este efeito permite deduzir que as mudanças observadas nas propriedades dos géis não são apenas o resultado da presença da fibra dietética na estrutura do gel, mas também de um grau

substancial de interação entre a proteína e a fibra (Cardoso, 2011). Sabe-se também que o surimi com menor concentração de proteína apresenta características de gelificação térmica mais pobre, produzindo géis com propriedades texturais mais pobres (Kim, Park & Yoon, 2005).

A fibrulose quando combinada com o pisane teve um efeito favorável na textura dos fiambres de corvina, nomeadamente na redução da elasticidade, dureza e mastigabilidade e maior coesividade (parâmetros mais próximos aos do fiambre de porco). Para os valores destes parâmetros, a quantidade adicionada de pisane foi de 1 %, 0,5 %, 0,5 % e 0,5 % respetivamente. Não se verificaram efeitos significativos a nível da gomosidade, distância e força à rutura.

A adição de proteína de ervilha nos fiambres de corvina contribuiu para uma diminuição da deformação e força à rutura, da força de gel, do trabalho à rutura, elasticidade, dureza, “springiness” e mastigabilidade. Também Tomé *et al.* (2015), ao estudarem o efeito da adição de diferentes proporções de proteínas comerciais de ervilha, nas propriedades físicas de géis e emulsões de proteína obtida de subprodutos de pescada do Cabo (*Merluccius capensis*) verificaram que a adição de proteínas de ervilha induziu a uma diminuição da firmeza do gel.

Segundo Ziegler & Foegeding (1990), misturas de proteínas podem criar sistemas compatíveis, semicompatíveis ou incompatíveis, dependendo da interação entre os dois tipos diferentes de proteína. O tipo de interação entre as proteínas irá afetar as propriedades do gel. Neste caso concreto poderemos estar perante um sistema incompatível de proteínas, uma vez que a adição do isolado de proteína de ervilha nos fiambres gerou uma diminuição de vários parâmetros de textura. Provavelmente a presença do isolado de proteína de ervilha prejudicou o processo de gelificação das proteínas de corvina mas, devem ser realizados mais estudos sobre este efeito.

7.3.1.5 Análise sensorial

Em termos da avaliação sensorial realizada aos fiambres de corvina (Figura 61), os fiambres apresentaram na generalidade aromas de baixa intensidade. Apenas o aroma a fiambre apresenta uma maior intensidade, mas não foi considerado desagradável. O mesmo se constata na avaliação dos sabores.

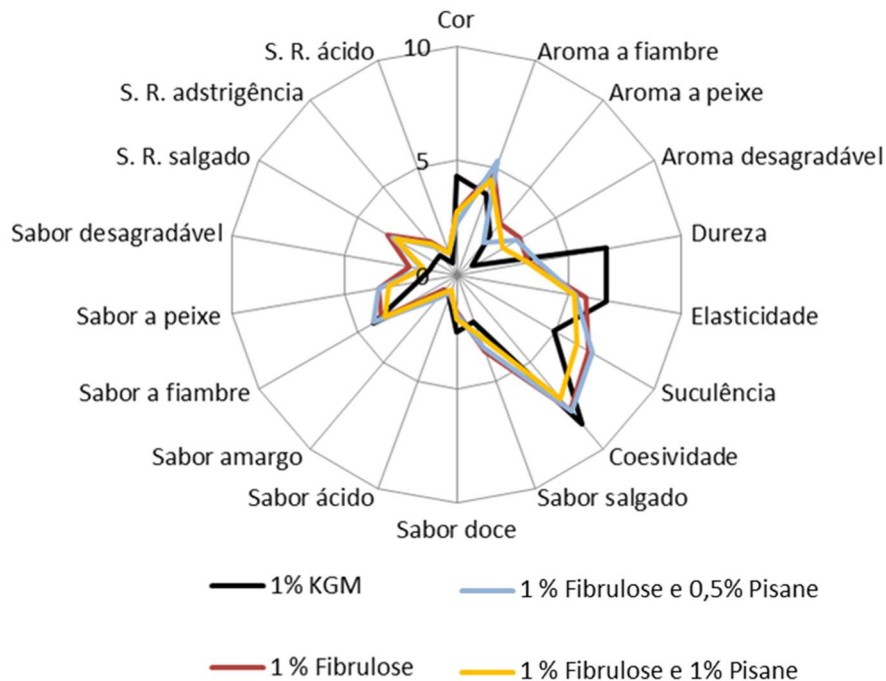


Figura 61. Resultados obtidos na análise sensorial dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações. KGM (glucomanano de konjac).

Da avaliação sensorial realizada aos fiambres de corvina, embora sem diferenças significativas, destacam-se os fiambres de corvina com 1 % de KGM (Figura 61), que foram considerados os mais escuros, mais duros, mais elásticos e coesos.

Nos fiambres com fibrulose, destacou-se o com 0,5 % de pisane, sendo avaliado como tendo mais aroma a fiambre, mais duro e coeso (a seguir ao fiambre com KGM), mais suculento, com mais sabor amargo, a fiambre (tal como o com KGM), a peixe (igual ao sem pisane). A coesividade teve uma avaliação similar à do fiambre só com fibrulose.

Na apreciação global (Figura 62), embora não se tenham verificado diferenças significativas, o fiambre de corvina capturada no inverno com 1 % de KGM, ou o fiambre com 1% de fibrulose e 0,5% de pisane, foram os mais apreciados pelos provadores.

Embora os provadores que participaram nestas análises sensoriais fossem pessoas treinadas para provar peixe, o facto de estarem a provar um produto novo pode justificar os elevados desvios padrões obtidos (Tabela 6,7 e 8 do Apêndice 4) e a falta de significância das diferenças. Também se sabe que a análise sensorial, ao contrário da análise instrumental, é subjetiva e as “medições” efetuadas pelos especialistas podem ser facilmente afetadas por fatores psicológicos ou fisiológicos (Kemp, Hollowood & Hort, 2009).

Em suma, verificou-se que o efeito da substituição do KGM pela fibrulose e adição de pisane foi favorável na obtenção de fiambre de corvina com boa aceitação sensorial e com características texturais mais semelhantes às do fiambre da perna extra de porco. O fiambre

com esta formulação tem ainda a vantagem de ter na sua composição ingredientes que o melhoram em termos nutricionais.

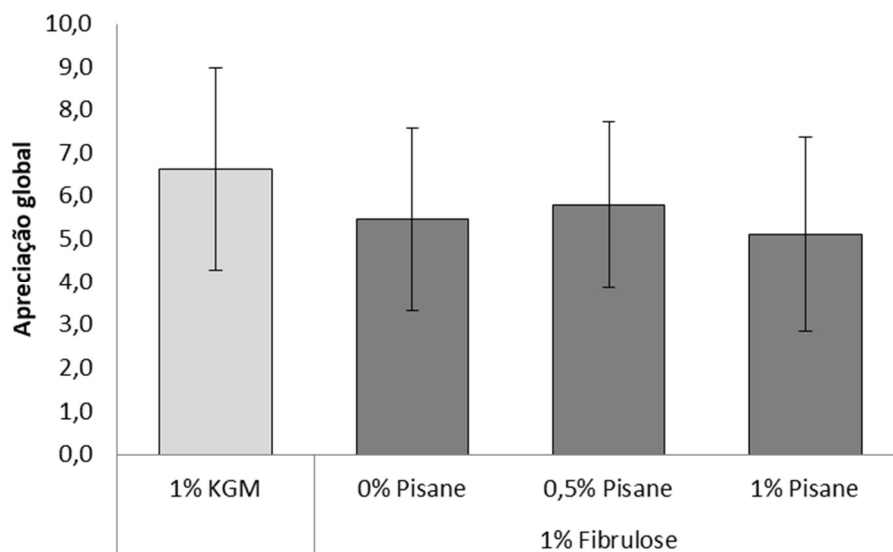


Figura 62. Apreciação global obtida na análise sensorial dos fiambres de corvina de Inverno com diferentes formulações. KGM (glucomanano de konjac).

A análise sensorial permite-nos ter uma ideia mais concreta da aceitação de um produto alimentar e pode refletir a influência que determinados ingredientes podem ter sobre o mesmo.

O resultado obtido na avaliação sensorial permitiu-nos verificar se os fiambres apresentavam características evidentes de rejeição ou de aceitação e, de entre as formulações usadas, qual a mais bem aceite. Os resultados obtidos na análise sensorial reforçam o potencial que estes fiambres podem ter no mercado. Todavia, sabe-se que a opinião do consumidor é afetada pelo contexto em que o alimento é provado e pelas expectativas que alguns fatores externos, como marca ou preço, irão exercer (Lawless, 1995; Moskowitz, 1995).

7.4 Preferência do consumidor quanto à cor do fiambre de peixe, através de inquéritos “on-line”.

Numa fase inicial de desenvolvimento e colocação de um novo produto no mercado, deverá ser tido em conta o conhecimento do cliente provável, visto que este tem uma experiência de vida, uma história e características que determinam o seu comportamento aquisitivo. Idade, sexo, local de residência, nível de rendimento e grau de instrução são apenas alguns dos parâmetros que influenciam este comportamento.

Sabendo-se que a cor dos fiambres de peixe pode ser melhorada/alterada pela adição de corantes derivados de fontes naturais, fez parte do 2.º objetivo deste trabalho perceber,

através de um inquérito “on-line” (Apêndice 2), qual a preferência da cor de um fiambre de peixe na ótica do consumidor.

O inquérito foi respondido por 2237 pessoas, distribuídas por Portugal e outros países conforme se pode observar na Figura 63.

A caracterização dos inquiridos encontra-se apresentada na Tabela 27, onde se pode constatar que das 2237 pessoas, 70,6 % eram do género feminino e 29,4 % do género masculino. Para os dois géneros, a faixa etária que obteve o maior número de respostas foi a dos 26 aos 44 anos, seguida pela dos 16 aos 25 anos e a dos 45 aos 60 anos. Por este facto e para facilitar a apresentação e discussão dos resultados, estes serão tratados considerando apenas 4 faixas etárias: 25 ou menos anos, dos 26 aos 44 anos, dos 45 aos 60 anos e 61 ou mais anos.

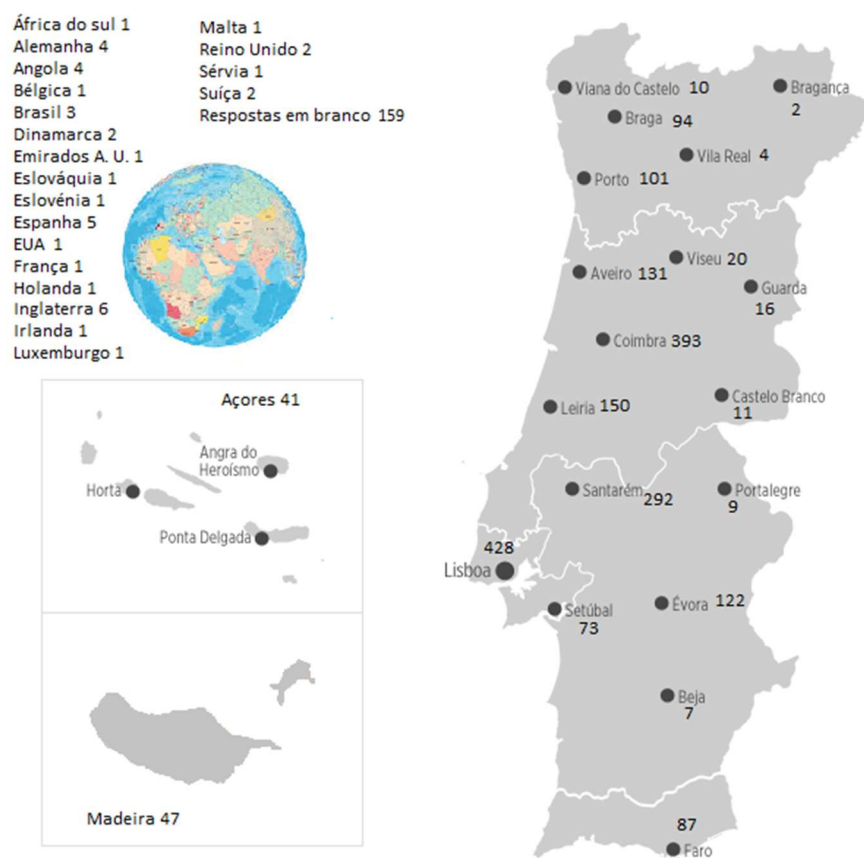


Figura 63. Número de respostas ao inquérito por distrito e por países estrangeiros.

Na Tabela 27 pode-se observar que o maior número de respostas foi dado por indivíduos com formação superior. Sobre o nível de formação, pode-se constatar que são os inquiridos da faixa etária entre os 26-44 anos que detêm mais habilitações, independentemente do género (Figura 64). O grau de formação que mais se evidencia é o de bacharelato ou licenciatura. Contrariamente ao género masculino, que tem um número de

inquiridos com mestrado ou pós-graduação muito semelhante ao do ensino secundário ou equivalente (12º ano), no género feminino é evidente um número maior de inquiridas com mestrado ou pós graduação.

Tabela 27. Características sociodemográficas dos inquiridos

Características sociodemográficas		N = 2237	%
Género			
	Feminino	1579	70,6
	Masculino	658	29,4
Idade			
	15 ou menos	5	0,2
	16 - 25 anos	677	30,3
	26 - 44 anos	1056	47,2
	45 - 60 anos	445	19,9
	61 - 75 anos	50	2,2
	76 ou mais anos	4	0,2
Nível de formação			
	1º ciclo do ensino básico (4º ano)	3	0,1
	2º ciclo do ensino básico (6º ano)	8	0,4
	3º ciclo do ensino básico ou equivalente (9º ano)	28	1,3
	Ensino secundário ou equivalente (12º ano)	439	19,6
	Bacharelato ou licenciatura	906	40,5
	Mestrado ou pós graduação	261	11,7
	Doutoramento	592	26,5

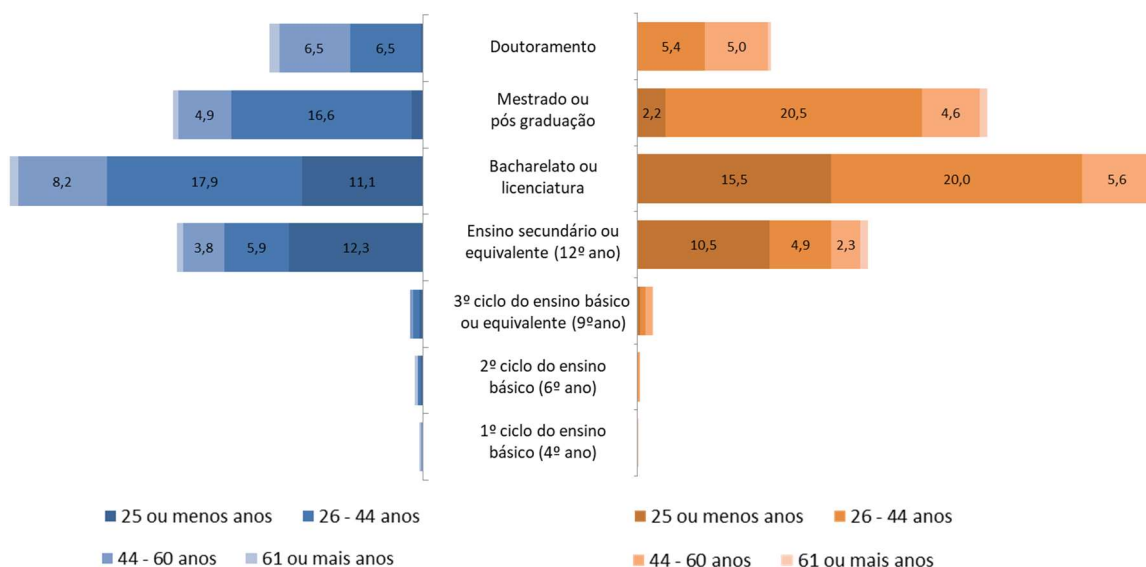


Figura 64. Nível de formação dos inquiridos, por género e grupo etário. Do total das respostas (2237), o género feminino (■) representa 70,6 % e o género masculino (■) 29,4 %.

Sobre a responsabilidade pelas compras em casa pode-se verificar que das 1579 mulheres, 1280 (81,1 %) são as responsáveis por essa tarefa e, no grupo dos homens, dos 658 inquiridos, 437 (66,4 %) assumiu essa responsabilidade (Figura 65). Entre as faixas etárias onde se obtiveram mais respostas, verificou-se que o género feminino e o masculino apresentaram maior responsabilidade pelas compras entre os 26 e os 60 anos.

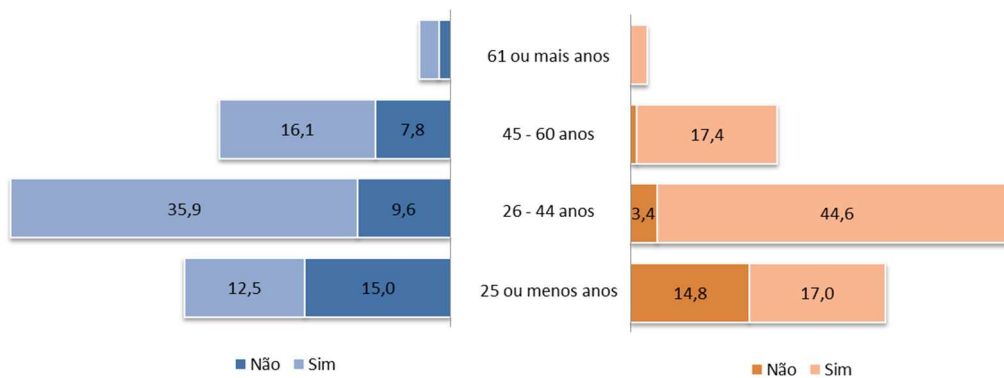


Figura 65. Frequências relativas sobre se os inquiridos assumem a responsabilidade das compras em casa (em %), por género e grupo etário. Do total das respostas (2237), o género feminino (■) representa 70,6 % e o género masculino (■) 29,4 %.

Para caracterizar o consumo de fiambre, este grupo de inquiridos foi questionado quanto ao facto de serem consumidores de fiambre e se sim, se de peru e/ou frango e/ou porco. Constatou-se que dos 2237 inquiridos, só 10,8 % não são consumidores de fiambre, equivalendo a 10,7 % do género feminino (total de 1579 inquiridas) e 10,9 % do género masculino (total de 658 inquiridos) (Figura 66). Dos que se consideraram consumidores de fiambre, verificou-se que as espécies preferidas foram, para o género feminino, o de peru, o de porco e os de peru/frango. O género masculino preferiu maioritariamente o de porco, os de porco/perú/frango e o de peru.

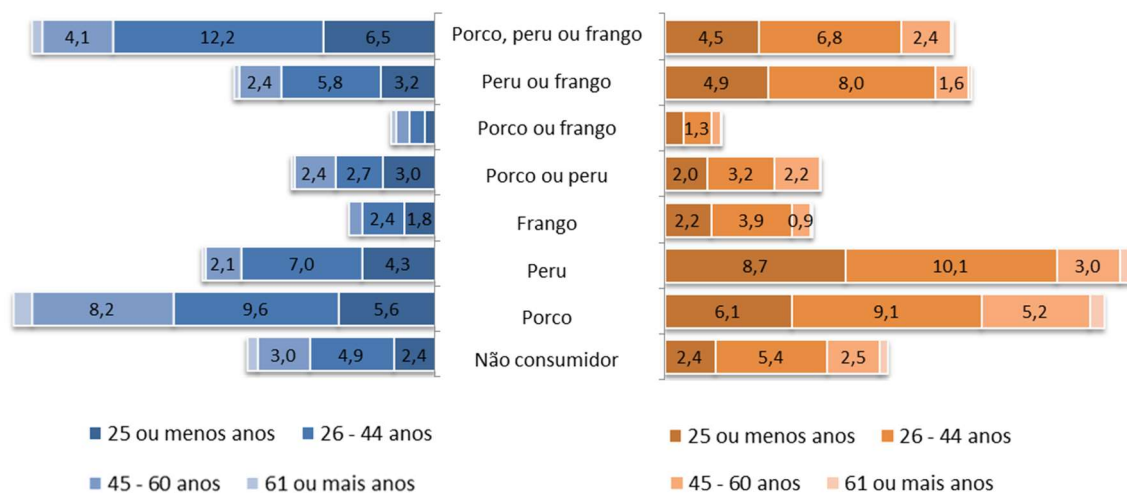


Figura 66. Frequências relativas (%) da preferência de consumo ou não de fiambre e, se sim, de fiambres de porco, peru e ou frango, em função do género e faixa etária dos inquiridos. Os inquiridos podiam escolher mais do que uma opção. Do total das respostas (2237), o género feminino (■) representa 70,6 % e o género masculino (■) 29,4 %.

Nos grupos etários onde se obtiveram maior número de respostas, constatou-se que, no género feminino a preferência da espécie, por ordem decrescente, foi:

- Dos 25 ou menos anos e entre os 26 - 44 anos, fiambre de peru, de porco e peru/frango;

- Entre os 45 - 60 anos, fiambre de porco, de peru, de porco/peru/frango.

No género masculino:

- Dos 25 ou menos anos e entre os 26 – 44 anos, fiambre de porco/peru/frango, de porco, de peru;
- Entre os 45 - 60 anos, de porco, de porco/peru/frango e empataados, de peru/frango e de porco/peru.

A preferência pelo fiambre de peru, no género feminino e nas faixas etárias de menor idade, provavelmente denuncia já haver uma maior preocupação no consumo preferencial de carnes brancas. No género masculino não se verifica essa tendência, e numa primeira escolha, não é visível uma preferência tão definida pela espécie; porém, o peru repete-se nas preferências de espécie. Na faixa etária dos 45 – 60 anos, para os dois géneros, a escolha recai no fiambre de porco, provavelmente pelo hábito instalado ao longo dos anos.

A frequência de consumo também foi estudada e, independentemente do género e por ordem decrescente, constatou-se que foi cerca de 3 x por semana, cerca de 1 x por semana, raramente e por fim diariamente (Figura 67). O género feminino, em relação ao género masculino, apresenta maior tendência para raramente consumir fiambre ou cerca de 1x por semana, principalmente até aos 44 anos. O género masculino, em relação ao feminino, apresenta uma maior frequência de consumo de fiambre de cerca de 3x por semana (entre 26 – 44 anos e 45 – 60 anos) e diariamente em todas as faixas etárias.

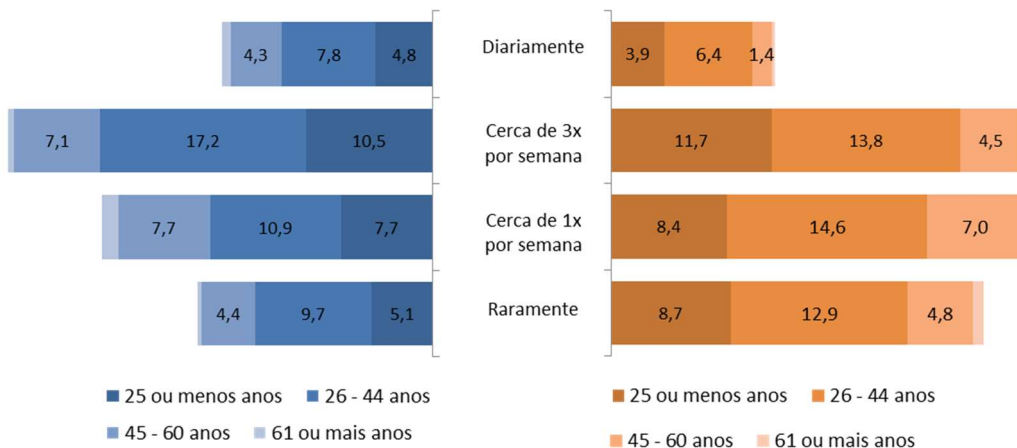


Figura 67. Frequências relativas (%) de consumo de fiambre, num total de 1997 consumidores, 70,6 % do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■).

Sobre o consumo de peixe, apenas 1,4 % (feminino) a 1,1 % (masculino) dos inquiridos respondeu que não consome peixe (Figura 68). O raro consumo de peixe verificou-se mais na faixa etária dos 25 ou menos anos. O consumo 1 x, ou 3 x por semana e diariamente, foram as opções mais escolhidas na faixa etária entre os 26 e 44 anos. Não se verificaram muitas

diferenças entre os géneros quanto à ausência (nunca) de consumo, raramente ou 1 x por semana. O género masculino apresenta uma maior percentagem de consumo diário de peixe quando comparado com o género feminino. Para a frequência de consumo de peixe 3 x por semana é o género feminino que no geral apresenta maiores percentagens.

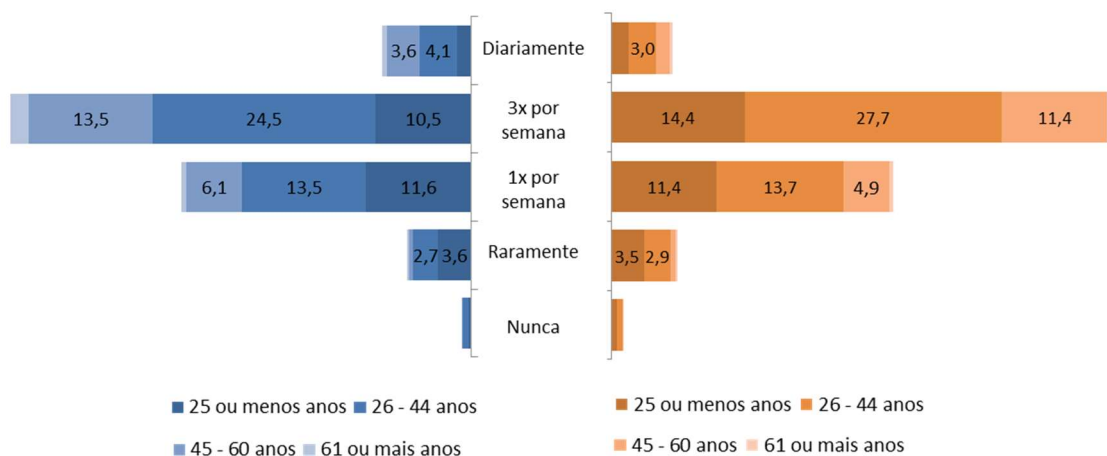


Figura 68. Frequências relativas (%) de consumo de peixe. Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■).

No caso de um dia surgir fiambre de peixe no mercado, foi pedido ao inquirido que, como consumidor, indicasse por ordem decrescente de preferência, quatro das cores apresentadas no inquérito em questão (Apêndice 2). Das 2193 respostas obtidas (1548 inquiridos do género feminino e 645 do género masculino), as quatro cores mais escolhidas foram as A, D, F e I (Figura 69).

Na Figura 70 podem-se visualizar as amostras reais de fiambre com as cores mais votadas e a percentagem de cada uma delas. É interessante perceber que os consumidores deram preferência à cor A que é a que mais se aproxima da cor original do fiambre de corvina (cor I). Esta semelhança é confirmada pelos resultados obtidos na medição dos parâmetros de cor, nomeadamente, os parâmetros L*, a* e b*, que se mediram nas amostras de fiambre com as diferentes adições de corante (6. Materiais e Métodos, Tabela 22, página 81). A amostra A e D têm adições de cochililha (tons vermelhos) em diferentes proporções (0,0005 % e 0,0100 % respetivamente) e a amostra F foi adicionada de 0,350 % de Fibricolor (tons rosa). As cores dos fiambres adicionados com diferentes proporções de corante Instanka (tons laranja) (J, K e L), foram as menos preferidas.



Figura 69. Resultado das cores mais votadas pelos inquiridos

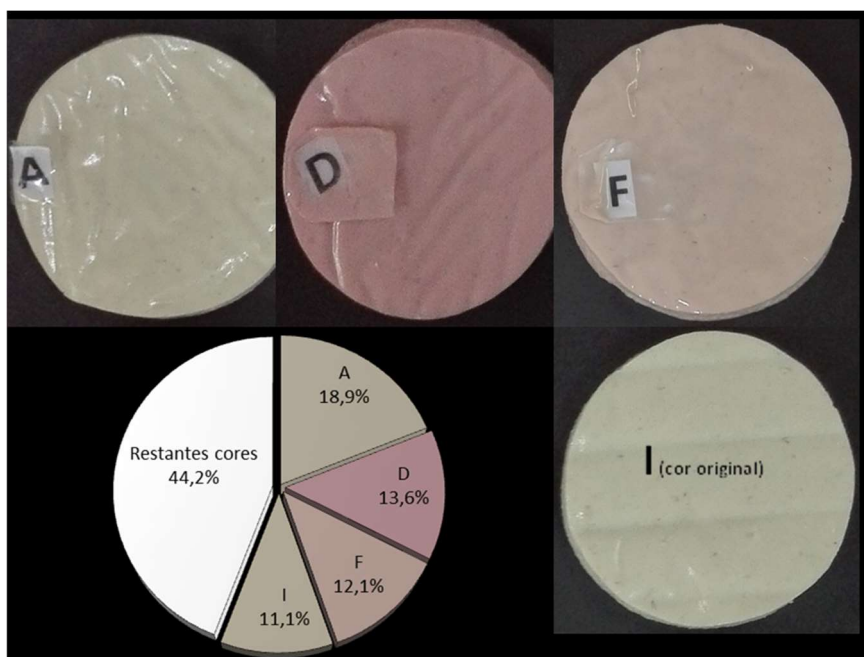


Figura 70. Percentagens das quatro cores mais votadas e aspeto original dos fiambres

Apreciando a tendência dos géneros e respetivas faixas etárias (Figura 71) verificou-se que dos 25 ou menos anos, a cor preferida foi a D (tons mais rosados) e dos 26 aos 44 anos, pelo contrário, a preferência foi a cor A (tom mais pastel). Sobre a cor original do fiambre de corvina (I) pode-se verificar que a sua preferência recaiu nos inquiridos com 26-44 anos.

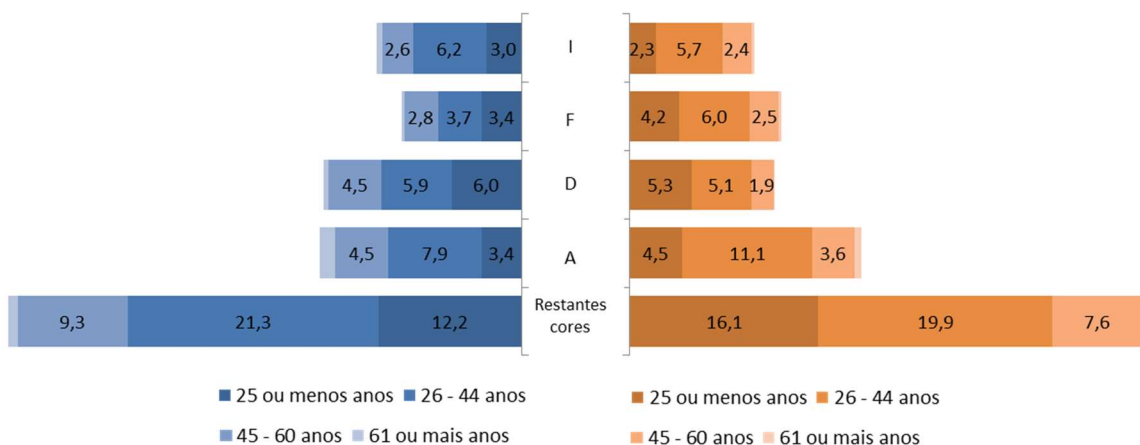


Figura 71. Frequências relativas (%) dos gêneros e grupos de idade em função das cores mais preferidas. Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do gênero feminino (■) e 29,4 % do gênero masculino (■).

Os resultados quanto à questão: “Se este novo produto estivesse atualmente no mercado, acha que seria um potencial comprador?”, encontram-se apresentados nas Figuras 72 e 73. A intenção de compra de fiambre de peixe obteve a maior percentagem de respostas na suposição de “não sei”, que incluem a soma das escolhas de “talvez” e “não sabe” (opções de escolha no inquérito, Apêndice 2). Por se tratar de um produto que não existe no mercado e ainda não foi saboreado, tendencialmente os inquiridos responderam “não sei”. À exceção do gênero feminino com 25 ou menos anos, a opção “sim” foi mais votada do que a “não”. A soma das respostas de “não sei” e “sim” ultrapassa a metade das respostas dadas pelos inquiridos demonstrando assim curiosidade e provável apetência pelo consumo deste produto.

Na globalidade dos inquiridos, verifica-se que o gênero masculino apresenta-se mais decidido e com maior intenção de compra (Figura 72). O gênero feminino apresenta uma relutância em relação a este novo produto ligeiramente superior.

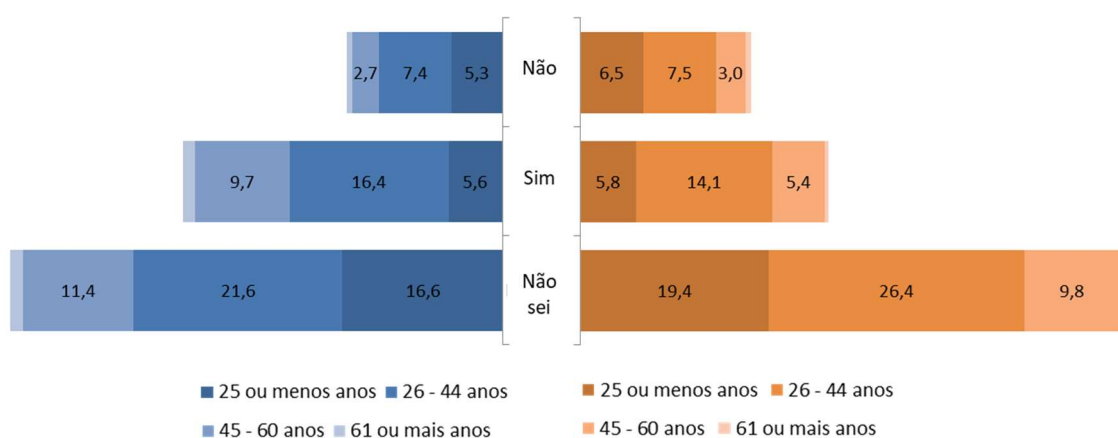


Figura 72. Frequências relativas (%) dos gêneros e grupos de idade em função da seguinte questão: “Se este novo produto estivesse atualmente no mercado, acha que seria um potencial comprador?” Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do gênero feminino (■) e 29,4 % do gênero masculino (■).

Também foi interessante verificar o comportamento dos inquiridos que são ou não consumidores de fiambre de peru, frango e/ou porco face à possibilidade de virem a consumir fiambre de peixe (Figura 73). Para todos estes grupos verificou-se que a resposta “não sei” foi a mais escolhida. Provavelmente pelo facto de este produto alimentar ainda não existir no mercado, a resposta “não sei” seja a de mais fácil decisão. Dos inquiridos que não consomem fiambres, a intensão de não consumo é superior à do consumo, mas constatou-se que o género masculino respondeu mais com a incerteza de compra do que propriamente com a rejeição. De um modo geral, com exceção dos não ou consumidores de fiambre de frango, verificou-se que o género feminino, apresenta maior renitência quanto à intenção de comprar fiambre de peixe.

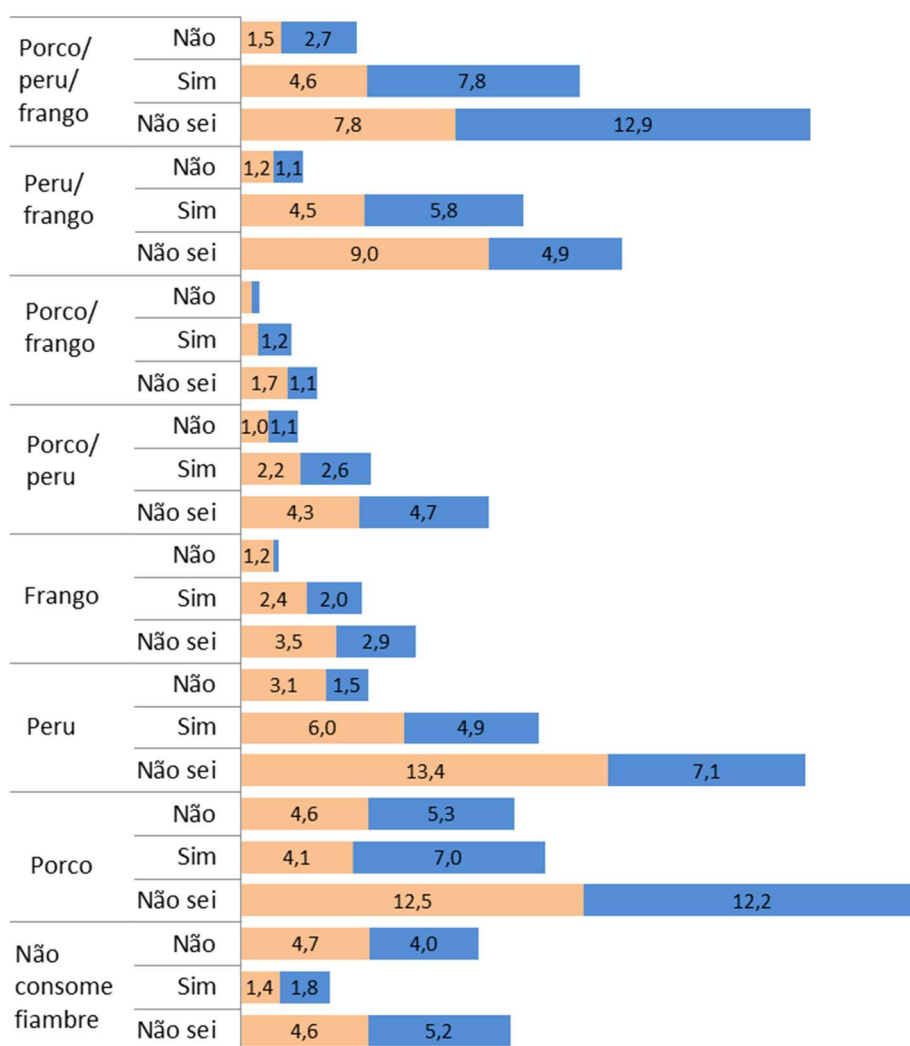


Figura 73. Frequências relativas (%) dos consumidores ou não de fiambre de diferentes espécies relativamente à intenção de compra de fiambre de peixe. Num total de 2237 consumidores, 70,6 % são do género feminino (■) e 29,4 % do género masculino (■).

Os inquéritos aos consumidores requerem uma metodologia rigorosa e estima-se que seja necessário recolher, no mínimo, 400 questionários preenchidos para obter um resultado significativo (União Europeia, 2011). O facto de se ter obtido a opinião de 2237 consumidores permite-nos ter uma ideia mais clara sobre o seu possível comportamento aquisitivo.

Cerca de 78 % das respostas obtidas no inquérito do presente trabalho, representadas essencialmente pelos grupos etários dos 25 anos ou menos e 26-44 anos, correspondem à chamada geração “Millennials” ou geração Y. Esta geração é um grupo próximo de 80 milhões de pessoas nos EUA e que ultrapassa os 51 milhões na Europa, que em 2025 representarão em termos globais 75 % do total da força de trabalho mundial (Deloitte, 2015). É a população que, em 2019, tem idades compreendidas entre os 21 e os 37 anos. Os “Millennials” são a geração mais influente no consumo nos próximos anos.

O nível de formação dos inquiridos no presente inquérito também vai de encontro ao estudo que caracterizou a geração “Millennials”. Segundo o Agrocluster (2017), esta geração possui o nível de educação mais elevado de sempre, detendo mais habilitações que qualquer uma das gerações antecessoras. Em paralelo, perspectiva-se que nos próximos anos venha a consolidar esta evolução educacional, sendo que o género feminino se afirma como líder deste avanço (Agrocluster, 2017).

Em Portugal, segundo os resultados do inquérito alimentar nacional e de atividade física (IAN-AF 2015-2016), redigido por Lopes *et al.* (2016), ainda há uma adesão elevada dos consumidores relativamente ao consumo de produtos tradicionais (queijos, enchidos, doces, entre outros), inclusive por parte da geração “Millennials”. Segundo Lopes *et al.* (2016), em Portugal, a prevalência de consumo de carne processada (> 50 g/dia) é superior nos homens (11,9 %) do que nas mulheres (2,1 %) assim como o consumo de carne vermelha (> 100 g/dia), atingindo os 40,2 % nos homens e 8,4 % nas mulheres. Estes resultados de certa forma confirmam a preferência das mulheres pelo fiambre de peru. No género masculino não se verifica essa tendência; numa primeira escolha não apresentam uma preferência tão definida pela espécie, mas com aceitação preferencial pelo fiambre de porco. Também é o género masculino que apresenta uma maior frequência de consumo de fiambre.

No inquérito do presente trabalho, o género masculino apresentou um consumo de peixe ligeiramente superior ao do género feminino. Este resultado vai de encontro ao obtido no IAN-AF 2015-2016, onde o género masculino apresentou uma maior percentagem de dias de consumo de peixe (47,9 %) em relação ao género feminino (43,8 %).

Atualmente há cinco grandes tendências de consumo que estão a redefinir os hábitos alimentares do consumidor português: “smart shopping”, saúde e bem-estar, confiança,

conveniência e experiência (Silva, 2017). O novo contexto de consumo deve ser encarado pelas empresas como uma oportunidade de diferenciação e reposicionamento (Silva, 2017).

O fiambre de corvina parece-nos ser um produto alimentar que por reunir estas cinco “condições” satisfaz o atual consumidor. O fiambre de peixe poderá apresentar preços compatíveis com a capacidade de poupança dos consumidores, considerando-se uma compra inteligente. É um produto com vários benefícios para a saúde, garantindo uma maior qualidade de vida, sem comprometer o prazer de comer. O facto de se usar espécies de aquacultura, valoriza a responsabilidade social e ambiental da empresa fornecedora do produto, com garantia da permanência sustentável do planeta e da comunidade. A conveniência é inerente ao fiambre de peixe, pois pode ser colocado à venda em grandes superfícies e em mercearias de bairro, podendo o consumidor obtê-lo sem grande esforço e consumir o mais rapidamente possível. Para a geração “Millennials”, a alimentação é fortemente valorizada, independentemente do género, 60 % diz gostar de experimentar comidas diferentes e em que o ético está na moda (Agrocluster, 2017).

7.5 Caracterização do fiambre de corvina capturada no inverno com adição de 1 % fibra dietética de chicória e 1 % de isolado de proteína de ervilha

7.5.1 Características químicas, reológicas e sensoriais

O fiambre de corvina capturada no inverno, com 1 % de fibra de chicória e 1 % de isolado de proteína de ervilha foi considerado o nosso produto final por apresentar boas características texturais e boa aceitação sensorial. O fiambre apresentou uma humidade de 80,4 % e 13,6 % de proteína, 5,2 % de gordura e 0,8 % de cinzas. Embora as suas características químicas, reológicas e sensoriais já tenham sido referidas anteriormente, na Tabela 28 podem-se visualizar os valores obtidos para o pH, a CRA, os parâmetros de cor, de textura e sensoriais deste fiambre de peixe.

7.5.2 Características nutricionais (ácidos gordos e aminoácidos)

As características nutricionais deste fiambre de peixe foram abordadas quanto ao seu conteúdo em ácidos gordos e aminoácidos.

7.5.2.1 Composição em ácidos gordos

A composição em ácidos gordos deste fiambre pode ser observada na Tabela 29. O fiambre foi obtido com polpa de corvina cujo conteúdo em gordura livre era de 5,2%, e por tal,

considerada uma espécie pouco gorda quando comparada com outros peixes de espécies diferentes (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009).

Tabela 28. pH, CRA e parâmetros de cor, de textura e sensoriais obtidos no fiambre de corvina capturada no inverno, com 1% de fibra de chicória e 1% de isolado de proteína de ervilha.
Valores médios \pm DP

Parâmetros físicos e químicos (n = 4)				
pH	6,6 \pm 0,0	CRA (%)	96,9 \pm 0,4	
Parâmetros de cor (n = 4)		Parâmetros de análise sensorial (n = 8)		
L*	72,6 \pm 0,3	Cor	2,7 \pm 1,4	
a*	4,8 \pm 0,0	Aroma	Fiambre	4,4 \pm 2,4
b*	10,6 \pm 0,1		Peixe	2,9 \pm 2,4
“chroma”	11,6 \pm 0,1		Desagradável	2,3 \pm 2,6
“whiteness”	70,2 \pm 0,2	Textura	Dureza	3,1 \pm 1,2
“hue”	65,5 \pm 0,1		Elasticidade	5,2 \pm 3,4
Parâmetros de textura (n = 8)			Suculência	6,1 \pm 2,2
Deformação máxima (mm)	8,9 \pm 0,5		Coesividade	7,1 \pm 2,7
Força máxima (N)	2,5 \pm 0,2		Salgado	2,8 \pm 2,2
Força de gel (N.mm)	22,2 \pm 1,9	Sabor	Doce	2,0 \pm 1,8
Trabalho à rutura ($\times 10^{-3}$ J)	11,4 \pm 0,9		Ácido	0,7 \pm 0,6
Elasticidade (%)	55,5 \pm 0,5		Amargo	1,1 \pm 1,4
Dureza (N)	89,1 \pm 6,0		Fiambre	3,7 \pm 2,6
Coesividade	0,5 \pm 0,0		Peixe	3,0 \pm 2,4
Gomosidade (N)	46,8 \pm 2,5	Sensação residual	Desagradável	1,5 \pm 1,8
“Springiness”	1,0 \pm 0,0		Salgado	3,1 \pm 2,4
Mastigabilidade	41,0 \pm 2,4		Adstringência	1,8 \pm 1,0
Distância à rutura (mm)	19,8 \pm 0,0	Apreciação global	Ácido	1,0 \pm 0,6
Força à rutura (N)	220,5 \pm 7,8			5,1 \pm 2,3

Tabela 29. Composição em ácidos gordos (mg/g) deste fiambre de peixe.
Valores médios \pm DP (n=2)

Ácidos gordos	%
14:0	0,7
16:0	14,1
18:0	5,8
Outros SFA	1,8
Σ SFA	22,4
16:1 (ω 9+ ω 7)	1,7
18:1 (ω 9+ ω 7+ ω 5)	25,4
20:1 (ω 11+ ω 9+ ω 7)	1,1
Outros Mufa	1,3
Σ MUFA	29,4
18:2 ω 6	36,9
18:3 ω 3 ALA	3,0
20:5 ω 3 EPA	0,7
22:6 ω 3 DHA	3,7
Outros PUFA	2,8
Σ PUFA	47,1
Σ ω 3	8,5
Σ ω 6	38,2
Razão ω 3/ ω 6	0,2
Razão ω 6/ ω 3	4,5

A composição em ácidos gordos do fiambre de corvina foi considerada como boa para a saúde, pois os ácidos gordos mais abundantes foram os polinsaturados (PUFA – polyunsaturated fatty acid), seguidos pelos monoinsaturados (MUFA – monounsaturated fatty acid). Os ácidos gordos mais abundantes nos lípidos extraídos do fiambre de corvina foram o ácido linoleico (18:2 ω 6), o ácido oleico (18:1 ω 9+ ω 7+ ω 5) e ácido palmítico (16:0). Estes três principais ácidos gordos representam cerca de 76 % do total de ácidos gordos.

Dos ácidos gordos insaturados, verificou-se uma presença superior do ácido docosahexaenóico (DHA) em relação ao ácido eicosapentaenóico (EPA), com o somatório a representar cerca de 4,4 %. A razão ω 3/ ω 6 foi de 0,2 e a razão ω 6/ ω 3 foi de 4,5.

Embora se desconheça a dieta à qual foram submetidas as corvinas usadas para o fabrico de fiambres, sabe-se que concentrações mais elevadas de ácido oleico e linoleico em peixes de aquacultura são atribuídas ao uso de óleos vegetais (Nasopoulou & Zabetakis 2012; Pickova & Mørkøre, 2007). Talvez este aspeto justifique o facto dos fiambres de corvina terem conteúdos mais elevados de ácido linoleico e ácido oleico. Resultados ligeiramente diferentes obtiveram Grigorakis *et al.* (2011), em corvina crua e Costa *et al.* (2013), em corvina crua e cozida. Estes autores verificaram que os ácidos gordos mais abundantes foram o ácido oleico e o palmítico (18:1 ω 9 e 16:0, respetivamente), seguido pelo ácido docosahexaenóico e o linoleico (22:6 ω 3 ou DHA e 18:2 ω 6, respetivamente). Estes ácidos gordos principais representaram cerca de 64 % do total de ácidos gordos.

Sobre o DHA e o EPA, sabe-se que todos os peixes os contêm; no entanto, as quantidades variam entre espécies e dentro de uma espécie de acordo com variáveis ambientais, tais como a dieta e se são selvagens ou de aquacultura (Kris-Etherton *et al.*, 2002). Também é do conhecimento geral que os ácidos gordos DHA e EPA são essenciais, melhoram a qualidade de vida e diminuem o risco de morte prematura (Kidd, 2007). Além da importância na prevenção de doenças cardiovasculares, em ensaios clínicos, demonstrou-se que as combinações de DHA e EPA beneficiam o transtorno de “deficit” de atenção/hiperatividade (DA/DH), autismo, dispraxia, dislexia e agressão (Kidd, 2007).

Têm sido muitas as recomendações sobre a dose diária a ingerir (mg/dia) de ácidos gordos de cadeia longa (DHA + EPA). A Global Organization for EPA and DHA Omega-3S (GOED, 2019) recomenda o consumo de 500 mg de EPA e DHA por dia para a saúde geral e, quantidades maiores, para estágios específicos da vida ou condições de saúde. Indivíduos com doença cardíaca coronária podem precisar de ingerir diariamente cerca de 1000 mg de DHA + EPA (GOED, 2019; Kris-Etherton *et al.*, 2002). Para a European Food Safety Authority (EFSA), (2017), uma ingestão de 250 mg por dia de DHA + EPA parece ser suficiente para a prevenção primária em indivíduos adultos saudáveis. Os fiambres de corvina apresentaram um conteúdo

de DHA + EPA de cerca de 4,4 % do total dos ácidos gordos, pelo que o seu consumo poderá contribuir para uma dieta saudável.

A EFSA (2017), devido aos diferentes efeitos metabólicos dos diferentes ácidos gordos poliinsaturados, não propõe um valor de referência alimentar para a razão $\omega 3/\omega 6$, pois não há dados em humanos suficientes sobre os efeitos clínicos e bioquímicos finais. Para a EFSA (2017) não é possível recomendar uma proporção independente dos níveis absolutos de ingestão. Já Simopoulos (2016) considera que um valor baixo na relação $\omega 3/\omega 6$ está associado a um ganho de peso (em animais e humanos), enquanto uma elevada ingestão de ácidos gordos $\omega 3$ diminui esse risco. Mas, a relação ótima pode variar com a doença que se estiver a considerar. A razão $\omega 3/\omega 6$ de 0,2 obtida nos fiambres de corvina é considerada abaixo do recomendado. O teor de ω -3 PUFA em peixes de aquacultura é geralmente mais baixo do que em peixes selvagens porque as dietas utilizadas geralmente contêm altas proporções de gorduras de fontes vegetais que são ricas em SFA e MUFA, mas deficientes em ω -3 PUFA (Grigorakis, 2007).

Por outro lado, o valor obtido da relação $\omega 6/\omega 3$ dos fiambres de corvina (4,5) não se afasta muito dos valores sugeridos por Simopoulos (2002), cujo valor ideal deverá variar de 1/1 a 4/1, dependendo da saúde do consumidor em questão.

Considerando que a polpa utilizada dizia respeito a corvinas capturadas no inverno, período no qual têm o menor conteúdo em gordura, os fiambres apresentaram um conteúdo baixo de ácidos gordos.

7.5.2.2 Composição em aminoácidos

A composição em aminoácidos do fiambre de corvina encontra-se apresentada na Figura 74. A lisina (LYS) foi o aminoácido essencial encontrado em maior percentagem seguido pela leucina (LEU) e a treonina (THR). Dos aminoácidos não essenciais, foram detetados em maiores quantidades o ácido glutâmico (GLU), o ácido aspártico (ASP), a prolina (PRO) e a alanina (ALA). O triptofano (aminoácido essencial) e a cisteína (aminoácido não essencial) não foram determinados porque são degradados durante a hidrólise ácida da amostra.

Face às necessidades diárias de ingestão de aminoácidos essenciais foram calculados os “scores” em função dos respetivos valores de referência (Figura 75). A lisina (LYS) foi o aminoácido essencial que apresentou um maior excesso face à necessidade diária seguido pela treonina (THR), fenilalanina (PHE) + tirosina (TYR), histidina (HIS), isoleucina (ILE), valina (VAL), leucina (LEU) e metionina (MET). Embora não apareça representado, o triptofano também foi detetado, mas em menores quantidades que a metionina. O “score” da fenilalanina foi calculado juntamente com a tirosina (aminoácido não essencial), porque o valor de referência

para o seu cálculo é dado para a soma destes dois aminoácidos aromáticos. A tirosina é o produto metabólico do catabolismo da fenilalanina e por tal, depende da quantidade suficiente de fenilalanina para suprir as necessidades de ambos os aminoácidos (FAO, 2007).

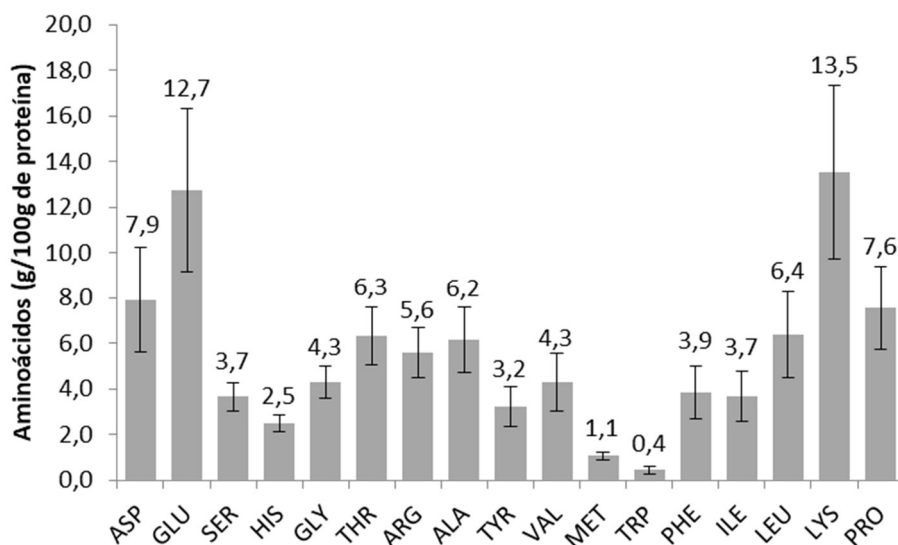


Figura 74. Aminoácidos (g/100g de proteína) detetados no fiambre de corvina.

Todos os aminoácidos de fiambre de corvina apresentaram maiores concentrações em comparação com a concentração padrão de referência da FAO (2013) em relação aos requisitos de aminoácidos. Por esse motivo, à exceção da metionina, todos os aminoácidos apresentaram um “score” superior a 100 %.

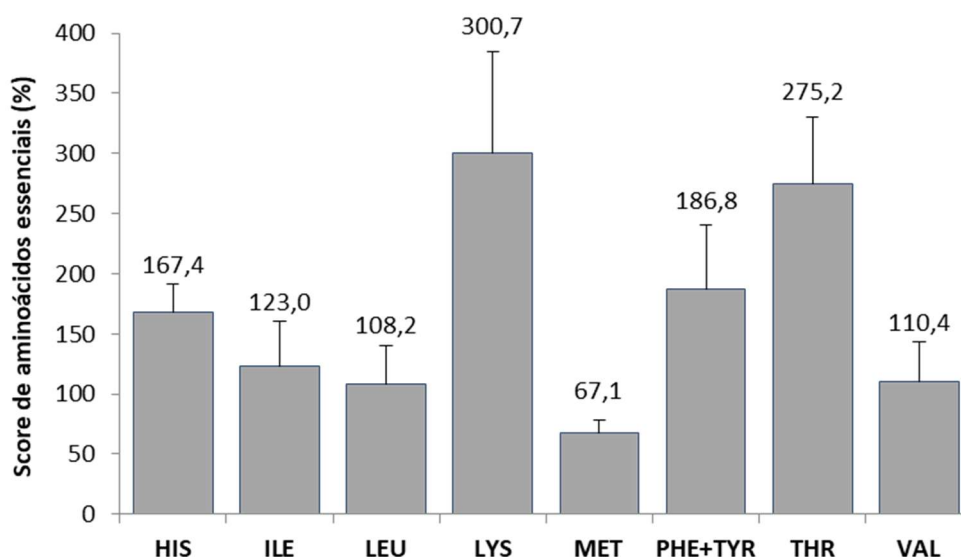


Figura 75. “Score” de aminoácidos essenciais (%) detetados no fiambre de corvina.

“Score” de aminoácidos essenciais (%) = Aminoácidos essenciais (mg/g proteína) × 10/aminoácidos essenciais no padrão de referência (mg/g proteína) × 100. O padrão de aminoácidos essenciais de referência foi o sugerido por FAO (2013).

O conhecimento da composição de aminoácidos dos alimentos serve como base para estabelecer seu potencial valor nutritivo (Mohanty *et al.*, 2014). Pode também permitir a avaliação de mudanças no valor nutritivo que possam surgir na preparação, processamento e armazenamento de alimentos (Mohanty *et al.*, 2014).

O músculo de peixe, atendendo à sua composição em aminoácidos, é uma proteína de alto valor biológico (Belitz *et al.*, 2009), desempenhando um papel importante na nutrição humana (Mohanty *et al.*, 2014). O peixe é rico em aminoácidos essenciais (entre eles a lisina, metionina, treonina e triptofano) (Sikorski *et al.*, 1994) e estão presentes nas proteínas do peixe em quantidades adequadas (Silva, 2016).

No fiambre de corvina, os aminoácidos essenciais encontrados em maiores quantidades foram a lisina, a leucina e a treonina. Outras espécies também muito ricas nestes aminoácidos foram referidas por Mohanty *et al.* (2014), nomeadamente a anchova (*Stolephorus commersonii*) e o atum albacora (*Thunnus albacores*). Saavedra *et al.* (2017), num estudo comparativo entre corvinas selvagens e de aquacultura, obtiveram valores de treonina de $4,38 \pm 0,34$ e $4,2 \pm 0,54$, respetivamente, um pouco inferiores aos obtidos no nosso fiambre de corvina ($6,3 \pm 1,3$). O conteúdo de lisina também foi mais elevado no nosso fiambre de corvina ($13,5 \pm 3,8$) comparativamente às corvinas selvagens ($5,5 \pm 0,55$) e de aquacultura ($4,9 \pm 0,99$) estudadas por Saavedra *et al.* (2017). O facto de se ter enriquecido o fiambre de corvina com isolado de proteína de ervilha pode ter contribuído para esta diferença e para a maior quantidade deste aminoácido no fiambre de corvina. Sabe-se que, do ponto de vista nutricional, a proteína de ervilha tem uma composição equilibrada em aminoácidos, especialmente em lisina (Nunes, 2005).

A metionina apresentou valores mais baixos no fiambre de corvina e, segundo Belitz *et al.* (2009), este aminoácido é muito sensível ao calor. Provavelmente a sua menor quantidade deveu-se à degradação ocorrida durante o tratamento térmico ao qual o fiambre foi submetido.

Na comparação do valor de referência da FAO/OMS para os requisitos de aminoácidos, à exceção da metionina, os outros aminoácidos presentes no fiambre de corvina tiveram um conteúdo mais elevado e o “score” foi superior a 100 %. Estes resultados permitem-nos concluir que a proteína do fiambre de corvina é de elevada qualidade.

7.5.3 Características microbiológicas

O estudo da estabilidade microbiológica do fiambre foi realizado num período de 42 dias, onde se iniciaram as análises no dia seguinte à obtenção dos fiambres (dia 1) e repetidas a cada 7 dias até perfazer os 42 dias (semana 7).

Do ponto de vista microbiológico, até às 6 semanas, o tratamento térmico ao qual os fiambres foram submetidos, garantiram valores aceitáveis para os grupos de microrganismos analisados (Tabela 30).

No que diz respeito aos microrganismos indicadores de qualidade geral, verificou-se que na sétima semana (42 dias), na contagem de microrganismos aeróbios a 30 °C (mesófilos), as amostras do fiambre apresentam valores superiores ao limite aceitável ($< 10^4$) (HPA, 2009). Na contagem dos microrganismos psicrótrópicos, verificou-se que após a primeira semana, a contagem reduziu drasticamente, provavelmente devido à diminuição do oxigénio disponível. Também se observou a presença de bolores e leveduras a partir da 4.^a semana (21 dias após obtenção dos fiambres).

Quanto aos microrganismos indicadores de higiene, nomeadamente os coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterobacteriaceae*, verifica-se que, no período de tempo em estudo não foram ultrapassados os limites de deteção. Os microrganismos indicadores de segurança alimentar, *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus aureus* e os esporos de clostrídios sulfito-redutores, normalmente aparecem à medida que a deterioração se instala e podem causar doenças ao consumidor. Para este grupo de microrganismos registaram-se valores inferiores a 1 log (ufc/g) em todas as semanas. Pelo período em análise, os fiambres apresentaram-se próprios para consumo até ao 35.º dia dados que no 42.º dia os fiambres já apresentam um valor de mesófilos totais superior ao valor recomendado como aceitável.

Embora a pasteurização não garanta a eliminação dos microrganismos esporulados (Sperber, 2009), neste estudo, para os esporos sulfito redutores, também se obtiveram resultados abaixo do limite aceitável.

O número e tipos de microrganismos presentes num alimento podem ser usados para avaliar a segurança microbiológica e a qualidade desse produto (Doyle & Beuchat, 2007). A contagem de microrganismos aeróbios totais, viáveis totais ou mesófilos totais, dá uma indicação da qualidade (Doyle & Beuchat, 2007; Jay 2000; Montville *et al.*, 2005), mas não da segurança não podendo ser usada diretamente para avaliar a segurança de um alimento pronto-a-comer (HPA, 2009).

Tabela 30. Resultados das análises microbiológicas realizadas nos fiambres de corvina pasteurizados. Valores médios \pm DP ($n = 2$).

Dia	Mesófilos Totais (ufc/g)	Psicrotróficos Totais (ufc/g)	Bolores e leveduras (ufc/g)	Esporos de clostrídios sulfito-redutores (ufc/g)	Coliformes totais (ufc/g)	<i>Escherichia coli</i> (ufc/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (ufc/g)	Enterobacteriaceae (ufc/g)	Sulfito-reduzidoras (ufc/g)	Salmonella (em 25g)	Listeria (em 25g)
1	$1,7 \times 10^3 \pm 9,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2 \pm 4,5 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
7	$4,4 \times 10^2 \pm 1,2 \times 10^2$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
14	$1,9 \times 10^2 \pm 6,1 \times 10^1$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
21	$2,0 \times 10^2 \pm 0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$4,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
28	$4,3 \times 10^3 \pm 1,3 \times 10^3$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
35	$3,5 \times 10^2 \pm 5,0 \times 10^1$	$1,5 \times 10^1 \pm 1,5 \times 10^1$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
42	$5,6 \times 10^4 \pm 4,8 \times 10^4$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$4,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente

As contagens de mesófilos totais inferiores a 10^6 ufc/g estão normalmente associadas à presença de microflora mista (HPA, 2009). Acima desse valor verifica-se normalmente a predominância de algum microrganismo e a qualidade e aceitabilidade do alimento dependerá do tipo de microrganismo prevalecente (HPA, 2009). Esta questão não se aplica ao fiambre em estudo uma vez que os valores de mesófilos totais foram inferiores a 10^6 ufc/g até aos 42 dias.

Quanto aos bolores e leveduras detetados a partir da 4.ª semana (21 dias após obtenção dos fiambres) poderiam pôr em causa a deterioração do fiambre devido à produção de ácido e gás, no entanto, os valores registados foram muito reduzidos pelo que não foram considerados relevantes. O seu aparecimento pode estar relacionado com a diminuição da microflora mesófila ou condições ambientais favoráveis (*e.g.* vácuo) (Geornaras & Sofos, 2005).

Os limites de deteção dos microrganismos indicadores de higiene, nomeadamente os coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterobacteriaceae* (Buchanan & Oni, 2012), não foram ultrapassados. O mesmo comportamento se verificou para os limites da *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus aureus* e os esporos de clostrídios sulfito-redutores, considerados como microrganismos indicadores de segurança alimentar (Buchanan & Oni, 2012). Segundo Buchanan & Oni (2012), estes microrganismos, aparecem normalmente à medida que a deterioração se instala e podem causar doenças nos consumidores. Contudo, para os microrganismos atrás mencionados, os fiambres apresentaram-se próprios para consumo pois registaram-se, até à sétima semana (42 dias), valores inferiores a 1 log (ufc/g).

Sabe-se que durante o processamento e preparação dos alimentos, estes podem estar sujeitos a contaminações cruzadas e ficarem contaminados com *Salmonella* (ICMSF, 1996). Os resultados foram muito satisfatórios uma vez que os fiambres não foram obtidos em ambiente fabril.

A presença de esporos das bactérias anaeróbias sulfito-redutoras poderiam pôr em causa a segurança alimentar já que estas bactérias podem surgir por contaminação fecal e sobrevivem facilmente em condições ambientais desfavoráveis (FDA, 2012). No entanto, os valores registados foram muito satisfatórios (< 1 ufc/g).

7.5.4 Aminas biogénicas

Os fiambres de corvina também foram analisados, ao longo de 42 dias (7 semanas), quanto ao seu conteúdo em aminas biogénicas. Como se pode observar na Figura 76, os teores (mg/kg) encontrados para a tiramina e putrescina foram muito baixos, tendo estas aminas sido detetadas só no 28.º dia. Quanto aos níveis de histamina, foram determinados abaixo do limite de deteção durante este período de análise. O Regulamento (CE) N.º 2073/2005, alterado pelo

Regulamento (UE) N.º 1019/2013, que se refere à histamina em produtos da pesca, considera que, no máximo, estes produtos podem apresentar 200 mg/kg.

Nos alimentos, as aminas biogénicas são formadas principalmente por descarboxilação microbiana de aminoácidos e por transaminação de aldeídos e cetonas (Halász *et al.*, 1994; Maijala *et al.*, 1993; Santos, 1996). Além de servirem como indicadores químicos da deterioração do pescado, o seu controlo é importante devido ao risco de intoxicação alimentar (Alberto, Arena & Nadra, 2002).

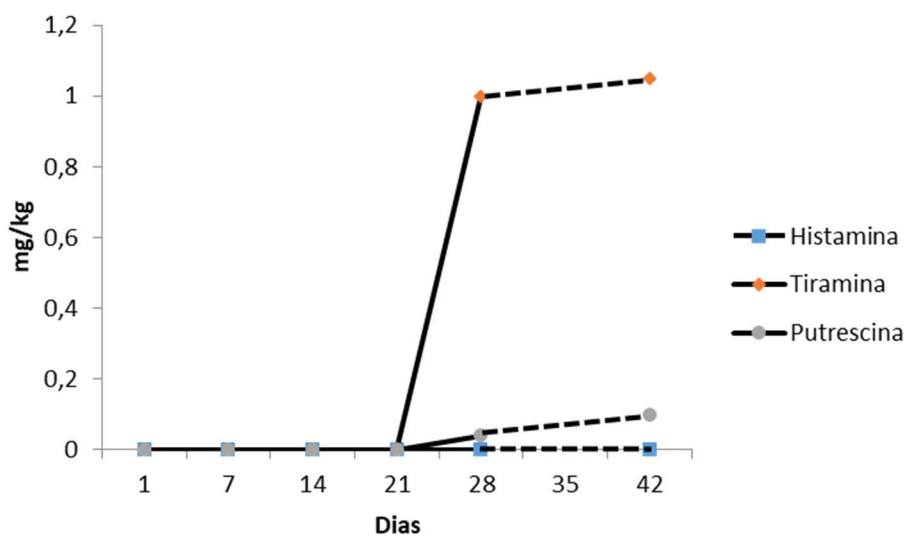


Figura 76. Quantificação de aminas biogénicas presentes no fiambre de corvina (histamina, tiramina e putrescina).

A histamina e a tiramina são aminas biogénicas produzidas em peixes por descarboxilação microbiana dos aminoácidos histidina e tirosina (Askar & Treptow, 1986; Kim, Mah & Hwang, 2009). A putrescina e a cadaverina, aminas secundárias, desempenham um papel importante na intoxicação alimentar, uma vez que podem potenciar a toxicidade da histamina através da interferência do seu sistema de oxidação (Bjeldanes *et al.*, 1978; Kim *et al.*, 2009; Taylor *et al.*, 1986). Além disso, são potenciais carcinogénicos pois, na presença de nitrito, podem ser convertidas em nitrosaminas (Bills *et al.*, 1973).

A ausência destas aminas ou a pouca quantidade detetada era esperado pois a corvina além de não ser considerada uma espécie com níveis elevados de histidina livre, apresentava um elevado grau de frescura, tendo sido obtida a sua polpa um dia após a sua captura. O tratamento térmico ao qual foi submetido o fiambre é equivalente a uma pasteurização, e conforme se pode apreciar, até ao 35.º dia de conservação os parâmetros microbiológicos analisados apresentaram teores abaixo dos limites exigidos.

7.6 Estudo de diferentes combinações de altas pressões em fiambre de corvina

7.6.1 Efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica na CRA, cor e textura de fiambres de corvina

Com o objetivo de otimizar as condições do processamento de altas pressões (HPP) para desenvolvimento de um fiambre de corvina estudaram-se diferentes combinações de altas pressões. O fiambre de corvina pasteurizado foi utilizado como controlo para comparação e avaliação da eficiência dos tratamentos de alta pressão.

7.6.1.1 Capacidade de retenção de água

Os fiambres submetidos ao HPP (Figura 77) apresentaram elevada CRA, não apresentando diferenças significativas com a CRA do fiambre controlo (fiambres de corvina pasteurizados com CRA de $97,3 \pm 1,1$ g/100 g). A CRA é uma propriedade importante dos produtos gelificados (Alvarez, Ramaswamy, & Ismail, 2010) e uma elevada CRA é uma das condições para o HPP induzir a gelificação (Fernandez-Martin, Perez-Mateos & Montero, 1998). O nível de pressão afetou a CRA dos fiambres de corvina submetidos a 500 MPa/20 min/30 °C, apresentando estes valores significativamente menores ($94,3 \pm 1,6$ g/100 g) do que os tratados a 200 MPa/10 min/30 °C ($97,6 \pm 0,6$ g/100 g).

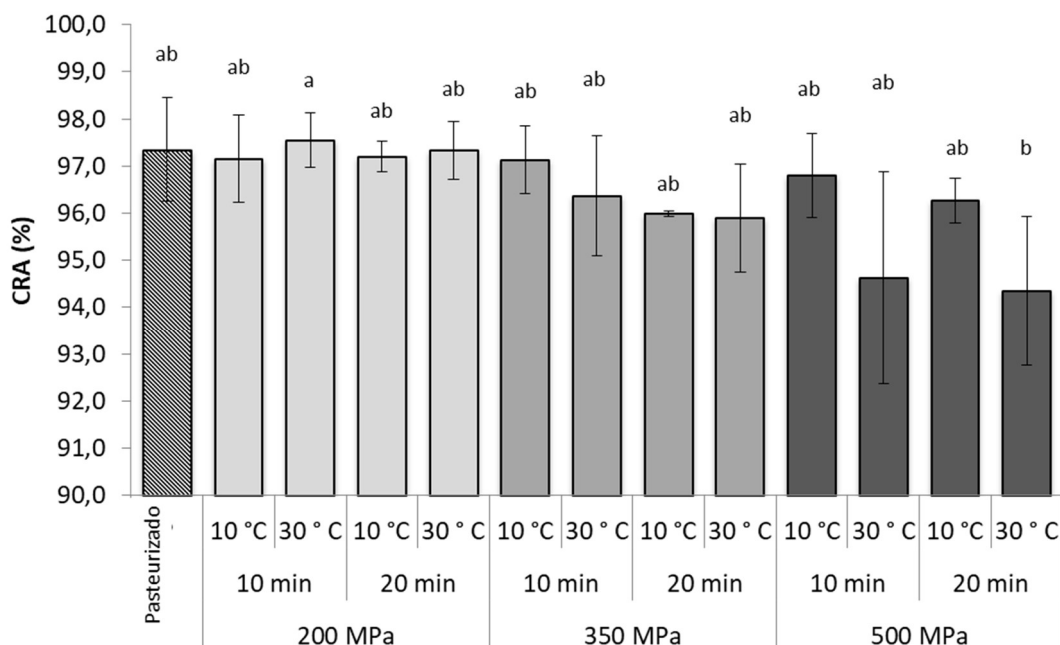


Figura 77. Valores médios da capacidade de retenção de água (CRA) dos fiambres de corvina pasteurizados e dos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de alta pressão. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação.

Ma *et al.* (2015) sugeriram que a diminuição da CRA em géis de surimi em níveis de pressão acima de 400 MPa poderia estar relacionada com a rutura da estrutura tridimensional da rede proteica dos géis, pois a alta pressão excessiva pode destruir algumas ligações cruzadas entre proteínas. Esta quebra da estrutura da rede do gel permitiria a libertação de água, tornando-a livre, e a transferência de água da estrutura da rede de gel interna para a externa (Ma *et al.*, 2015). Reforçando este aspeto, também foi referido que os géis de surimi submetidos a 650 MPa, comparados com géis submetidos a 400 MPa, revelaram uma estrutura mais compacta, retendo menos água, e os últimos géis referidos apresentaram uma estrutura fibrosa (Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2005). Como os resultados da CRA obtidos no HPP foram comparáveis aos do fiambre de corvina pasteurizado, parece viável obter fiambres de corvina substituindo o tratamento térmico por HPP.

Em estudos anteriores sobre produtos de corvina preparados com diferentes fibras dietéticas, gelificados pelo calor, foram relatados valores mais baixos de CRA (cerca de 60-85 g/100 g) (Cardoso & Mendes, 2015; Cardoso *et al.*, 2013b, Cardoso, Ribeiro & Mendes, 2015).

O efeito do HPP na CRA dos géis de peixe, em comparação com os géis induzidos pelo calor, parece depender não apenas da intensidade da pressão, mas também de acordo com a espécie do peixe e a formulação/preparação dos géis. Cardoso *et al.* (2010a), obtiveram géis de proteína de pescada do Cabo, induzidos pelo calor, com menor CRA (46-56 g/100 g) do que a CRA dos géis submetidos ao HPP (100-300 MPa, 5-15 min, 1-5 ciclos, 30 °C) (55-70 g/100 g). Em géis de falso besugo dourado (*Nemipterus virgatus*), o HPP entre 300 MPa e 500 MPa, durante 15 min a 25 °C, também levou a um aumento da CRA em comparação com os géis induzidos pelo calor (Ma *et al.*, 2015). Pelo contrário, géis de surimi de escamudo do Alasca e do Pacífico, apresentaram valores elevados de CRA (acima de 90 g/100 g) e pouco afetados pelo HPP (400-650 MPa, 10 min, 22 °C), tendo-se registado resultados semelhantes com os géis induzidos pelo calor (Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2005). Além disso, a CRA dos géis de surimi do escamudo do Alasca não foi afetada pela HPP nos géis incorporados com o MTGase (Cando, Borderías & Moreno, 2016).

7.6.1.2 Cor

Para avaliar se o HPP afeta a cor, os fiambres de corvina foram preparados sem adição de corantes, sendo adicionado apenas sal nitrificante para fixação da cor. Neste estudo, os fiambres de corvina apresentaram valores de luminosidade e do eixo azul-amarelo comparáveis com os fiambres de porco (L^* entre 60,6 e 69,0; a^* entre 8,7 e 14,6; b^* entre 5,8 e 9,7) (Casiraghi, Alamprese & Pompei, 2007; Válková *et al.*, 2007), enquanto o eixo verde-vermelho foi mais semelhante ao dos fiambres preparados com peru (L^* entre 72,3 e 74,6; a^*

entre 4,3 e 5,5; b^* entre 5,5 e 8,1) (Iqbal, Sun & Allen, 2013). Os fiambres submetidos ao HPP apresentaram uma aparência mais escura e acastanhada que os submetidos ao tratamento térmico, apresentando-se estes mais rosados. Os fiambres submetidos ao HPP apresentaram uma luminosidade significativamente menor do que o obtido nos fiambres controlo (Figura 78). Entre os fiambres submetidos ao HPP, a elevação do nível de pressão causou um aumento dos valores deste parâmetro de cor. A influência do tempo e da temperatura durante o HPP não é conclusiva. Os fiambres submetidos a 500 MPa, 10 min a 30 °C, registaram uma luminosidade mais próxima da do fiambre processado termicamente.

Tal como na luminosidade, os valores mais baixos de vermelho-verde foram obtidos nos fiambres submetidos ao HPP (entre $2,34 \pm 0,04$ e $3,35 \pm 0,05$) (Figura 78). O valor significativamente mais elevado foi observado nos fiambres controlo ($4,5 \pm 0,0$), sendo por tal, o mais rosado. Entre as variáveis de pressão testadas, o nível de pressão foi o que teve um efeito mais pronunciado nos valores de vermelho-verde, tendo-se observado um decréscimo deste parâmetro com o aumento de pressão. Os valores de amarelo-azul e de saturação apresentaram variações semelhantes (Figura 78). Foram os fiambres de corvina submetidos a 200 MPa que apresentaram componentes amarelos e valores de cromaticidade mais próximos dos do fiambre controlo. Em contraste, os fiambres submetidos ao HPP a 350 e 500 MPa apresentaram-se menos amarelos e menor saturação. No geral, o aumento da temperatura também aumentou os valores destes parâmetros de cor, enquanto o tempo de pressurização quase não teve efeito.

A brancura apresentou um comportamento muito idêntico ao observado com a luminosidade. A maior brancura também foi obtida nos fiambres controlo ($67,0 \pm 0,1$), e este parâmetro diminuiu nos fiambres de peixes tratados com HPP (Figura 78). Entre os fiambres de corvina tratados com HPP ficou evidente que a brancura aumentou com o acréscimo de pressão. O tempo e a temperatura de pressurização também influenciaram este parâmetro de cor, mas não com uma tendência definida. A deteção de uma maior brancura foi reportada como estando ligada ao grau de desnaturação da proteína, em particular à desnaturação da mioglobina, como ocorre no processo de cozedura (Hwang *et al.*, 2007). Adicionalmente, o uso de MTGase também afeta a microestrutura dos géis obtidos com HPP, que ao tornar-se mais uniforme, com poros menores e uniformemente distribuídos, aumenta a sua opacidade e reduz a absorção de luz, justificando, segundo Cardoso *et al.* (2010a), conseqüentemente, uma maior brancura.

Os fiambres submetidos ao HPP foram os que apresentaram maior tonalidade, comparativamente aos fiambres controlo. Entre os fiambres de corvina tratados com HPP não foi possível definir a influência da pressão, temperatura e tempo de pressurização.

A percepção da diferença das cores entre os fiambres pode ser expressa em ΔE^* . Foram os fiambres de corvina submetidos a 500 MPa que apresentaram a menor diferença de cor (ΔE^*) em relação ao fiambre de corvina pasteurizado (controlo) (Figura 78). Embora o HPP afete a cor dos fiambres de corvina, tais mudanças não devem comprometer a sua aceitação.

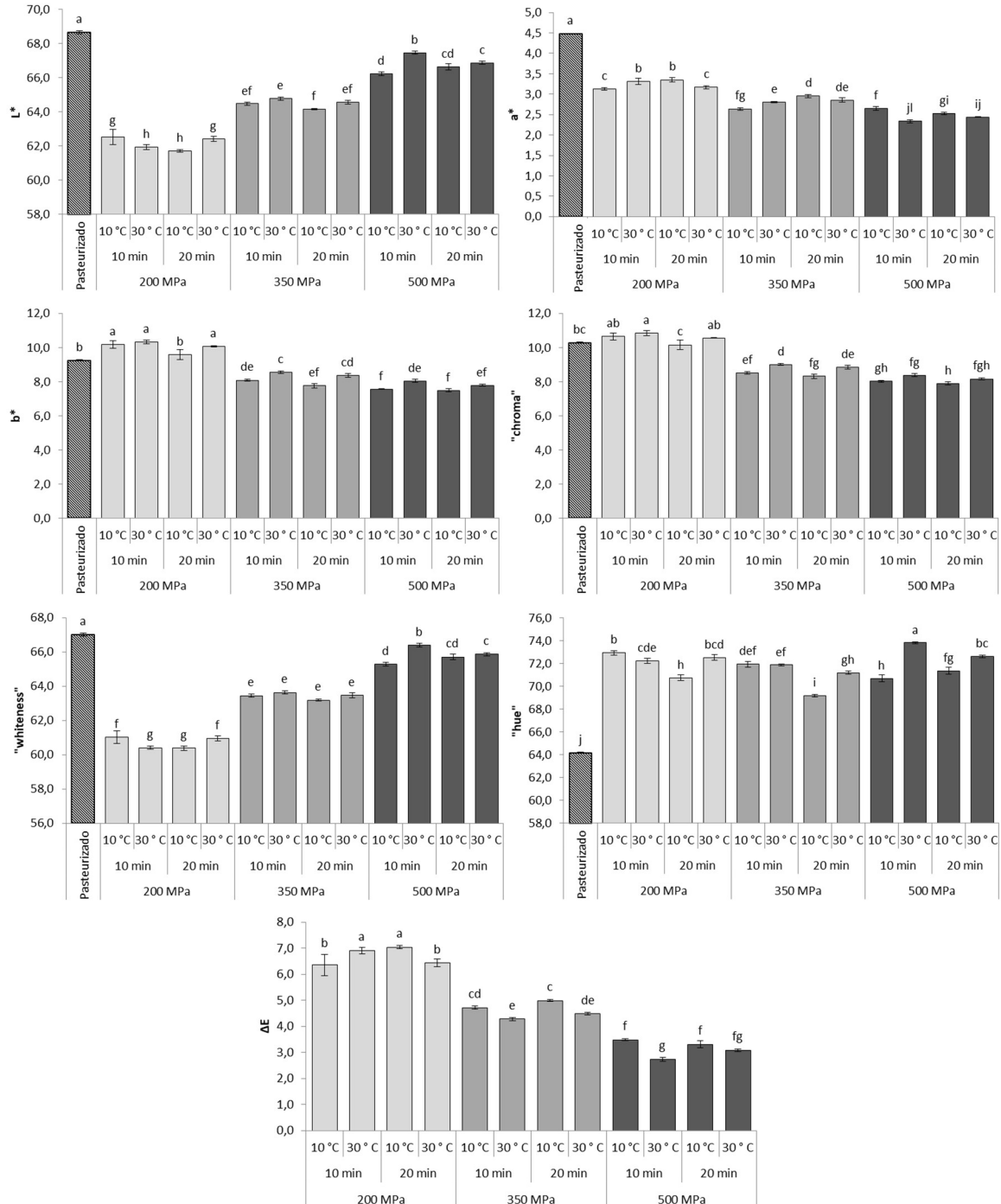


Figura 78. Valores médios dos parâmetros L*, a*, b*, "chroma", "whiteness", "hue" e da diferença total de cor (ΔE) dos fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão (HPP). A diferença de cor (ΔE^*) foi determinada pela comparação com o fiambre de corvina controlo. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=3$). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres de corvina submetidos a diferentes tratamentos.

Em comparação com outros géis de peixe, o HPP afetou a cor de forma diferente, o que se pode dever a diferenças na cor do músculo das espécies utilizadas, condições de HPP, bem como aos ingredientes adicionados na preparação dos géis.

No geral, o tratamento de alta pressão induz um aumento na luminosidade (L^*) da carne e uma diminuição da sua cor avermelhada (a^*), tendo por tal um efeito branqueador (Marcos, Kerry & Mullen, 2010). Em particular, no caso de géis “suwari” preparados com surimi de peixe voador, previamente submetidos a HPP (40-200 MPa, 10 min, $-15\text{ }^\circ\text{C}$), a luminosidade não foi afetada pelo nível de pressão (Moreno *et al.*, 2015). Por sua vez, em géis “suwari” preparados com surimi de escamudo do Alasca, foi encontrado um aumento da luminosidade com o aumento do nível de pressão (150-300 MPa, durante 10 min, a $10\text{ }^\circ\text{C}$) (Cando *et al.*, 2015). Cardoso *et al.* (2010a) observaram uma diminuição nos valores de brancura, vermelho-verde e amarelo-azul com o HPP em géis preparados com pescada do Cabo, quando comparados com os géis induzidos pelo calor. Adicionalmente, estes autores observaram que entre os géis submetidos ao HPP (entre 100 e 300 MPa, durante 15 min, a $30\text{ }^\circ\text{C}$), se verificou um aumento de brancura e da cor amarela com o aumento de pressão.

Em estudos semelhantes, verificou-se que o valor do eixo vermelho-amarelo diminuiu com o aumento da pressão, nomeadamente em salmonete submetido a 220-330 MPa e 3, 7 ou $25\text{ }^\circ\text{C}$ durante 10 min (Erkan, Üretener & Alpas, 2010b) e em peixe mahi mahi processado a 150-450 MPa, a cerca de $18,9\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 min (Yagiz *et al.*, 2007). Pelo contrário, salmonete processado a 220 MPa, $15\text{ }^\circ\text{C}$, durante 5 min (Erkan *et al.*, 2010b) e o músculo de carpa processado a 100-200 MPa, $4\text{ }^\circ\text{C}$, durante 15 e 30 min, apresentaram-se mais vermelhos (Sequeira-Munoz *et al.*, 2006). Em salmão processado de 100 a 200 MPa, $5\text{ }^\circ\text{C}$, durante 10-60 min (Amanatidou *et al.*, 2000), em truta de 150 a 600 MPa, $18,9\text{ }^\circ\text{C}$, durante 15 min e em atum de 150 a 220 MPa, $20\text{ }^\circ\text{C}$, por 15 a 30 min (Zare, 2004), os valores do eixo vermelho-amarelo não apresentaram alterações significativas. Esta tendência flutuante também foi registada para o eixo amarelo-azul, em salmonete, carpa, pregado e peixe mahi mahi processados nas mesmas condições descritas anteriormente. Truong *et al.* (2015), verificaram que as alterações nos valores dos eixos vermelho-verde e amarelo-azul, dos músculos dos peixes, diferem drasticamente em função das condições de processamento e das espécies em estudo.

Os mecanismos e/ou reações que levam a mudanças de cor após o HPP não foram totalmente elucidados. A cor final pode ser o resultado de vários fatores como alterações nos pigmentos, estado de hidratação muscular, estado das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (nativas ou desnaturadas), tipo de microestrutura do gel, assim como da extensão da oxidação das gorduras e proteínas (Guyon *et al.*, 2016; Medina-Meza, Barnaba & Barbosa-Cánovas, 2014).

A cor dos produtos cozidos, adicionados de nitrito, é principalmente gerada devido à presença do pigmento nitrosomiocromogénio, resultante da reação do óxido nítrico (a partir de nitrito de sódio ou nitrato de potássio) com mioglobina, e submetido a tratamento térmico. Dado que os fiambres submetidos às HPP não foram sujeitos a um tratamento térmico, provavelmente não se formou o referido pigmento, responsável pela cor rosada dos produtos controlo.

7.6.1.3 Textura

Quanto à avaliação da textura dos fiambres de corvina, não foram observadas roturas nas amostras quando foram dobradas em quadrantes, apresentando o grau máximo de pontos no teste de dobragem ($5,0 \pm 0,0$), independentemente do tratamento aplicado. Resultados comparáveis foram obtidos em géis de proteína de pescada do Cabo, submetidos a níveis de pressão até 300 MPa (5-15 min, 1-5 ciclos, 30 °C), embora géis desta espécie processados termicamente tenham apresentado valores mais baixos (Cardoso *et al.*, 2010a).

Os resultados obtidos no teste de penetração realizado nos fiambres de corvina estão apresentados na Figura 79. Os fiambres de corvina sujeitos a 200 MPa apresentaram os valores mais elevados na deformação à rutura. Em contraste, os fiambres submetidos a 350 e 500 MPa aproximaram-se mais do comportamento obtido no fiambre de corvina pasteurizado (controlo), especialmente em termos de deformação à rutura e força de gel. Comparado com o HPP a 10 °C, para todos os níveis de pressão, foi a 30 °C que se obtiveram os valores significativamente mais elevados da força à rutura, da força de gel e no trabalho à rutura.

Em géis preparados com surimi de peixe voador, os tratamentos de HPP (40-200 MPa, 10 min, -15 °C) diminuíram a força à rutura, em comparação com os géis processados termicamente (Moreno *et al.*, 2015). Cardoso *et al.* (2010a) constataram que em géis de proteína de pescada do Cabo, o HPP (100-300 MPa, 5-15 min, 1-5 ciclos, 30 °C) não melhorou a força de gel, em comparação com o de géis obtidos por processamento térmico. Por outro lado, em géis de surimi de falso besugo dourado (*Nemipterus virgatus*), o HPP em níveis de pressão de 300-600 MPa (15 min, 25 °C) induziu um aumento do trabalho à rutura, em comparação com os géis induzidos pelo calor (Ma *et al.*, 2015). Em particular, o trabalho à rutura foi afetado pelo nível de pressão, aumentando com o aumento do nível de pressão até 400 MPa e depois diminuindo para níveis de pressão mais altos (Ma *et al.*, 2015). A força de gel de géis de tilápia aumentou quando submetidos ao HPP de 200 MPa, durante 60 min a 4 °C (Hwang *et al.*, 2007).

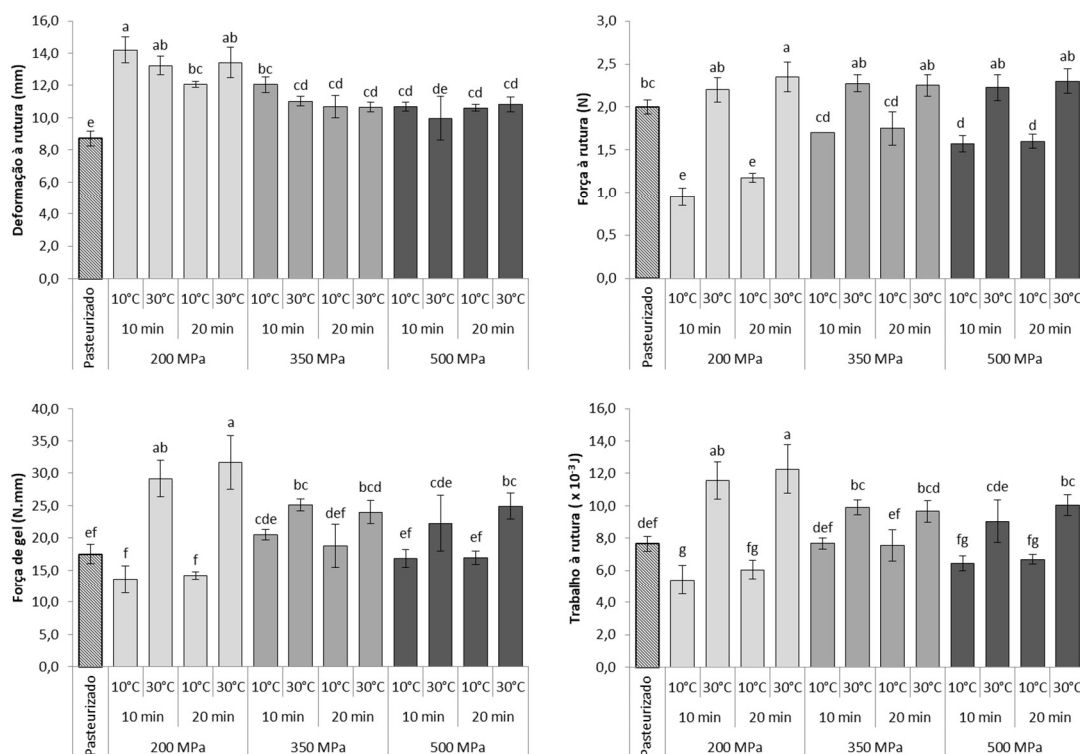


Figura 79. Valores médios da deformação à rutura, força à rutura, força do gel (teste de penetração) e trabalho à rutura dos fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres de corvina submetidos a diferentes tratamentos.

No que diz respeito ao teste de compressão-relaxamento (Figura 80), os fiambres de corvina tratados a 350 e 500 MPa foram os que apresentaram a elasticidade mais elevada. Apenas os fiambres submetidos ao HPP a 200 MPa apresentaram uma elasticidade inferior à dos fiambres de corvina controlo (pasteurizado).

Quanto aos resultados obtidos nos testes de TPA (Figura 80), foram os fiambres de corvina submetidos ao HPP que se apresentaram mais coesos que os fiambres controlo. Em termos de dureza, gomosidade e mastigabilidade, os fiambres de corvina submetidos a 350 e 500 MPa, a 30 °C, foram, no geral, comparáveis aos fiambres processados termicamente.

A temperatura também afetou a dureza, a gomosidade e a mastigabilidade, sendo significativa apenas nos tratamentos de menor intensidade de pressão. O parâmetro “springiness” que representa a capacidade de recuperação do alimento após a primeira dentada, apenas nos fiambres de corvina submetidos durante 10 min às pressões mais elevadas (500 MPa) foi encontrada uma maior capacidade de recuperação em comparação com os outros fiambres submetidos a diferentes HPP e com o fiambre de corvina controlo.

Os fiambres de corvina sujeitos ao HPP apresentaram maior dureza, gomosidade e mastigabilidade do que géis de pescada do Cabo submetidos ao HPP (100 – 300 MPa, 5–15

min, 1-5 ciclos, 30 °C), porém obtiveram coesividade semelhante (Cardoso *et al.*, 2010a). Um estudo anterior em filetes de salmão do Atlântico associou o aumento da dureza, gomosidade, mastigabilidade e elasticidade à desnaturação de proteínas e danos celulares durante o processamento a 150-300 MPa (15 min, temperatura ambiente) (Yagiz *et al.*, 2009). Em particular para o músculo de peixe picado, a HPP foi considerada responsável pela desnaturação das proteínas musculares, aumentando por esta via a dureza à medida que a pressão (275 - 310 MPa) e o tempo de pressurização (2 - 6 min) aumentaram (Ramírez-Suárez & Morrissey, 2006). Estas alterações foram associadas à formação de polipéptidos de peso molecular elevado e à diminuição dos níveis da cadeia pesada de miosina (entre outras proteínas), provavelmente através de ligações dissulfeto (Ramírez-Suárez & Morrissey, 2006).

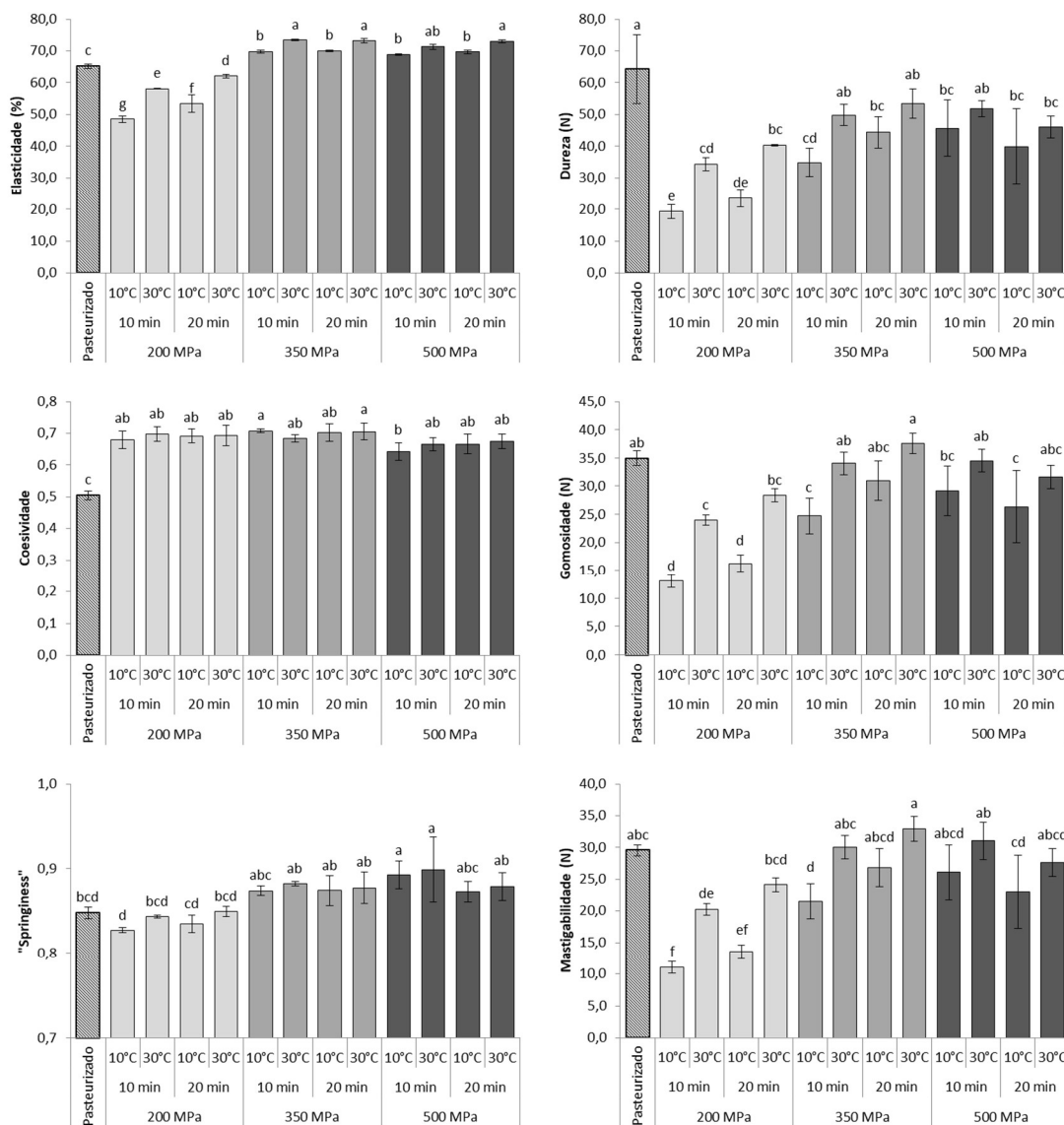


Figura 80. Valores médios de elasticidade (teste de compressão-relaxamento), dureza, coesividade, gomosidade, "springiness" e mastigabilidade (TPA) dos fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão. As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres de corvina submetidos a diferentes tratamentos.

Em géis de surimi submetidos a HPP a 400 MPa, o aumento do trabalho à rutura resultou de uma estrutura de rede organizada, mais densa, um género de micro rede e mais uniforme, o que possivelmente facilitou o desdobramento e a interligação entre as proteínas e a formação de uma estrutura reticulada de rede organizada induzida por ligações covalentes e não covalentes (Ma *et al.*, 2015).

No que diz respeito ao efeito do HPP sobre a ação da transglutaminase, tanto endógena quanto a adicionada, os resultados mostraram que os tratamentos com HPP realizados a 10 °C limitaram a atividade de tais enzimas, enquanto o processamento a 30 °C possivelmente estimulou a sua ação, pelo menos durante o processamento, obtendo-se fiambres com melhores propriedades texturais. Foi igualmente demonstrado que a transglutaminase permanece ativa, embora com valores mais baixos, em géis preparados a partir de diferentes espécies de peixes após HPP (300 MPa) (Gilleland *et al.*, 1997; Montero *et al.*, 2005a) sendo a sua atividade reforçada pelo efeito da pressão na indução da desnaturação e alteração de estrutura da miosina, o principal substrato da transglutaminase (Gilleland *et al.*, 1997).

Em face dos resultados obtidos, o HPP a 350 e 500 MPa, a 30 °C, pode ser utilizado em alternativa à gelificação tradicional induzida pelo calor, uma vez que vários parâmetros texturais de fiambres de corvina foram semelhantes. Adicionalmente, estas condições de HPP melhoraram a elasticidade e a coesividade dos fiambres de corvina. Na indústria, os custos envolvidos na obtenção de um novo produto ou no uso de uma tecnologia diferente são determinantes na sua aplicabilidade e, portanto, no caso do HPP, serão desejáveis tratamentos menos dispendiosos com menores níveis de pressão e/ou tempos de pressurização. Neste sentido, para o seguimento deste estudo, os fiambres de corvina foram limitados às seguintes condições de HPP: 350 MPa/10 min/30 °C, 350 MPa/20 min /30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C.

7.6.1.4 Análise de componentes principais

Foi realizada uma análise multivariada com os dados obtidos para a CRA e na avaliação da textura dos fiambres de corvina de modo a perceber qual é ou quais são relevantes nas diferenças obtidas entre os fiambres submetidos a diferentes tratamentos HPP, incluindo o controlo. A Figura 81 mostra os dois primeiros componentes principais (CP) cruzados para os diferentes fiambres de corvina.

A primeira CP está fortemente correlacionada com a elasticidade, a dureza, gomosidade e a mastigabilidade (as correlações foram de -0,85, -0,90, -0,97 e -0,97, respetivamente), enquanto a segunda CP está mais correlacionada com o trabalho à rutura, força de gel e coesividade (as correlações foram -0,84, -0,88 e -0,62, respetivamente). A deformação à rutura e a força à rutura estão correlacionadas com a CP1 (correlações de 0,69 e -0,83,

respetivamente) e a CP2 (correlações de -0,64 e -0,52, respetivamente), enquanto a CRA está correlacionada com a terceira CP, mas não foi exibido na figura uma vez que não adiciona informação ao estudo.

Com base nas diferenças na deformação à rutura, o gráfico evidencia uma separação dos fiambres de corvina tratados a 200 MPa dos restantes fiambres de corvina (350-500 MPa e o pasteurizado). A distribuição no gráfico das amostras dos fiambres de corvina tratados com HPP, deveu-se a diferenças no trabalho à rutura, força de gel e força à rutura, e foi afetada em função da temperatura aplicada nos tratamentos do HPP, 10 e 30 °C.

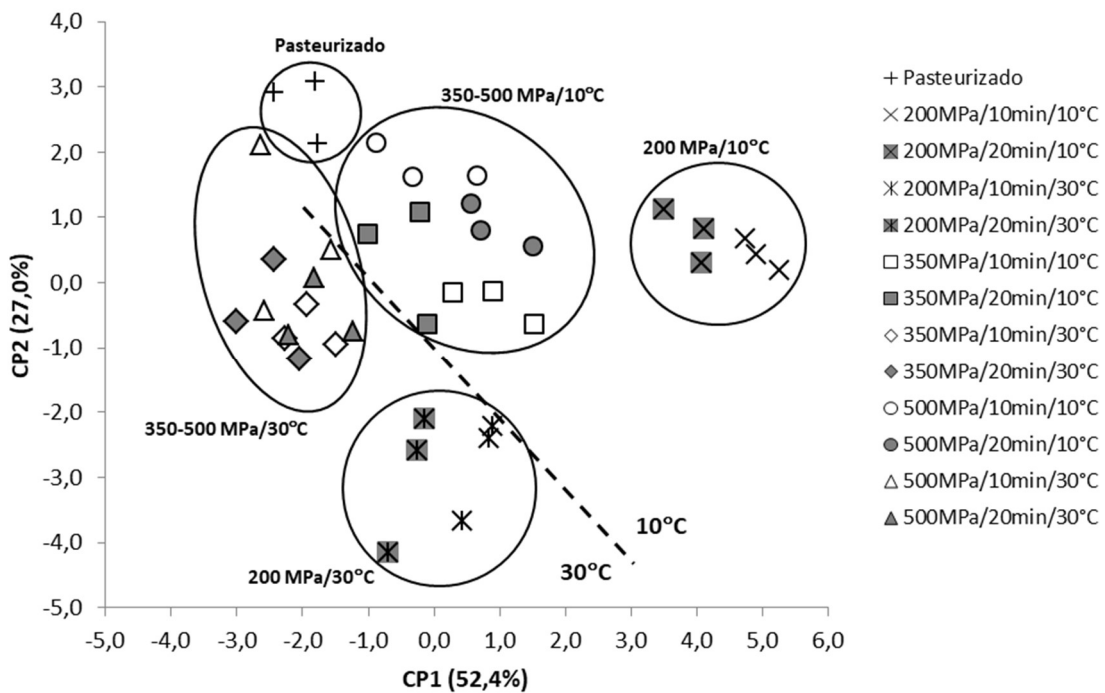


Figura 81. Análise de componentes principais (CP) da CRA e avaliação da textura de fiambres de corvina (0,5 % de MTGase) submetidos ao tratamento térmico (pasteurização) e ao HPP. O CP3 (não exibido na figura) explica 11,9 % da variação das variáveis originais.

Na generalidade, as amostras tratadas a 350 MPa sobrepuseram-se às tratadas a 500 MPa especialmente a 30 °C. A posição dessas amostras no gráfico está associada a altos valores de dureza, gomosidade, elasticidade e mastigabilidade. Estas conclusões retiradas a partir da análise de componentes principais foram confirmadas pelos resultados obtidos na ANOVA.

Além disso, a proximidade da projeção das variáveis no gráfico das componentes principais (dados no Apêndice 5) sugere uma forte correlação entre o trabalho à rutura e a força de gel, e também entre as variáveis mastigabilidade, dureza, elasticidade e gomosidade, o que foi confirmado por testes de correlação ($r > 0,84$). Também foram obtidas correlações fortes entre a força à rutura e o trabalho à rutura ($r = 0,88$) e a força à rutura e a força de gel (r

= 0,85). Este resultado sugere que a força de gel [força no pico máximo (N) x deformação no pico máximo (mm)] ou o trabalho à rutura [energia consumida até à força no pico máximo (joules)] podem ser realizadas como uma alternativa para a caracterização das capacidades gelificantes (força) das proteínas na formação de géis, principalmente em produtos da pesca reestruturados.

7.6.2 Estudo do efeito da MTGase em fiambres submetidos a altas pressões

7.6.2.1 Capacidade de retenção de água

No sentido de obter um produto alimentar com menos aditivos, estudou-se o efeito do HPP na redução/eliminação da MTGase da formulação dos fiambres de corvina. Sabe-se que a MTGase catalisa a reticulação transversal intra e intermolecular de proteínas através de uma reação de transferência acilo entre grupos γ -carboxiamida dos resíduos de glutamina de proteínas e aminas primárias, como a lisina, possibilitando a criação de grandes estruturas de proteínas poliméricas (Moreno *et al.*, 2010).

O valor mais elevado de CRA foi encontrado no fiambre pasteurizado com 0,50 % de MTGase ($98,0 \pm 0,5$ g/100 g). Alguns fiambres apresentaram CRA significativamente mais baixas, nomeadamente nos fiambres de corvina submetidos a 500 MPa/10 min/30 °C com 0,25 % de MTGase ($94,4 \pm 1,0$ g/100 g) (Figura 82). No entanto, dentro de cada tratamento térmico ou HPP, o conteúdo de MTGase (0,0 %, 0,25 % e 0,5 %) não afetou a CRA.

De modo a obter uma CRA comparável ao fiambre de corvina pasteurizado com 0,5 % de MTGase (controlo), a MTGase nos fiambres processados a 350 MPa/20 min/30 °C deve ser reduzida para 0,25 % e nos fiambres processados a 350 MPa/10 min/30 °C pode ser eliminada. Ainda assim, as diferenças na CRA dos fiambres de corvina das restantes condições de processamento não são muito relevantes e, portanto, qualquer formulação é viável. Em comparação, em géis de proteína de pescada do Cabo, submetidos a HPP, o efeito da MTGase (0,5 %) na CRA não foi conclusivo (Cardoso *et al.*, 2010a). Sabe-se que a presença de MTGase induz à criação de ligações cruzadas, resultando na formação de uma matriz proteica porosa com alta capacidade de absorver e reter água (Gaspar & de Góes-Favoni, 2015). No entanto, este efeito não foi claramente notado nos fiambres de corvina, possivelmente porque o HPP, por sua vez, pode ter destruído algumas ligações cruzadas entre as proteínas, particularmente as ligações iónicas, anulando o efeito da MTGase, e também devido à elevada CRA dos fiambres de corvina, mesmo sem MTGase.

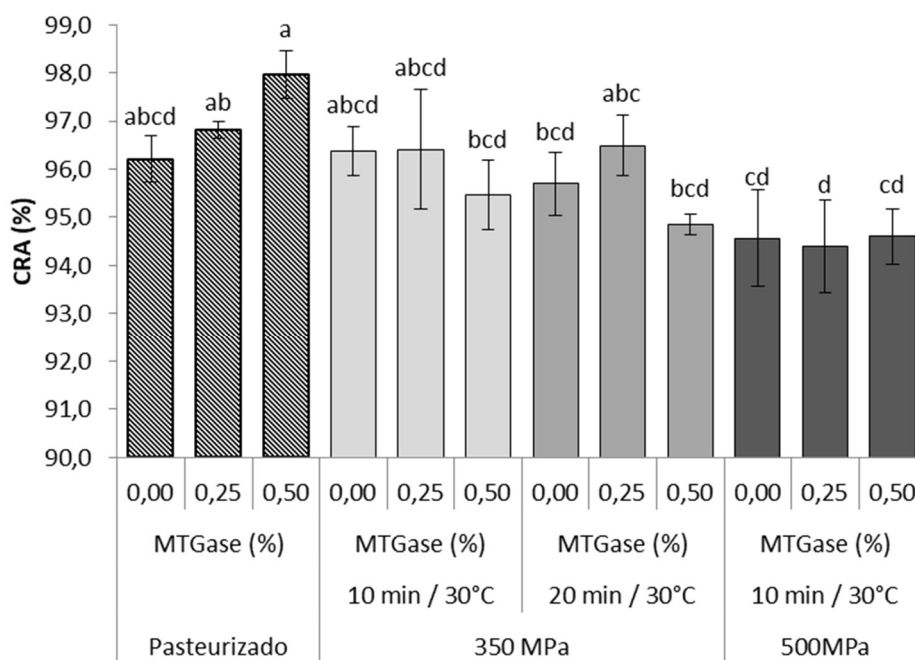


Figura 82. Valores médios da capacidade de retenção de água (CRA) de fiambres de corvina submetidos a processamento térmico ou processamento de alta pressão em função de diferentes níveis de transglutaminase microbiana (MTGase). As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os fiambres submetidos a diferentes processamentos de gelificação.

7.6.2.2 Textura

A alteração no conteúdo de MTGase dos fiambres de corvina não produziu nenhum efeito no teste de dobragem (“folding test”), não se tendo observado formação de rachas ou fissuras nas amostras quando estas foram dobradas em quadrantes, independentemente do tratamento (térmico ou HPP) ($5,0 \pm 0,0$). Cardoso *et al.* (2010a) referiram também que a MTGase não afetou os resultados do teste de dobramento em gel de polpa de pescada.

Os resultados do teste de penetração (Figura 83) mostram que os fiambres de corvina obtidos sem MTGase e submetidos ao HPP apresentaram os menores valores de força à rutura, força de gel e trabalho à rutura. Em contraste, o processamento térmico sem MTGase permitiu obter fiambres com melhores propriedades texturais. Considerando as condições testadas, o HPP, por si só, não pode produzir um fiambre de corvina com as propriedades de textura do gel desejadas. Estes resultados mostram claramente que o tratamento térmico é mais eficiente no desdobramento de proteínas e formação de ligações intermoleculares (principalmente ligações dissulfeto), que produzem a estrutura de rede tridimensional do gel (Lanier, Yongsawatdigul & Carvajal-Rondanelli, 2014). Além disso, a atividade da transglutaminase endógena também pode ter contribuído para as características dos fiambres de corvina do controlo, uma vez que também é possível que o HPP tenha afetado a atividade dessa enzima. No entanto, Cardoso *et al.* (2010a) reportaram em géis de proteína de pescada

do Cabo submetidos ao HPP, um aumento da força de gel, particularmente a força à rutura, com o uso de MTGase (0,5 %). Igualmente, estudos anteriores mostraram que o HPP (250-300 MPa/15 min/4 °C) não afetou a atividade da transglutaminase endógena em géis de surimi de escamudo do Alasca (Ashie & Lanier, 1999), mas outros géis de peixe, como os preparados com carapau, evidenciaram que a enzima é sensível à pressão (300 MPa/15 min/25 °C) (Montero *et al.*, 2005).

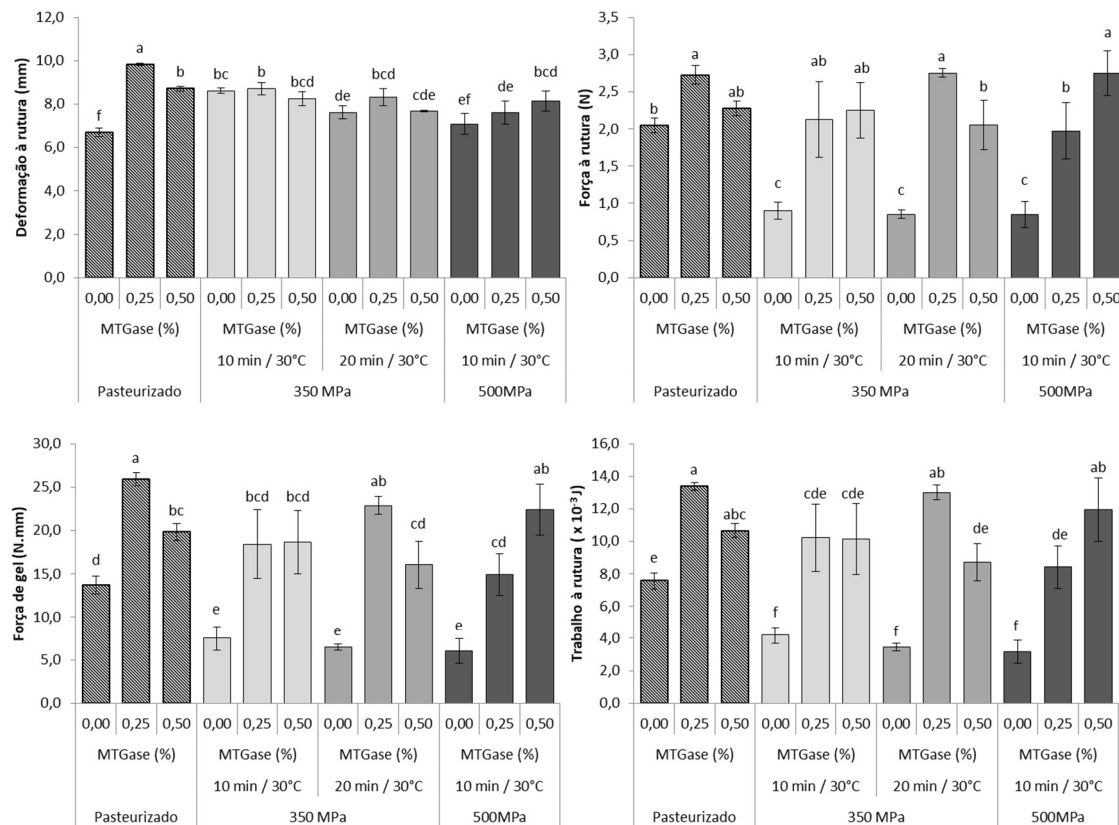


Figura 83. Valores médios da deformação à rutura, força à rutura, força do gel (teste de penetração) e trabalho à rutura dos fiambres de corvina submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão, em função de diferentes níveis de transglutaminase microbiana (MTGase). As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres de corvina submetidos a diferentes tratamentos.

Em resumo, se o HPP for usado, a MTGase não pode ser eliminada, mas é possível uma redução na MTGase adicionada já que os fiambres de corvina submetidos ao HPP com 0,25 % e 0,5 % de MTGase apresentaram valores comparáveis para a força à rutura, força de gel e trabalho à rutura com os fiambres controlo com 0,5 % de MTGase, independentemente das condições do HPP aplicadas.

No teste de compressão-relaxamento (Figura 84) os fiambres pasteurizados, sem adição de MTGase, apresentaram valores de elasticidade superiores aos submetidos a HPP. Contudo, o HPP nos fiambres com adição de MTGase permitiu obter fiambres mais elásticos do que os

submetidos a tratamento térmico. A adição de 0,5 % de MTGase gerou os níveis mais elevados de elasticidade nos fiambres.

Em relação aos testes de compressão (Figura 84), os fiambres de corvina submetidos ao HPP e sem MTGase apresentaram os menores valores de dureza e de gomosidade, enquanto os com MTGase (0,25 % e 0,5 %) apresentaram valores de dureza e gomosidade comparáveis ou superiores aos obtidos nos fiambres com 0,5 % de MTGase tratados termicamente.

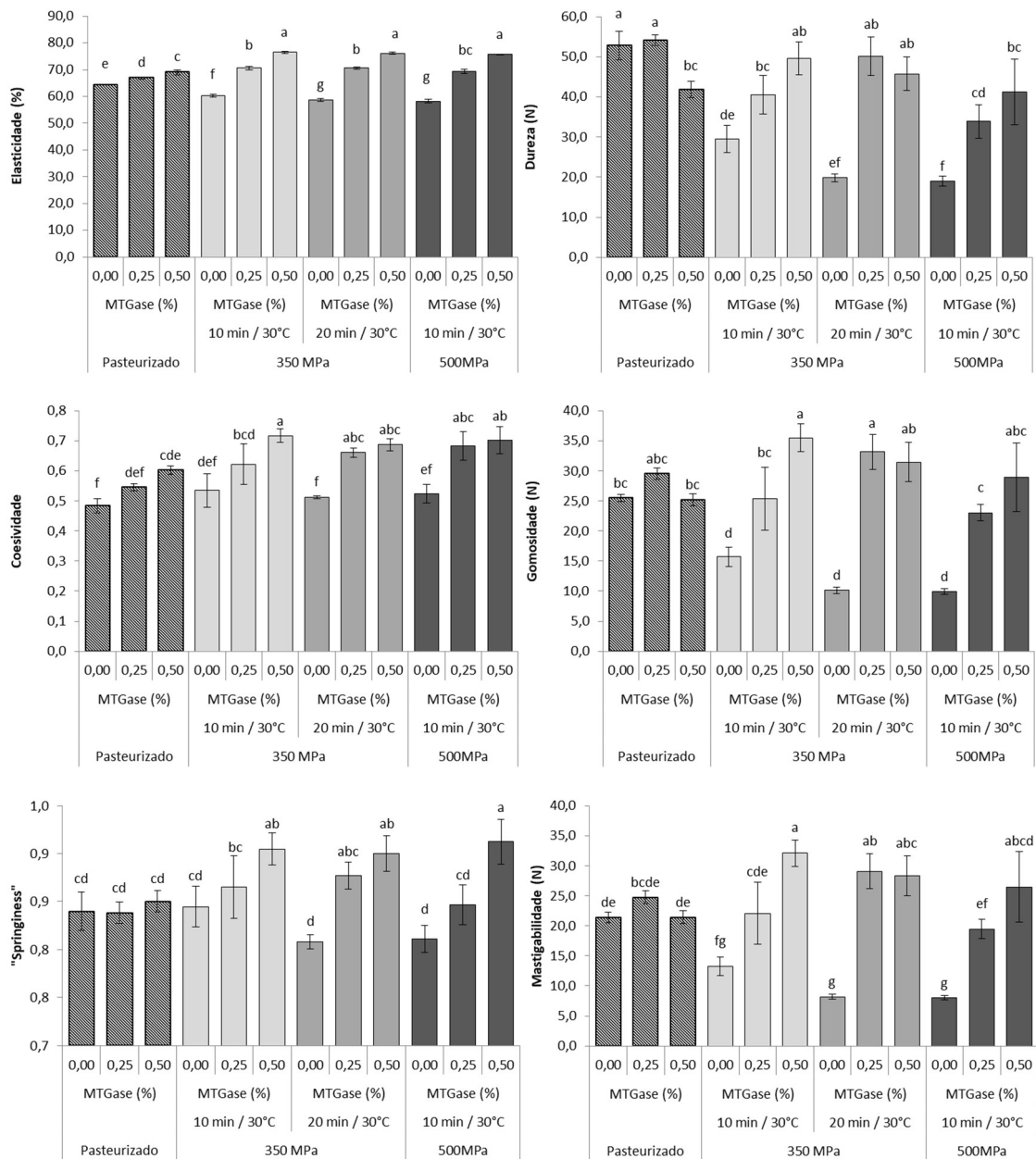


Figura 84. Valores médios de elasticidade (teste de compressão-relaxamento), dureza, coesividade, gomosidade, "springiness" e mastigabilidade (TPA) dos fiambres de corvina submetidos a processamento térmico (controle) ou processamento de alta pressão, em função de diferentes níveis de transglutaminase microbiana (MTGase). As barras de erro representam o desvio-padrão ($n=4$). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fiambres de corvina submetidos a diferentes tratamentos.

A coesividade, a mastigabilidade e a “springiness”, nos fiambres de corvina submetidos ao HPP, foram afetadas pelo conteúdo de MTGase, aumentando com o seu aumento. Em algumas condições de HPP, os fiambres de corvina com 0,5 % de MTGase apresentaram melhores propriedades texturais do que os processados termicamente: todos os fiambres de corvina submetidos a HPP, com 0,5 % de MTGase, e os fiambres submetidos a 350 MPa (10-20 min) com 0,25 % de MTGase apresentaram maior elasticidade; todos os fiambres de corvina submetidos a HPP, com 0,5 % de MTGase, apresentaram-se mais coesos; fiambres de corvina com 0,5 % de MTGase submetidos a 350 MPa (10 a 20 minutos) apresentaram maior gomosidade e mastigabilidade.

Efeito semelhante ao da MTGase (0,5 %) nos fiambres de corvina foi registado em géis de proteína de pescada do Cabo submetidos a HPP, nomeadamente aumento da dureza, gomosidade, coesividade e mastigabilidade (Cardoso *et al.*, 2010a). Este estudo também mostrou que a MTGase com o HPP promoveu a formação de uma estrutura de rede, mais uniforme, com poros menores e uniformemente distribuídos (Cardoso *et al.*, 2010a).

Os resultados obtidos para estes parâmetros de textura reforçam a necessidade da adição de MTGase na formulação dos fiambres de corvina tratados com HPP. Contudo, a redução para 0,25 % de MTGase não compromete as propriedades texturais destes fiambres.

7.6.2.3 Análise de componentes principais

Realizou-se uma análise multivariada com os dados de CRA e dos parâmetros de textura analisados, para se verificar se a adição de MTGase à formulação dos fiambres de corvina, em diferentes proporções, provocou diferenças entre os fiambres (Figura 85). Nesta análise, a segunda CP está correlacionada com a deformação à rutura e a CRA (correlação de 0,61 e 0,86, respetivamente), enquanto a primeira CP está correlacionada com as restantes variáveis (as correlações variaram entre 0,69 e 0,95).

Na Figura 85, o gráfico da análise em componentes principais, com base na CP1, mostra uma separação clara dos fiambres de corvina sem MTGase submetidos ao HPP dos restantes fiambres de corvina (inclusive o pasteurizado/controlo), devido a diferenças na força à rutura, força de gel, trabalho à rutura, dureza, gomosidade e mastigabilidade. Os fiambres de corvina com 0,25 % de MTGase, obtidos por HPP a 350 MPa (10 ou 20 min) ou por processamento térmico, estão mais próximos do fiambre de corvina do grupo controlo (pasteurizado com 0,5 % de MTGase), devido aos valores mais elevados da deformação à rutura e da CRA. Por outro lado, os fiambres de corvina com 0,5 % de MTGase e submetidos ao HPP, embora separados, encontram-se agrupados devido aos seus valores mais elevados de coesividade e elasticidade

e menor CRA. Os resultados exibidos na análise de componentes principais (dados no Apêndice 5) foram confirmados pela ANOVA.

Também foram efetuadas correlações entre os parâmetros medidos neste estudo, tendo as mais relevantes sido registadas entre a coesividade e a elasticidade ($r = 0,83$), entre a mastigabilidade, a dureza e a gomosidade ($r > 0,89$), e entre a força à rutura, o trabalho à rutura e a força de gel ($r > 0,97$).

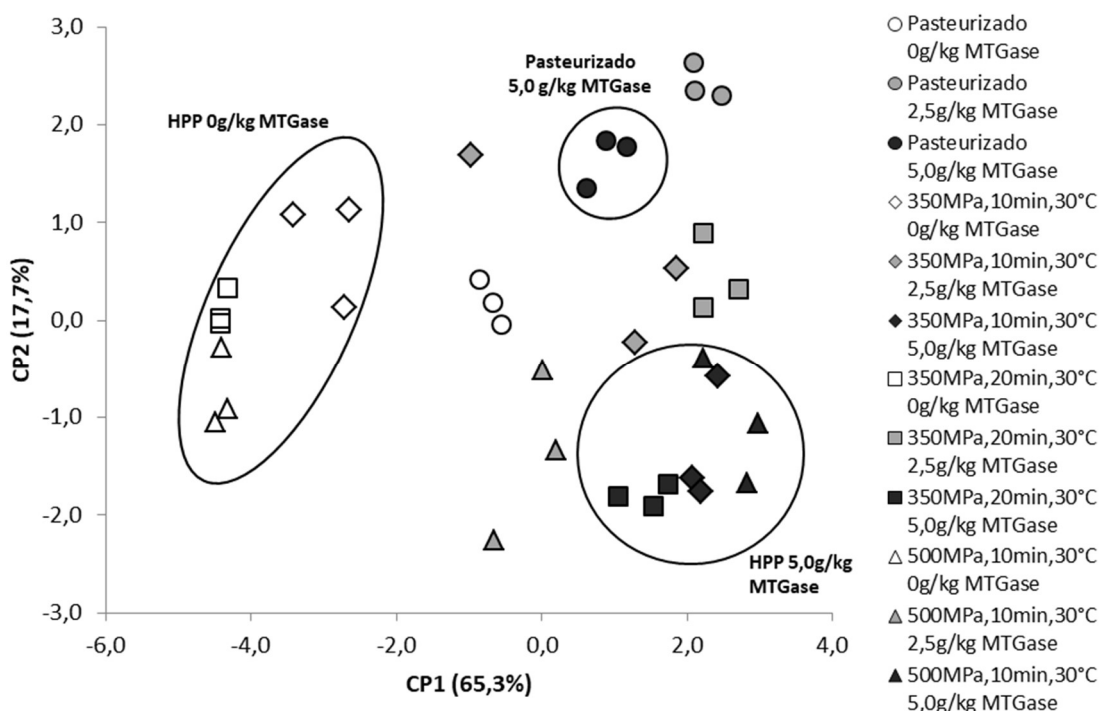


Figura 85. Análise de componentes principais (CP) da CRA e avaliação da textura de fiambres de corvina com diferentes adições de MTGase (0,0 %, 0,25 % e 0,5 %) submetidos a processamento térmico (controlo) ou processamento de alta pressão.

A respeito do uso do trabalho à rutura ou força de gel para caracterizar os géis, como referidos em estudos anteriores, para o caso dos fiambres de corvina, os resultados mostram que esses dois parâmetros estão fortemente correlacionados ($r = 0,882$, $p < 0,01$), indicando assim que qualquer um deles pode ser usado separadamente para uma boa caracterização dos fiambres de corvina.

7.6.3 Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica em algumas características nutricionais dos fiambres de corvina

As características nutricionais dos fiambres de corvina foram abordadas quanto ao seu conteúdo em ácidos gordos e aminoácidos.

7.6.3.1 Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões na composição em ácidos gordos de fiambres de corvina

A composição em ácidos gordos dos fiambres de corvina submetidos a 500 MPa, 10 min a 30 °C foi idêntica à dos fiambres obtidos por processamento térmico (resultados já abordados e discutidos em 7.5.2.1, página 166). Pelos resultados obtidos (Tabela 31) pode-se considerar que o HPP não provocou alterações nos ácidos gordos permitindo assim obter fiambres de corvina com uma elevada abundância de ácidos gordos polinsaturados (PUFA) e monoinsaturados (MUFA), apresentando-se como mais abundantes o ácido linoleico (18:2 ω 6), o ácido oleico (18:1 ω 9+ ω 7+ ω 5) e o ácido palmítico (16:0).

Tabela 31. Composição em ácidos gordos (mg/g) dos fiambres de corvina submetidos a diferentes processamentos: térmico e HPP. Valores médios \pm DP ($n=2$)

Ácidos gordos (%)	Fiambres	
	Pasteurizados	HPP
14:0	0,7 \pm 0,00	0,7 \pm 0,00
16:0	14,1 \pm 0,01	14,1 \pm 0,00
18:0	5,8 \pm 0,01	5,8 \pm 0,01
Outros SFA	1,8 \pm 0,00	1,9 \pm 0,01
Σ SFA	22,4 \pm 0,02	22,6 \pm 0,00
16:1 (ω 9+ ω 7)	1,7 \pm 0,01	1,7 \pm 0,00
18:1(ω 9+ ω 7+ ω 5)	25,4 \pm 0,05	25,4 \pm 0,02
20:1 (ω 11+ ω 9+ ω 7)	1,1 \pm 0,00	1,0 \pm 0,01
Outros Mufa	1,3 \pm 0,02	1,3 \pm 0,00
Σ MUFA	29,4 \pm 0,02	29,4 \pm 0,01
18:2 ω 6	36,9 \pm 0,03	37,0 \pm 0,08
18:3 ω 3 ALA	3,0 \pm 0,04	3,0 \pm 0,03
20:5 ω 3 EPA	0,7 \pm 0,01	0,7 \pm 0,01
22:6 ω 3 DHA	3,7 \pm 0,01	3,7 \pm 0,00
Outros PUFA	2,8 \pm 0,04	2,8 \pm 0,03
Σ PUFA	47,1 \pm 0,03	47,2 \pm 0,09
Σ ω 3	8,5 \pm 0,06	8,4 \pm 0,03
Σ ω 6	38,2 \pm 0,06	38,3 \pm 0,06
Razão ω 3/ ω 6	0,2	0,2
Razão ω 6/ ω 3	4,5	4,6

Os efeitos do HPP na oxidação lipídica podem variar em função de diversos fatores entre os quais, o nível de pressão, tempo de processamento, tipo de fibra, idade do peixe, composição química, perfil de gordura, manuseamento antes e após morte e processos de transformação, entre outros (Truong *et al.*, 2015). Durante o processamento e conservação do pescado e seus produtos, podem ocorrer alterações na composição dos PUFA, uma vez que estes compostos são altamente propensos à oxidação (Figueirêdo *et al.*, 2015). Em estados avançados de oxidação dos lípidos pode-se observar uma diminuição dos PUFA, geralmente acompanhada por um aumento da concentração de ácidos gordos saturados (Guyon *et al.*, 2016). Contudo, submeter os produtos ao HPP na ausência de oxigénio (embalados a vácuo),

contribuiu para evitar o efeito da pressão sobre o processo de oxidação (Mariutti *et al.*, 2008). Os baixos níveis de alteração verificados entre os conteúdos em ácidos gordos dos fiambres de corvina submetidos ao HPP face ao fiambre controlo, podem-se dever ao facto dos fiambres terem sido embalados em vácuo antes dos tratamentos (HPP e térmico).

Segundo Murchie *et al.* (2005), as enzimas hidrolíticas endógenas, que podem induzir a peroxidação lipídica em PUFA livres, também são inativadas pelo HPP, permitindo assim prolongar a validade dos produtos de pescado.

Tal como os resultados obtidos neste estudo em fiambres de corvina, Yagiz *et al.* (2009), em salmão submetido a HPP com pressões até 400 MPa, e Cruz-Romero, Kelly & Kerry (2007), em ostras, também verificaram que a composição em ácidos gordos não foi afetada.

De acordo com os poucos estudos existentes sobre os efeitos do HPP no perfil de ácidos gordos de peixes pressurizados, é possível que não haja efeito sobre a composição dessa fração lipídica (Oliveira *et al.*, 2017).

7.6.3.2 Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões na composição em aminoácidos de fiambres de corvina

A composição em aminoácidos dos fiambres de corvina submetidos ao HPP encontra-se apresentada na Figura 86. Tal como nos fiambres de corvina submetidos a tratamento térmico (resultados e discussão em 7.5.2.2, página 168), a lisina (LYS) foi o aminoácido essencial que apresentou maior “score”, seguido pela treonina (THR), fenilalanina (PHE) + tirosina (TYR), histidina (HIS), isoleucina (ILE), valina (VAL), leucina (LEU) e metionina (MET). No entanto, os “score” dos aminoácidos essenciais obtidos nos fiambres pressurizados foram inferiores aos obtidos no fiambre obtido termicamente. Enquanto nos fiambres de corvina tratados termicamente apenas a metionina apresentou menor concentração em comparação com a concentração padrão de referência da FAO (2013), nos fiambres pressurizados também a isoleucina, a valina e a leucina apresentaram um “score” inferior a 100 %.

Contrariamente ao que Balci & Wilbey (1999) afirmam em relação à inexistência de efeito da alta pressão sobre moléculas pequenas como aminoácidos, vitaminas e compostos responsáveis pelo sabor, neste caso concreto o HPP a 500 MPa, 10 min a 30 °C induziu uma redução mais acentuada dos aminoácidos essenciais presentes no fiambre de corvina, quando comparado com o processamento térmico. O menor conteúdo em lisina dos fiambres de corvina sujeitos a HPP pode, de certa forma, explicar a textura mais branda comparativamente com o fiambre submetido a tratamento térmico pois, segundo Dickinson (1997) e Ting, Ishizaki & Tanaka (1999), a lisina pode contribuir para a formação de ligações cruzadas covalentes entre o grupo ϵ -amino e o grupo γ -carboxiamida de resíduos glutamínicos de proteínas

adjacentes, quando atuam como substrato da transglutaminase.

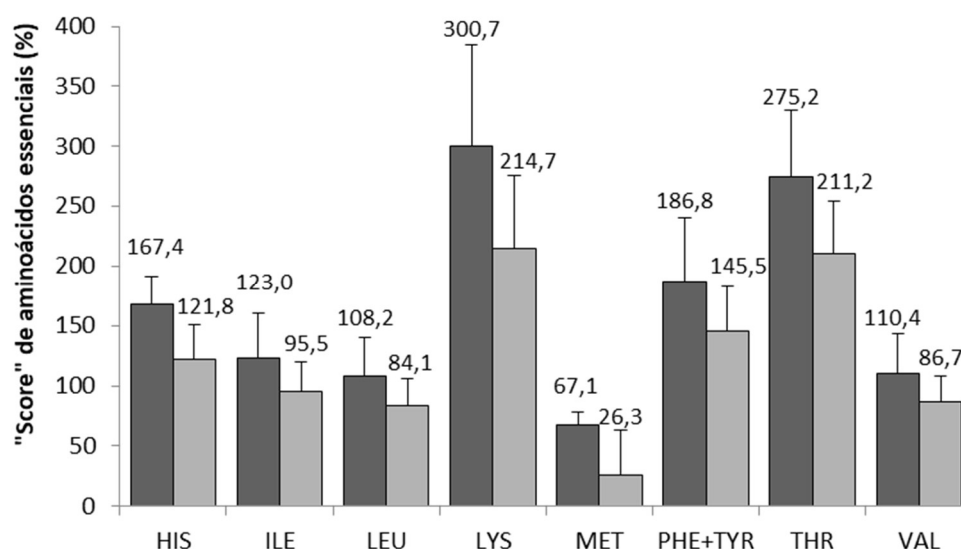


Figura 86. “Score” de aminoácidos essenciais detetados nos fiambres de corvina submetidos a processamento térmico (■) ou a HPP (□). “Score” de aminoácidos essenciais (%) = Aminoácidos essenciais (mg/g proteína)/aminoácidos essenciais no padrão de referência (mg/g proteína) * 100. O padrão de aminoácidos essenciais de referência foi o sugerido por FAO (2013).

A composição de aminoácidos pode permitir a avaliação de mudanças no valor nutritivo que possam surgir na preparação, processamento e armazenamento de alimentos (Mohanty *et al.*, 2014). Embora a composição de aminoácidos de uma variedade de produtos da pesca seja conhecida, até à atualidade há pouca informação sobre a composição de aminoácidos dos produtos da pesca submetidos ao HPP (Erkan *et al.*, 2010a, b).

Erkan *et al.* (2011a) constataram que, em amostras de carapau tratadas por HPP, o conteúdo em aminoácidos livres foi alterado significativamente em relação aos filetes de carapau não submetido ao HPP. Idêntico comportamento foi obtido por Erkan *et al.* (2011b) em salmão fumado. Para estes autores a causa da diminuição ou aumento do conteúdo de aminoácidos nas espécies submetidas a diferentes condições de HPP deveu-se à desnaturação da proteína.

Os resultados obtidos sugerem que o HPP a 500 MPa, 10 min a 30 °C reduziu o conteúdo de aminoácidos nos fiambres de corvina, mas mais estudos serão necessários nesta área.

7.6.4 Estudo de estabilidade em armazenagem sob refrigeração: comparação entre fiambres submetidos ao tratamento térmico tradicional e os submetidos a altas pressões.

O uso de tecnologias emergentes, como as altas pressões hidrostáticas, deve em primeiro lugar garantir a segurança dos alimentos (Sevenich, Rauch & Knorr, 2016). A esse

respeito, a aplicação de HPP nos alimentos tem sido estudada no sentido de substituir tratamentos térmicos convencionais e se possível, de lhes prolongar o período de vida útil.

O estudo comparativo da estabilidade microbiológica foi realizado entre os fiambres de corvina com 0,5 % de MTGase, submetidos ao tratamento térmico convencional (pasteurização) e os submetidos a 500 MPa, 10 min, 30 °C.

O estudo da estabilidade microbiológica dos fiambres foi realizado num período de 42 dias, onde se iniciaram as análises no dia seguinte à obtenção dos fiambres (dia 1) e repetidas de 7 em 7 dias até perfazer os 42 dias.

As análises microbiológicas apresentaram alguns resultados diferentes entre os fiambres submetidos aos diferentes processamentos (Tabela 32). Do ponto de vista microbiológico, até ao 21.º dia (não considerando a 1.ª semana), os dois tratamentos garantiram valores aceitáveis para os grupos de microrganismos estudados, no entanto, as amostras de fiambre submetido a HPP apresentaram sempre valores mais elevados.

No que diz respeito aos microrganismos indicadores de qualidade geral, verificou-se que no 1.º dia (dia após a obtenção dos fiambres), na contagem de microrganismos aeróbios a 30 °C (mesófilos) (Figura 87), as amostras do fiambre submetido a HPP apresentaram valores superiores ao limite aceitável. Todavia, esta flora mesófila inicial, juntamente com os microrganismos psicotróficos (Figura 88), desapareceu com a diminuição do oxigénio disponível e só no 28.º dia (mesófilos) e no 35.º dia (psicotróficos) começou a recuperar.

As amostras registaram também a presença de bolores e leveduras a partir do 21.º dia após obtenção dos fiambres, não se tendo verificado diferenças entre os dois tipos de processamento. Apesar das leveduras, em particular, poderem causar deterioração dos fiambres mesmo em níveis relativamente baixos devido à produção de ácido e gás, os valores registados foram, no entanto, muito reduzidos pelo que não foram considerados relevantes. O seu aparecimento pode estar relacionado com a diminuição da microbiota mesófila ou condições ambientais favoráveis (*e.g.* vácuo) (Geornaras & Sofos, 2005).

Quanto aos microrganismos indicadores de higiene, nomeadamente os coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterobacteriaceae* (Buchanan & Oni, 2012), verificou-se que no período de tempo em estudo não foram ultrapassados os limites de deteção (valores inferiores a 1 log (ufc/g) em todas as semanas, independentemente do tratamento). Resultados idênticos foram obtidos nos microrganismos indicadores de segurança dos alimentos: *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus aureus* e os esporos de clostrídios sulfito-redutores (Buchanan & Oni, 2012).

Tabela 32. Resultados (média ± DP) das análises microbiológicas realizadas nos fiambres de corvina pasteurizados e nos submetidos a altas pressões (500 MPa, 10 min, 30 °C).

Condições de processamento (com 0.50% MTGase)	Dia	Mesófilos Totais (ufc/g)	Psicrotróficos Totais (ufc/g)	Bolores e leveduras (ufc/g)	Esporos de clostrídios sulfito-redutores (ufc/g)	Coliformes totais (ufc/g)	<i>Escherichia coli</i> (ufc/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (ufc/g)	Enterobacteriaceae (ufc/g)	Sulfito-redutoras (ufc/g)	Salmonella (em 25g)	Listeria (em 25g)
Pasteurização 82 °C, 110 min	1	$1,7 \times 10^3 \pm 9,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2 \pm 4,5 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	7	$4,4 \times 10^2 \pm 1,2 \times 10^2$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	14	$1,9 \times 10^2 \pm 6,1 \times 10^1$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	21	$2,0 \times 10^2 \pm 0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$4,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	28	$4,3 \times 10^3 \pm 1,3 \times 10^3$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	35	$3,5 \times 10^2 \pm 5,0 \times 10^1$	$1,5 \times 10^1 \pm 1,5 \times 10^1$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	42	$5,6 \times 10^4 \pm 4,8 \times 10^4$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$4,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
Processamento altas pressões 500 MPa/10 min/ 30 °C	1	$4,2 \times 10^5 \pm 4,5 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4 \pm 1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	7	$8,8 \times 10^2 \pm 4,8 \times 10^2$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	14	$1,7 \times 10^3 \pm 4,8 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2 \pm 4,5 \times 10^0$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	21	$6,5 \times 10^3 \pm 1,4 \times 10^3$	$4,3 \times 10^2 \pm 2,7 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	28	$2,8 \times 10^4 \pm 1,4 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2 \pm 0,0 \times 10^0$	$9,7 \times 10^2$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	35	$4,6 \times 10^4 \pm 4,0 \times 10^4$	$3,9 \times 10^3 \pm 3,2 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente
	42	$9,3 \times 10^4 \pm 1,7 \times 10^4$	$1,5 \times 10^6 \pm 1,5 \times 10^6$	$4,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Ausente	Ausente

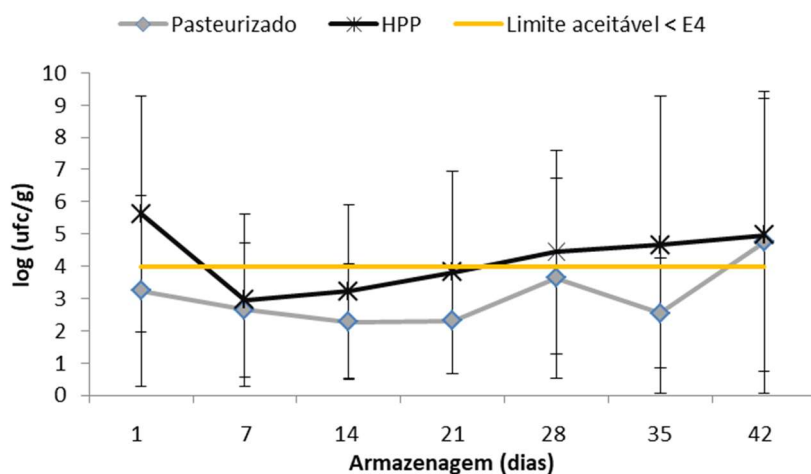


Figura 87. Resultados obtidos nas determinações de microrganismos mesófilos realizadas às amostras de fiambre pasteurizado e às amostras do fiambre submetido ao HPP ao longo da armazenagem

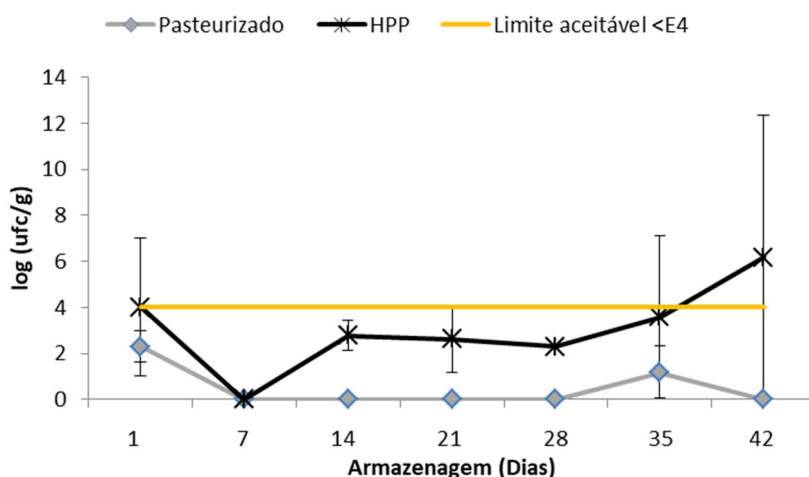


Figura 88. Resultados obtidos nas determinações de microrganismos psicrotróficos realizadas às amostras de fiambre pasteurizado e às amostras do fiambre submetido ao HPP ao longo da armazenagem

Segundo Buchanan & Oni (2012), os microrganismos indicadores de segurança dos alimentos normalmente aparecem à medida que a deterioração se instala e podem causar doença ao consumidor. Sabe-se que a pasteurização não elimina os microrganismos esporulados (Sperber, 2009). As bactérias anaeróbias sulfito-redutoras podem surgir por contaminação fecal e sobrevivem facilmente em condições ambientais desfavoráveis (FDA, 2012), podendo os seus esporos pôr em causa a segurança dos alimentos. Considerando apenas este grupo de microrganismos, os fiambres apresentaram-se próprios para consumo pois registaram-se, até ao 42.º dia, valores inferiores a 1 log (ufc/g).

O número e tipo de microrganismos presentes num alimento podem ser usados para avaliar a sua segurança microbiológica e qualidade (Doyle & Beuchat, 2007). A contagem de

microrganismos aeróbios totais, viáveis totais ou mesófilos totais, dá uma indicação da qualidade (Doyle & Beuchat, 2007; Jay, 2000; Montville *et al.*, 2005), mas não da segurança dos alimentos; por esta razão, não pode ser usada diretamente para avaliar a segurança de um alimento pronto-a-comer (HPA, 2009). As contagens de mesófilos totais inferiores a 10^6 ufc/g estão normalmente associadas à presença de microbiota mista (HPA, 2009). Acima desse valor é que se verifica normalmente a predominância de algum microrganismo e a qualidade e aceitabilidade do alimento dependerá do tipo de microrganismo prevalecente (HPA, 2009). De acordo com HPA (2009), os alimentos com contagens de microrganismos totais entre 10^5 - 10^7 (como foi o caso dos fiambres submetidos ao HPP ao 42.º dia) estão no limite da aceitabilidade em termos de qualidade e como tal dependerá do ponto em que estão na cadeia de comercialização para poderem ser considerados seguros.

Sabe-se que durante o processamento e preparação, os alimentos podem estar sujeitos a contaminações fecais cruzadas e ficarem contaminados com *Salmonella* (ICMSF, 1996). Os resultados foram, no entanto, muito satisfatórios uma vez que os fiambres não foram obtidos em ambiente fabril e as instalações, equipamentos, utensílios e roupas de proteção pessoal também não foram higienizados com os produtos de higienização mais adequados. Por outro lado, o peixe, naturalmente, contém microbiota indígena que inclui bactérias específicas de deterioração (Svanevik & Lunestad, 2011) e nalguns casos bactérias patogénicas específicas para o Homem como a *Listeria monocytogenes* e o *Clostridium botulinum* (Huss, 1997).

O processamento por alta pressão pode efetivamente reduzir a carga microbiana inicial em muitos músculos de peixe (Truong *et al.*, 2015). No geral, a aplicação de 300 MPa ou mais, por alguns minutos, à temperatura ambiente, tem sido sugerida como o tratamento adequado para inativar microrganismos vegetativos em muitos alimentos (Farkas & Hoover, 2000). Teixeira *et al.* (2014), registaram um aumento da vida útil, em termos microbiológicos, de filetes de robalo fresco quando submetidos a dois diferentes tratamentos de altas pressões (250 e 400 MPa) durante 5 min. Todavia, o efeito induzido pelo HPP pode depender também da espécie de pescado processado, pois na comparação do HPP (200 e 500 MPa, 2 min) em salmão, bacalhau e cavala frescos, durante o armazenamento até 26 dias, Rode & Hovda (2016) verificaram que para o bacalhau e a cavala, o HPP a 500 MPa limitou o crescimento microbiano neste período de tempo, mas o mesmo não se verificou para o salmão.

Stollewerk, Jofré & Comaposada (2014) verificaram que em salsichas de peixe, à base de tamboril e inoculadas com baixos níveis de *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* entérica (150 ufc/g), pressurizadas a 600 MPa, 5 min, 13 °C e armazenadas sob refrigeração a 4 °C durante 27 dias, não se registou crescimento de agentes patogénicos e bactérias indicadoras de

deterioração, tal como não foi detetada *E. coli* e a *Listeria monocytogenes* e a *Salmonella* entérica foram eliminadas.

Os resultados dos diferentes estudos são difíceis de comparar, pois além da carga bacteriana inicial dos alimentos poder ser diferente, são utilizados diferentes níveis de pressão, tempos de espera, temperaturas, tratamentos térmicos após o HPP, entre outros. Contudo, sabe-se que as HPP permitem pasteurizar os alimentos, alterando-se com a pressão as ligações não covalentes nos microrganismos sem, eventualmente, alterar a textura ou outras propriedades organoléticas do alimento (Sperber, 2009). De um modo geral, a pressão rompe as ligações de hidrogénio nos ácidos nucleicos, alterando assim o DNA e ribossomas dos microrganismos (Jay, 2000; Ross *et al.*, 2003). De uma perspetiva microbiológica, o uso de HPP parece ser promissor na redução das cargas microbianas, mas ainda não se atingiram resultados idênticos aos obtidos pelos tratamentos térmicos convencionais.

7.6.5 Aminas biogénicas

Nos fiambres de corvina submetidos a 500 MPa, 10 min, 30 °C, verificou-se que a tiramina foi a única amina detetada desde o primeiro dia após a sua obtenção, enquanto a histamina e a putrescina só foram detetadas a partir do 28.º dia. No entanto, as quantidades detetadas foram muito reduzidas (Tabela 33). Para os produtos da pesca apenas se aplica limitação ao conteúdo em histamina, e como já referido anteriormente, no máximo de 200 mg/kg (Regulamento (UE) N.º 1019, 2013).

Tabela 33. Quantificação de aminas biogénicas (histamina, tiramina e putrescina) (mg/kg) presentes nos fiambres de corvina submetidos a diferentes processamentos de gelificação

		Aminas biogénicas (mg/kg)					
		Histamina		Tiramina		Putrescina	
Processamento	Dias	Pasteurização	HPP	Pasteurização	HPP	Pasteurização	HPP
	1	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00
	7	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	0,00
	14	0,00	0,00	0,00	1,55	0,00	0,00
	21	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00
	28	0,00	1,00	1,00	1,00	0,04	0,04
	42	0,00	1,00	1,05	1,30	0,10	0,40

Comparando os dois processos de gelificação, verifica-se que embora no HPP se tenham detetado conteúdos mais elevados das aminas biogénicas em estudo, os seus valores foram muito abaixo dos considerados prejudiciais ao consumidor. O HPP a 500 MPa, 10 min, 30 °C foi eficaz tal como o processamento térmico utilizado.

Nas condições de HPP aplicadas, a ausência destas aminas ou os reduzidos conteúdos detetados, talvez se deva ao facto da polpa ter sido obtida após um dia da captura da corvina,

apresentando um elevado grau de frescura. Também contribuiu para os resultados obtidos o facto de a corvina não ser considerada uma espécie com níveis elevados de histidina livre. A formação de amins biogénicas em peixes é específica da espécie, sendo muito maior em peixes ricos em histidina (músculo escuro) do que em peixes pobres em histidina (músculo branco) (Auerswald, Morren & Lopata, 2006; Prester *et al.*, 2009).

A obtenção de alimentos seguros requer processamentos que sejam altamente eficientes, para eliminar microrganismos, e flexíveis o suficiente para reterem os atributos desejáveis do produto, preservando as propriedades nutricionais e físico-químicas desejáveis. Neste sentido, a obtenção de fiambres gelificados por HPP é um desafio para o futuro.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De seguida são apresentadas as principais conclusões que se retiraram de cada estudo realizado ao longo deste trabalho.

Rendimento na obtenção de polpas de dourada, robalo e corvina

O maior rendimento foi obtido na dourada (55,9 % na capturada no verão e 54,1% na capturada no inverno). Para o robalo (49,3 % no capturado no verão e 50,8 % no inverno) e corvina (49,6 % na capturada no verão e 51,9 % no inverno) os maiores rendimentos foram obtidos com os indivíduos capturados no inverno.

Influência da espécie e da época de captura na composição química das polpas

A dourada, independentemente da época de captura, apresentou os teores de gordura livre mais elevados, seguida pelo robalo e por último pela corvina. Estes resultados acompanham de forma inversa os resultados obtidos na humidade.

Em termos da proteína, a dourada e o robalo apresentam os valores mais baixos quando capturados no verão e a corvina quando capturada no inverno.

O teor de cinza das polpas apenas foi influenciado nas espécies capturadas no verão, apresentando a dourada o teor mais elevado, quer em relação à dourada capturada no inverno, quer em relação às outras espécies.

Influência da espécie, da época de captura e da adição de MTGase e KGM em fiambres de dourada, de robalo e de corvina

A obtenção de fiambres de peixe revelou-se um desafio estimulante pois para as diferentes espécies utilizadas obtiveram-se fiambres com características distintas, mas todos eles bem aceites sensorialmente. Tendo em vista a preparação de fiambres com características de textura mais semelhantes às do fiambre da perna extra de porco, os melhores resultados, para cada espécie, época de captura e formulação (fibra vegetal e MTGase) foram obtidos por:

- Dourada, capturada no verão, com adição de 0,5 % de MTGase e 1 % de KGM;
- Robalo, de preferência capturado no verão com adição de 0,5 % de MTGase sem e com 1 % de KGM e
- Corvina, especialmente a capturada no inverno, com adição de 0,5 % de MTGase.

Entre todas as espécies, a corvina foi a que apresentou maiores potencialidades como matéria-prima para obtenção de fiambres de peixe.

Otimização das propriedades físicas e funcionais do fiambre de corvina. Incorporação de outros ingredientes

No processo de desenvolvimento da formulação do fiambre de corvina, a adição de fibrulose (fibra de chicória), em substituição de KGM, permitiu obter fiambres de corvina com um pH mais baixo, com um insignificante aumento da CRA e com aumento do tom avermelhado e do índice da brancura (“whiteness”). A adição de fibrulose teve também um efeito benéfico na textura dos fiambres de corvina, que se verificou nos valores da deformação à rutura, força à rutura, força de gel, trabalho à rutura, “springiness” e distância à rutura. A presença de fibrulose levou a uma diminuição da dureza, aproximando também esta característica de textura à do fiambre da perna extra de porco. A fibrulose quando combinada com o pisane (isolado proteico de ervilha) teve um efeito favorável na textura, nomeadamente na redução da elasticidade, dureza e mastigabilidade e maior coesividade (parâmetros mais próximos aos do fiambre da perna extra de porco). Da avaliação sensorial realizada aos fiambres de corvina (com fibrulose e sem ou com pisane) não foram destacadas diferenças significativas.

Preferência do consumidor quanto à cor do fiambre de peixe, através de inquéritos “on-line”

O inquérito “on-line” sobre a preferência do consumidor quanto à cor de um fiambre de peixe, obteve um total de 2237 respostas, na maioria de Portugal continental, sendo que 70,6 % dos inquiridos eram do género feminino e 29,4 % do género masculino. Para os dois géneros, a faixa etária que obteve o maior número de respostas foi a dos 26 aos 44 anos, seguida pela dos 16 aos 25 anos e a dos 45 aos 60 anos. O maior número de respostas foi dado por indivíduos com formação superior, evidenciando-se o bacharelato ou licenciatura. Das cores apresentadas para um possível fiambre de peixe, a preferência recaiu sobre a cor A (com adição de 0,0005 % de cochonilha), a que mais se aproxima da cor original do fiambre de corvina. Quanto à intenção de compra deste novo produto caso ele se encontrasse no mercado, verificou-se que a resposta mais votada foi “não sei”, que registou 55,0 % das respostas (40,0 % femininos e 15,0 % masculinos). Esta elevada percentagem talvez se deva ao facto deste produto ainda não existir no mercado e ainda não ter sido avaliado sensorialmente. Na globalidade dos inquiridos, verifica-se que o género masculino apresenta-se mais decidido e revela maior intenção de compra.

Caracterização do fiambre de corvina capturada no inverno com adição de 1 % fibra dietética de chicória e 1 % de isolado de proteína de ervilha

O fiambre de corvina capturada no inverno, com 1 % de fibra de chicória (fibrulose) e 1 % de isolado de proteína de ervilha (pisane) foi considerado como o produto final do desenvolvimento de um fiambre de peixe, por apresentar boas características texturais e boa

aceitação sensorial. Nutricionalmente, o fiambre apresentou uma boa composição em ácidos gordos, pois os mais abundantes foram os polinsaturados, seguidos pelos monoinsaturados. No geral, os aminoácidos presentes no fiambre de corvina apresentaram um conteúdo mais elevado do que é necessário ingerir diariamente e, por tal, pode-se concluir que o seu consumo poderá contribuir para satisfazer as necessidades diárias do consumidor quanto a estes nutrientes.

Em termos microbiológicos, os fiambres embalados sob vácuo apresentaram-se próprios para consumo até ao 35.º dia sob refrigeração, embalados sob vácuo. As aminas biogénicas, nomeadamente tiramina e putrescina, só foram detetadas no 28.º dia e em valores muito reduzidos e o conteúdo em histamina apresentou-se também abaixo do limite de deteção (200 mg/kg) durante este período de análise.

Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica na CRA, cor e na textura em fiambres de corvina

Face à pasteurização, a aplicação do HPP provocou alterações na cor dos fiambres, nomeadamente a diminuição da luminosidade, da brancura e da cor vermelha. Porém, entre os fiambres submetidos ao HPP, observou-se que o aumento de pressão promoveu o aumento da luminosidade e conseqüentemente da brancura, enquanto que com o eixo vermelho-verde verificou-se o contrário. O eixo amarelo-azul e a saturação apresentaram comportamento idêntico, diminuindo os seus valores com o aumento da intensidade do HPP. No geral, o aumento da temperatura nos tratamentos de HPP aumentou os valores destes parâmetros de cor, exceto do eixo vermelho-verde onde se verifica o contrário. Os fiambres submetidos ao HPP apresentaram maior tonalidade comparando com o fiambre pasteurizado mas entre os fiambres de corvina tratados com HPP não foi possível definir a influência da pressão, temperatura e tempo de pressurização. Os fiambres de corvina submetidos a 500 MPa apresentaram a menor diferença de cor face ao fiambre de corvina termicamente processado. Este aspeto foi evidenciado na determinação de ΔE^* .

Os processamentos de altas pressões a 350 MPa/10 min/30 °C, 350 MPa/20 min/30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C foram os que permitiram obter melhores características de textura sem alteração da capacidade de retenção de água dos fiambres. Com estas condições de HPP obtiveram-se resultados de deformação à rutura, força de gel e trabalho à rutura mais semelhantes aos dos fiambres da perna extra de porco. Em termos de dureza, gomosidade e mastigabilidade, os fiambres de corvina submetidos a 350 e 500 MPa a 30 °C foram, no geral, comparáveis aos fiambres processados termicamente. A “springiness” revelou apenas uma maior capacidade de recuperação nos fiambres de corvina submetidos ao HPP com a combinação -500 MPa, 10 min - em comparação com os outros fiambres submetidos aos

outros tratamentos. Adicionalmente, estas condições de HPP aumentaram a elasticidade e a coesividade dos fiambres de corvina.

A ação da transglutaminase foi possivelmente limitada nos HPP realizados a 10 °C, dado que nos HPP a 30 °C se obtiveram fiambres com melhores propriedades texturais. Provavelmente, pelo menos durante o processamento, a temperatura de 30 °C estimulou a ação da MTGase.

Nos estudos seguintes os fiambres de corvina foram limitados às seguintes condições de HPP: 350 MPa/10 min/30 °C, 350 MPa/20 min/30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C dado que foram os tratamentos que permitiram obter fiambres com mais potencialidades por serem mais semelhantes aos pasteurizados e por sua vez mais semelhantes aos do fiambre da perna extra de porco.

Estudo do efeito da MTGase em fiambres submetidos a altas pressões

Sob as condições HPP a 350 MPa/10 min/30 °C, 350 MPa/20 min/30 °C e 500 MPa/10 min/30 °C, verificou-se que a redução de MTGase para 0,25 % nos fiambres de corvina não comprometeu as propriedades texturais. Porém, a sua eliminação da formulação resulta na perda de diversas características texturais.

Os resultados obtidos confirmaram o potencial do HPP na produção de fiambres de corvina com boas propriedades texturais e a possibilidade de reduzir o teor de MTGase nas formulações, validando assim o uso desta tecnologia como alternativa à tradicional gelificação induzida pelo calor. Adicionalmente, a eficiência do HPP é independente do tamanho e geometria do alimento e este é processado na embalagem final e permite ao industrial proporcionar alimentos ao consumidor com os sabores e nutrientes originais.

Estudo do efeito da tecnologia de altas pressões em alternativa à gelificação térmica em algumas características nutricionais dos fiambres de corvina

A composição em ácidos gordos dos fiambres de corvina submetidos a 500 MPa/10 min/30 °C foi idêntica à dos fiambres obtidos por processamento térmico. Pode-se considerar que o HPP não provocou alterações nos ácidos gordos e permitiu assim obter fiambres de corvina com uma elevada abundância de ácidos gordos polinsaturados (PUFA) e monoinsaturados (MUFA), sendo mais abundantes o ácido linoleico (18:2 ω6), o ácido oleico (18:1 ω9+ω7+ω5) e o ácido palmítico (16:0).

Tal como nos fiambres de corvina submetidos a tratamento térmico, a lisina (LYS) foi o aminoácido essencial que apresentou o “score” mais elevado, seguida pela treonina (THR), fenilalanina (PHE) + tirosina (TYR), histidina (HIS), isoleucina (ILE), valina (VAL), leucina (LEU) e metionina (MET). No entanto, os “score” dos aminoácidos essenciais obtidos nos fiambres

pressurizados foram inferiores aos obtidos no fiambre obtido termicamente. Enquanto nos fiambres de corvina tratados termicamente apenas a metionina apresentou um “score” inferior à concentração padrão de referência da FAO (2013), nos fiambres pressurizados também a isoleucina, a valina e a leucina apresentaram um “score” inferior a 100%.

Estudo de estabilidade em armazenagem em refrigerado: comparação entre fiambres submetidos ao tratamento térmico tradicional e os submetidos a altas pressões.

De uma perspectiva microbiológica, o uso de HPP parece ser promissor na redução das cargas microbianas. O processamento por HPP permitiu obter fiambres com uma capacidade de conservação de 21 dias, embalados a vácuo sob refrigeração, apesar de não terem atingido resultados idênticos aos obtidos pelo tratamento térmico (pasteurização), com capacidade de conservação durante 35 dias.

Relativamente à formação de aminas biogénicas, embora tenham sido detetadas maiores quantidades de tiramina nos fiambres submetidos ao HPP, o conteúdo de histamina e putrescina, foi sempre muito inferior aos limites aceitáveis.

9. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os resultados obtidos são promissores quanto ao futuro da transformação de peixe em produtos de conveniência com boas características nutricionais. Para dar continuidade a estes resultados dever-se-ão realizar outros estudos.

Uma das dificuldades com que nos deparámos neste estudo foi o desconhecimento das dietas a que os peixes utilizados foram submetidos. Neste sentido, sugere-se que em estudos futuros se submeta o peixe sempre à mesma dieta e que esta seja conhecida quanto à sua composição química e nutricional. Assim será mais fácil relacionar a sua influência nas características do produto final, assim como será mais eficaz a verificação da influência, ou não, da época de captura sobre as características químicas da polpa/produto final. Com mais consistência ter-se-á informação sobre a matéria-prima a utilizar e qual o seu comportamento, de modo a ser obtido um produto final com características texturais, químicas e nutricionais pouco variáveis. A título de exemplo, poder-se-á concluir com mais certeza sobre a influência do conteúdo em gordura da polpa na formação da rede proteica durante o processamento, e que comportamento se pode esperar dos respetivos géis.

O estudo de outros fatores que influenciam a textura do músculo da dourada, robalo e corvina de aquacultura deverá também ser intensificado. Mais especificamente, aprofundar o conhecimento sobre as fibras musculares de cada uma das espécies referidas, para no futuro se tentar encontrar uma correlação entre a celularidade do músculo branco (densidade e área das fibras musculares) e os parâmetros de textura dos produtos obtidos com as suas polpas.

O facto de a indústria alimentar necessitar de ter matéria-prima suficiente para dar continuidade à produção, torna relevante o conhecimento das alterações durante a armazenagem e conservação no estado congelado. Não só é importante determinar a sua validade em termos microbiológicos mas também verificar durante quanto tempo as polpas mantêm as suas características gelificantes. Nesse sentido, é importante que em trabalhos futuros, se estude a atividade enzimática das polpas após a sua obtenção e durante a conservação.

A utilização da fibra de glucomanano de konjac tem muitos benefícios como já referido ao longo deste trabalho. Nos fiambres obtidos neste estudo, o KGM foi substituído por fibra de chicória, uma vez que não teve um efeito significativo na textura e prejudicou o fiambre em termos visuais. Contudo, sugere-se o estudo da adição de KGM na obtenção de fiambres de peixe. Podem ser testadas diferentes concentrações, associado à utilização de quantidades diferentes de NaOH para desacetilação e controlo do pH para garantia de uma desacetilação

completa e conversão da solução de KGM num gel termoestável com dissolução total na água, sem formação de “caroços” ou “grão”.

A utilização dos isolados de proteína de ervilha tem vindo a aumentar na indústria alimentar devido a várias vantagens, entre elas, disponibilidade e custo relativamente baixo, o facto de não ser alergénica nem conter glúten, ser uma fonte rica de lisina e triptofano, apresentar 5 a 20 % menos inibidores da tripsina do que a soja e apresentar maior digestibilidade. Porém, são poucos os estudos sobre as suas propriedades funcionais em produtos reestruturados de peixe. Será importante no futuro aprofundar estudos sobre a interação da proteína de ervilha com outras proteínas e de que modo pode interferir nas propriedades dos géis obtidos.

O estudo da gelificação por HPP, em alternativa à gelificação térmica, deverá ser intensificado, testando novas combinações de pressão, tempo e temperatura de modo a se obter produtos com características de textura desejadas e com período de armazenagem comparável ao obtido por tratamento térmico tradicional. Estes estudos deverão também focar-se sobre o potencial do HPP na preservação e/ou alterações das características nutricionais dos alimentos (*e.g.* aminoácidos e ácidos gordos), juntamente com a análise sensorial para se avaliar as preferências dos consumidores.

Claramente, outro objetivo será obter fiambre de peixe com uma matéria-prima mais barata e nutritiva, subprodutos potencialmente valiosos como as aparas da filetagem e outros do processamento de peixe e, mais importante introduzi-lo com sucesso no mercado. Parece-nos por tal pertinente o desenvolvimento de estudos a este nível.

A obtenção de géis com formatos diferentes, de acordo com as idades dos consumidores alvo assim como jogar com sabores naturais para aumentar o consumo de pescado, sobretudo entre a população mais jovem, são outras sugestões para trabalhos futuros.

Em complemento a esta temática, outro aspeto muito importante será o estudo dos custos de produção e por consequência a viabilidade económica deste tipo de produto.

A concretização destes estudos reforçará o desenvolvimento de novos produtos, sendo os fiambres de peixes produtos que se acredita irem de encontro às necessidades do consumidor de alimentos nutritivos e funcionais, sem terem um carácter evidente de peixe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

- Agrocluster (2017). *Estudo de tendências de consumo: Geração Y millennials*. Relatório final. "AgroCapacita – capacitação do setor agroalimentar no horizonte 2020", Programa Operacional Alentejo 2020 Ribatejo. Portugal.
- Aguilar, R.P., Sánchez, M.E.L. & Burgueño, M.R.R. (2000). *Postmortem* biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C. *Journal of Food Science*, 65(1), pp.40–47.
- Aguilera, J.M. & Park, D.J. (2016). Texture-modified foods for the elderly : Status , technology and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 57, pp.156–164.
- Ahmad, M.U., Tashiro, Y., Matsukawa, S. & Ogawa, H. (2005). Comparison of horse mackerel and tilapia surimi gel based on rheological and ¹H NMR relaxation properties. *Fisheries science*, 71(3), pp.655–661.
- Ahmed, J., Ramaswamy, H., Kasapis, S. & Boye, J.I. (2010). *Novel food processing. Effects on rheological and functional properties* (pp.35-46). J. Ahmed *et al.* (Eds). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis group.
- Aidos, I., Padt, A.V.D., Luten, J. B. & Boom, R.M. (2002). Seasonal Changes in Crude and Lipid Composition of Herring Fillets , Byproducts , and Respective Produced Oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, pp.4589–4599.
- Akintayo, E.T., Oshodi, A.A. & Esuoso, K.O. (1999). Effects of NaCl , ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein concentrates. *Food Chemistry*, 66, pp.51–56.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Miyashita, K. & Wanasundara, U. (2011). Seafood quality, safety, and health applications: an overview. In C. Alasalvar *et al.* (Eds). *Handbook of seafood quality, safety and health applications* (pp.1-7). West Sussex: Wiley-Blackwell Publishing.
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Zubcovb, E., Shahidic, F. & Alexis, M. (2002). Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content , fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79, pp.145–150.
- Alberto, R., Arena, M.E. & Nadra, C.M. (2002). A comparative survey of two analytical methods for identification and quantification of biogenic amines. *Food Control*, 13, pp.125–129.
- Alonso-Sande, M., Teijeiro-Osorio, D., Remuñán-López, C. & Alonso, M.J. (2009). Glucomannan, a promising polysaccharide for biopharmaceutical purposes. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 72(2), pp.453–462.
- Aluko, R.E., Mofolasayo, O.A. & Watts, B.M. (2009). Emulsifying and foaming properties of commercial yellow pea (*Pisum sativum* L.) seed flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(20), pp.9793–9800.
- Alvarez, P.A., Ramaswamy, H.S. & Ismail, A.A. (2010). High-Pressure Treatment Effects on Food Proteins of Animal Origin. In J. Ahmed *et al.* (Eds.) *Novel Food Processing: Effects on Rheological and Functional Properties* (pp.257-274). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis group.
- Alvarez-Manceñido, F., Landin, M. & Martínez-Pacheco, R. (2008). Konjac glucomannan/xanthan gum enzyme sensitive binary mixtures for colonic drug delivery. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 69(2), pp.573–581.

- Alwis, A.A.P. & Fryer, P.J. (1990). The use of direct resistance heating in the food industry. *Journal of Food Engineering*, 11(1), pp.3–27.
- Amanatidou, A., Schlüter, O., Lemkau, K., Gorris, L.G.M., Smid, E.J. & Knorr, D. (2000). Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh Atlantic salmon. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1, pp.87–98.
- An, H., Peters, M.Y. & Seymour, T.A. (1996). Roles of endogenous enzymes in surimi gelation. *Trends in Food Science and Technology*, 7(10), pp.321–327.
- Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V. & Williams, C.L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), pp.188–205.
- Ando, H., Adachi, M., Umeda, K., Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, R., Tanaka, H. & Motoki, M. (1989). Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53(10), pp.2613–2617.
- Andrés-Bello, A., García-Segovia, P., Ramírez, J. A. & Martínez-Monzó, J. (2011). Production of cold-setting restructured fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. *CYTA - Journal of Food*, 9(2), pp.121–125.
- Andrew, J.E., Holm, J. & Huntingford, F.A. (2004). The effect of pellet texture on the feeding behaviour of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 232, pp.471–479.
- Angsupanich, K., Edde, M. & Ledward, D.A. (1999). Effects of high pressure on the myofibrillar proteins of cod and turkey muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1), pp.92–99.
- AOAC (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Communities International*. (15th ed.). Washington, DC, USA.
- AOAC (2005). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Communities International* (18th ed.). Washington DC, USA.
- Araki, H. & Seki, N. (1993). Comparison of reactivity of transglutaminase to various fish actomyosins. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(4), pp.711–716.
- Ashie, I.N.A. & Lanier, T.C. (1999). High pressure effects on gelation of surimi and turkey breast muscle enhanced by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, 64(4), pp.704–708.
- Askar, A. & Treptow, H. (1986). Biogenic amines in lebensmitteln. In A. Askar & H. Treptow (Eds.) *Vorkommen, bedeutung und bestimmung* (pp. 21-74). Stuttgart, Germany: Verlag Eugen Elmer).
- Assous, M.T.M., Abdel-Hady, M.M. & Medany, G.M. (2014). Evaluation of red pigment extracted from purple carrots and its utilization as antioxidant and natural food colorants. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(1), pp.1–7.
- Atkins, P. & Paula, J. (2006). *Physical chemistry*. (8.^a ed.). New York: W. H. Freeman and Company. 1085 pp..
- Attouchi, M. & Sadok, S. (2010). The effect of powdered thyme sprinkling on quality changes of wild and farmed gilthead sea bream fillets stored in ice. *Food Chemistry*, 119(4), pp.1527–1534.

Aubourg, S.P., Piñeiro, C., Gallardo, J.M. & Barros-Velazquez, J. (2005). Food Chemistry Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*, 90, pp.445–452.

Auerswald, L., Morren, C. & Lopata, A.L. (2006). Histamine levels in seventeen species of fresh and processed South African seafood. *Food Chemistry*, 98, pp.231–239.

Ayala, M.D., Abdel, I., Santaella, M., Martínez, C., Periago, M.J., Gil, F., Blanco, A. & Albors, O.L. (2010). Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream, *Sparus aurata* L., during *post-mortem* storage. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), pp.465–475.

B

Babbitt, J. (1986). Suitability of seafood species as raw materials. *Food Technol.* 40(3), pp.97-100, 134.

Bagni, M. Civitareale, C., Priori, A., Ballerini, A., Finioia, M., Brambilla, G. & Marino, G. (2007). Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 263, pp.52–60.

Bajovic, B., Bolumar, T. & Heinz, V. (2012). Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science*, 92(3), pp.280–289.

Balasubramaniam, V.M. & Farkas, D. (2008). High-pressure food processing. *Food Science and Technology International*, 14(5), pp.413–418.

Balasubramaniam, V.M. (Bala), Martínez-Monteagudo, S.I. & Gupta, R. (2015). Principles and Application of High Pressure–Based Technologies in the Food Industry. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6(1), pp.435–462.

Balasubramaniam, V.M., Ting, E.Y., Stewart, C.M. & Robbins, J.A. (2004). Recommended laboratory practices for conducting high-pressure microbial inactivation experiments. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(3), pp.299–306.

Balci, A.T. & Wilbey, R.A. (1999). High pressure processing of milk-the first 100 years in the development of a new technology. *International Journal of Dairy Technology*, 52(4), pp.149–155.

Balny, C. & Masson, P. (1993). Effects of high pressure on proteins. *Food Reviews International*, 9(4), pp.611–628.

Bandarra, N.M., Batista, I., Nunes, M.L., Empis, J.M. & Christie, W.W. (1997). Seasonal Changes in Lipid Composition of Sardine (*Sardina pilchardus*). *Journal of Food Science*, 62(1), pp.40–42.

Banerjee, R. & Verma, A.K. (2015). Minimally Processed Meat and Fish Products. In M. W. Siddiqui & M. S. ur Rahman (Eds.) *Minimally Processed Foods* (pp. 193-250). New York: Springer.

Barac, M., Cabrilo, S., Pesic, M., Stanojevic, S., Zilic, S., Macej, O. & Ristic, N. (2010). Profile and functional properties of seed proteins from six pea (*Pisum sativum*) genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(12), pp.4973–4990.

Baracco, P.; Berger, Y.; Chansac, D.; Cotteuceau, M.; Durand, P.; Frentz, J.C.; Giron, J.; Guerin, J.; Jacquet, B.; Juillard, A.; Monge, M.; Pinel, M.; Poterre, P.; Sirami, J.; Solignat, G. E Zert, P. (1990) *L'encyclopédie de la charcuterie. Dictionnaire encyclopédique de la charcuterie* (pp. 12-15, 41, 212-219, 248, 368, 571-575, 580-590, 607, 622-625, 682-712). (3.^e ed). Paris: Soussana.

- Barba, F.J., Terefe, N.S., Buckow, R., Knorr, D. & Orlien, V. (2015). New opportunities and perspectives of high pressure treatment to improve health and safety attributes of foods. A review. *Food Research International*, 77, pp.725–742.
- Barreiro, F.J. & Seselovsky, R. (2003). Usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida. *Invenio*, 6(10), pp.157–164.
- Batista, I., Nunes, M.L. & Bandarra, N.M. (2008). Consumos e principais características dos produtos da pesca. In M. L. Nunes *et al.* (Eds). *Produtos da Pesca: valor nutricional e importância para a saúde e bem-estar dos consumidores* (pp. 12–34). Lisboa: Publicações avulsas do IPIMAR.
- Belitz, H. D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). *Química de los alimentos* (909 pp.) (3.^a ed.), Zaragoza, Espanha: Editorial Acribia, S.A..
- Benjakul, S., Phatcharat, S., Tammatinna, A., Visessanguan, W. & Kishimura, H. (2008). Improvement of gelling properties of lizardfish mince as influenced by microbial transglutaminase and fish freshness. *Journal of Food Science*, 73(6). pp.S239-S246.
- Bills, D.D., Hildrum, K., Scanlan, R.A. & Libbey, L.M. (1973). Potential Precursors of N-Nitrosopyrrolidine in Bacon and Other Fried Foods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 21(5), pp.876–877.
- Bjeldanes, L.F., Schutz, D.E. & Morris, M.M. (1978). On the aetiology of Scombroid poisoning: cadaverine potentiation of histamine toxicity in the guinea-pig. *Fd Cosmet. Toxicol.*, 16, pp.157–159.
- Bogahawaththa, D., Hoang, N., Chau, B., Trivedi, J. & Dissanayake, M., (2019). Impact of selected process parameters on solubility and heat stability of pea protein isolate. *LWT - Food Science and Technology*, 102, pp.246–253.
- Bora, P.S., Brekke, C.J. & Powers, J.R. (1994). Heat Induced Gelation of Pea (*Pisum sativum*) Mixed Globulins, Vicilin and Legumin. *Journal of Food Science*, 59(3), pp.594–596.
- Borderías, A. J., Sánchez-Alonso, I. & Pérez-Mateos, M. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(10), pp.458–465.
- Borderías, A.J. & Sánchez-Alonso, I. (2011). First Processing Steps and the Quality of Wild and Farmed Fish. *Food science*, 76(1), pp.1–5.
- Borderías, A.J., Pérez-Mateos, M., Solas, M. & Montero, P. (1997). Frozen storage of high-pressure- and heat-induced gels of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) muscle: rheological, chemical and ultrastructure studies. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 205(5), pp.335–342.
- Borges, M.E., Tejera, R. L., Díaz, L., Esparza, P. & Ibáñez, E. (2012). Natural dyes extraction from cochineal (*Dactylopius coccus*). New extraction methods. *Food Chemistry*, 132(4), pp.1855–1860.
- Bornet, F.R.J. (2008). Fructo-Oligosaccharides and Other Fructans: Chemistry, Structure and Nutritional Effects. *Advanced Dietary Fibre Technology*, pp.480–493.
- Børresen, Torger (1992). Quality aspects of wild and reared fish. In Hans Henrik Huss, Mogens Jakobsen, John Liston (Eds.), *Quality Assurance in the Fish Industry* (pp.1-17). Publisher: Elsevier Science Publishers B.V..

- Bot, A., Erle, U., Vreeker, R. & Agterof, W.G.M. (2004). Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels. *Food Hydrocolloids*, 18(4), pp.547–556.
- Botta, J.R., Kennedy, K., & Squires, B.E. (1987). Effect of method of catch and time of season on the composition of Atlantic cod. *Journal of Food Science*, 52(4), pp. 922-924.
- Boujard, T., Gélinau, A., Covès, D., Corraze, G., Dutto, G., Gasset, E. & Kaushik, S. (2004). Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilisation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets. *Aquaculture*, 231(1–4), pp.529–545.
- Bouraoui, M., Nakai, S. & Li-Chan, E. (1997). *In situ* investigation of protein structure in Pacific whiting surimi and gels using Raman spectroscopy. *Food Research International*, 30(1), pp.65–72.
- Bourne, M.C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement* (2.^ª ed.), UK: Academic Press. 446 pp.
- Buchanan, R.L. & Oni, R. (2012). Use of microbiological indicators for assessing hygiene controls for the manufacture of powdered infant formula. *Journal of food protection*, 75(5), pp.989–997.
- Buckow, R. (2006). *Pressure and Temperature Effects on the Enzymatic Conversion of Biopolymers*. Dissertação aprovada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia. Berlim: Universidade Técnica de Berlim. 181 pp.
- Burger, T.G. & Zhang, Y. (2019). Recent Progress in the Utilization of Pea Protein as an Emulsifier for Food Applications. *Trends in Food Science & Technology*, 86, pp.25–33.
- Butz, P. & Tauscher, B. (2002). Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Research International*, 35(2–3), pp.279–284.
- Bykowski, P. & Dutkiewicz, D. (1996). Freshwater fish processing and equipment in small plants. FAO Fisheries Circular N.º 905. Rome: FAO. 59p.

C

- Cabrera, R.B. (2005). *Downstream processing of natural products: carminic acid*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Doutor em Filosofia. Bremen: School of Engineering and Science, International University Bremen. 122p.
- CAC/MISC 6 (2001). *List of Codex Advisory Specifications for Food Additives*. *Codex Alimentarius*. pp.1–21.
- Calabretti, A., Cateni, F., Procida, G. & Favretto, L.G. (2003). Influence of environmental temperature on composition of lipids in edible flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, pp.1493–1498.
- Calçarão, L.M.T. (2012). *Enriquecimento de polpas de frutos em inulina: polpas prebióticas*. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 71p.
- Camp, J. Van, Feys, G. & Huyghebaert, A. (1996). High pressure-induced gel formation of hemoglobin and whey proteins at elevated temperatures. *Food Sci. Technol.*, 29(1 & 2), pp.49–57.
- Campbell-platt, G. (2009). *Food science and technology*. G. Campbell-Platt, (Eds.), Oxford: Wiley-Blackwell. 537pp.
- Campo, J.A. Del, García-González, M. & Guerrero, M.G. (2007). Outdoor cultivation of microalgae for carotenoid production: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(6), pp.1163–1174.

- Campus, M. (2010). High pressure processing of meat, meat products and seafood. In B. C. Siegler (Ed.). *Food Engineering* (pp.1-33). UK: Nova Science Publishers, Inc..
- Cando, D. Moreno, H.M., Tovar, C.A., Herranz, B. & Borderías, A.J. (2014). Effect of High Pressure and / or Temperature over Gelation of Isolated Hake Myofibrils. *Food Bioprocess Technol*, 7, pp.3197–3207.
- Cando, D., Borderías, A.J. & Moreno, H.M. (2016). Combined effect of aminoacids and microbial transglutaminase on gelation of low salt surimi content under high pressure processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, pp.10–17.
- Cando, D., Herranz, B., Borderías, A.J. & Moreno, H.M. (2015). Effect of high pressure on reduced sodium chloride surimi gels. *Food hydrocolloids*, 51, pp.176–187.
- Cao, Y., Xia, T., Zhou, G. & Xu, X. (2012). The mechanism of high pressure-induced gels of rabbit myosin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, pp.41–46.
- Cardinal, M., Cornet, J., Donnay-Moreno, C., Gouygou, J.P., Bergé, J.P., E. Rocha, E., Soares, S., Escórcio, C., Borges, P. & Valente, L.M.P. (2011). Seasonal variation of physical, chemical and sensory characteristics of sea bream (*Sparus aurata*) reared under intensive conditions in Southern Europe. *Lipids*, 22(April), pp.574–585.
- Cardoso, C. & Mendes, R. (2015). Restructured Gel Products from Farmed Meagre (*Argyrosomus regius*) Muscle : Effect of Low Salt Levels , Psyllium Fiber , and Chilled Storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(5), pp.490–501.
- Cardoso, C. (2011). *Underutilized fish species and fish processing by-products upgrading strategies*. Tese de candidatura ao grau de Doutor em ciência animal. Porto: Instituto de ciências biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto. 375p.
- Cardoso, C., Mendes, R. & Nunes, M.L. (2007a). Dietary fibers effect on the textural properties of fish heat-induced gels. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 16(3), pp.19–30.
- Cardoso, C., Mendes, R. & Nunes, M.L. (2007b). Effect of transglutaminase and carrageenan on restructured fish products containing dietary fibres. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(11), pp.1257–1264.
- Cardoso, C., Mendes, R. & Nunes, M.L. (2008a). Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(2), pp.276–283.
- Cardoso, C., Mendes, R. & Nunes, M.L. (2013a). Species, salt level, and dietary fibre effect on fish ham. *Italian journal of food science*, XXV(3), pp.303–312.
- Cardoso, C., Mendes, R., Pedro, S. & Nunes, M.L. (2008b). Quality changes during storage of fish sausages containing dietary fiber. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 17(1), pp.73–95.
- Cardoso, C., Mendes, R., Saraiva, J., Vaz-Pires, P. & Nunes, M. (2010a). Quality characteristics of high pressure-induced hake (*Merluccius capensis*) protein gels with and without MTGase. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 19(3), pp.193–213.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. & Nunes, M.L. (2009). Effect of dietary fibre and MTGase on the quality of mackerel surimi gels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(10), pp.1648–1658.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. & Nunes, M.L. (2010b). Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from farmed sea bass. *Journal of Food Engineering*, 101(1), pp.98–105.

- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. & Nunes, M.L. (2011a). Production of high quality gels from sea bass: Effect of MTGase and dietary fibre. *LWT - Food Science and Technology*, 44(5), pp.1282–1290.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. & Nunes, M.L. (2011b). Effect of MTGase, dietary fiber and UV irradiation upon heat-induced gilthead seabream (*Sparus aurata*) gels. *Food Science and Technology International*, 17(2), pp.155–165.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. & Nunes, M.L. (2014). Effect of seasonal changes on the gelling properties of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food science and technology international*, 20(1), pp.45–54.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. & Nunes, M.L. (2012b). Quality differences between heat-induced gels from farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Chemistry*, 131(2), pp.660–666.
- Cardoso, C., Ribeiro, B. & Mendes, R. (2012a). Effects of dietary fibre and microbial transglutaminase addition on the rheological and textural properties of protein gels from different fish species. *Journal of Food Engineering*, 113(4), pp.520–526.
- Cardoso, C., Ribeiro, B. & Mendes, R. (2013b). The influence of fish age, salt level, and MTGase addition on the quality of gels prepared from unwashed mince of farmed meagre (*Argyrosomus regius*). *Food science and technology international*, 20(4), pp.253–263.
- Cardoso, C., Ribeiro, B. & Mendes, R. (2015). Effect of microbial transglutaminase, dietary fiber and low-salt levels upon heat-induced meagre (*Argyrosomus regius*) gels. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24, pp.163–178.
- Carpenter, C.E., Cornforth, D.P. & Whittier, D. (2001). Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science*, 57(4), pp.359–363.
- Carvajal, P.A., Lanier, T.C. & Macdonald, G.A. (2005). Stabilization of Proteins in Surimi. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 163–213). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Casiraghi, E., Alamprese, C. & Pompei, C. (2007). Cooked ham classification on the basis of brine injection level and pork breeding country. *LWT - Food Science and Technology*, 40(1), pp.164–169.
- Castellar, M.R., Obón, J. M., Alacid, M. & Fernández-López, J. A. (2008). Fermentation of *Opuntia stricta* (Haw.) fruits for betalains concentration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(11), pp.4253–4257.
- Castro-Briones, M., Calderón, G. N., Velazquez, G., Rubio, M. S., Vázquez, M. & Ramírez, J. A. (2009). Mechanical and functional properties of beef products obtained using microbial transglutaminase with treatments of pre-heating followed by cold binding. *Meat Science*, 83, pp.229–238.
- CCMAR, CIIMAR, CO – FCUL, Docapesca, ESTM – IPL & IPMA. (2014). *As espécies mais populares do mar de Portugal: num restaurante perto de si*. Lisboa: Ciência viva - Agência nacional para a cultura científica e tecnológica.
- Célis, F.T. (2009). *Efeito da reticulação induzida pela transglutaminase e oglutaraldeído sobre as propriedades das micropartículas obtidas por coacervação complexa*. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição. Campinas, Brasil: Faculdade de Engenharia dos Alimentos, Universidade estadual de campinas. 148p.
- Chaguri, M.P., Maulvault, A.L., Costa, S., Gonçalves, A., Nunes, M.L., Carvalho, M.L., Sant'ana, L. S., Bandarra, N. & Marques, A. (2017). Chemometrics tools to distinguish wild and

- farmed meagre (*Argyrosomus regius*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), pp.1–9.
- Chaijan, M. & Undeland, I. (2015). Development of a new method for determination of total haem protein in fish muscle. *Food chemistry*, 173, pp.1133–1141.
- Chalamaiah, M., Kumar, B.D., Hemalatha, R. & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food chemistry*, 135(4), pp.3020–38.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. & Basak, T. (2013). Microwave food processing-A review. *Food Research International*, 52(1), pp.243–261.
- Cheftel, J. & Cheftel, H. (1992). *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos* (pp. 65-93). Vol. I. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Cheftel, J.C. & Culioli, J. (1997). Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Science*, 46(3), pp.211–236.
- Chen, H. (2006). Thermal gelation behaviors of surimi protein mixed with Hydroxypropylmethylcellulose. *Fisheries Science*, 72, pp.679–685.
- Chéret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V. & Lamballerie, M. (2005). Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Fillets. *Journal of Food Science*, 70(8), pp.e477–e483.
- Choi, Y.J., Kang, I.-S. & Lanier, T.C. (2005). Proteolytic enzymes and control in surimi. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 227–277). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Chua, M., Baldwin, T.C., Hocking, T.J. & Chan, K. (2010). Traditional uses and potential health benefits of *Amorphophallus konjac* K. Koch ex N.E.Br. *Journal of Ethnopharmacology*, 128(2), pp.268–278..
- Chung, Y.C., Gebrehiwot, A., Farkas, D.F. & Morrissey, M.T. (1994). gelation of surimi by high hydrostatic pressure. *Journal of food science*, 59(3), pp.523–543.
- Cluster do mar (2018). Pescas. Acedido em jun.22, 2018, disponível em <http://www.clusterdomar.com/index.php/temas/pescas>. pp.1–6.
- CODEX STAN 192-1995, Revisão (2018). *Norme générale pour les additifs alimentaires. Codex alimentarius* (2018). 502pp.
- Cohen, Z.; Vonshak, A.; Richmond, A. (1988). Effect of environmental conditions on fatty acid composition of the red alga *Porphyridium cruentum*: correlation to growth rate. *Journal of Phycology*, 24, pp.328-332.
- Connor, W.E. & Connor, S.L. (2000). The Importance of N-3 Fatty Acids in Health and Disease. In *IIFET 2000 Proceedings*. pp. 1–6.
- Cordier, M., Weber, J. & Zwingelstein, G. (2002). Changes in the fatty acid composition of phospholipids in tissues of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during an annual cycle. Roles of environmental temperature and salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 133(Part B), pp.281–288.
- Cortez-Vega, W.R., Fonseca, G.G., Feisther, V.A., Silva, T.F. & Prenticea, C. (2013). Evaluation of frankfurters obtained from croaker (*Micropogonias furnieri*) surimi and mechanically deboned chicken meat surimi-like material. *CYTA - Journal of Food*, 11(1), pp.27–36.
- Costa, S., Afonso, C., Bandarra, N.M., Gueifão, S., Castanheira, I., Carvalho, M.L., Cardoso, C. & Nunes, M.L. (2013). The emerging farmed fish species meagre (*Argyrosomus regius*):

How culinary treatment affects nutrients and contaminants concentration and associated benefit-risk balance. *Food and Chemical Toxicology*, 60, pp.277–285.

Cruz-Romero, M., Kelly, A.L. & Kerry, J.P. (2007). Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, pp.30–38.

D

Dahl, W.J., Foster, L.M. & Tyler, R.T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(SUPPL. 1).

Damodaran, S. & Agyare, K.K. (2013). Effect of microbial transglutaminase treatment on thermal stability and pH-solubility of heat-shocked whey protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 30(1), pp.12–18.

Damodaran, S. (1997). Food proteins: an overview. In *Food proteins and their applications* (pp.1–24). New York: CRC Press.

Daryaei, H. & Balasubramaniam, V.M. (2012). Microbial decontamination of food by high pressure processing. In A. Demirci & M.O. Ngadi (Eds.). *Microbial decontamination in the food industry: Novel methods and applications* (pp.370-406). N.º 234. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Oxford: Woodhead Publishing limited.

Dassow JA. (1976). Handling fresh fish. In: Stansby M.E. (Eds.), *Industrial fishery technology* (pp. 45–64). NewYork: Robert E. Krieger Publishing Co.

Dave, V., Sheth, M., McCarthy, S.P., Ratto, J.A. & Kaplan, D.L. (1998). Liquid crystalline, rheological and thermal properties of konjac glucomannan. *Polymer*, 39(5), pp.1139–1148.

Dàvila, E., Parés, D. & Howell, N.K. (2007). Studies on plasma protein interactions in heat-induced gels by differential scanning calorimetry and FT-Raman spectroscopy. *Food Hydrocolloids*, 21, pp.1144–1152.

Debusca, A., Tahergorabi, R., Beamer, S.K., Matak, K.E. & Jaczynski, J. (2014). Physicochemical properties of surimi gels fortified with dietary fiber. *Food chemistry*, 148, pp.70–76.

Delgado, A. Estevez, A., Hortelano, P. & Alejandre, M.J. (1994). Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Influence of temperature and fasting. *Comparative Biochemistry and physiology*, 108A(4), pp.673–680.

Delgado, A.M., Almeida, M.D.V. & Parisi, S. (2017). *Chemistry of the Mediterranean Diet*. Switzerland: Springer International Publishing. 259pp.

Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R. & Paredes-López, O. (2000). Natural pigments : carotenoids, anthocyanins and natural pigments : carotenoids, anthocyanins and betalains — Characteristics, biosynthesis, processing and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), pp.173–289.

Deloitte, 2015. The Deloitte Millennial survey - Executive summary. Deloitte Touche Tohmatsu Limited. 26pp.

Denys, S. & Hendrickx, M.E. (1999). Measurement of the thermal conductivity of foods at high pressure. *Journal of Food Science*, 64(4), pp.709–713.

Dickinson, E. (1997). Enzymic crosslinking as a tool for food colloid rheology control and

interfacial stabilization. *Trends in Food Science & Technology*, 8, pp.334–339.

Direção-Geral da Saúde (DGS) (2018). *Valores recomendados relativos à ingestão diária de fibra*. Acedido em jul.11, 2018, disponível em <https://www.dgs.pt/promocao-da-saude/educacao-para-a-saude/areas-de-intervencao/alimentacao.aspx>

Doyle, M.P. & Beuchat, L.R. (2007). *Food microbiology: Fundamentals and Frontiers* (pp.3-87). Third edit., Washington, DC: ASM Press.

Dreher, M.L. (2001). Dietary fiber overview. In S. S. Cho & M. L. Dreher (Eds.) *Handbook of Dietary Fiber*. New York: Marcel Dekker, Inc..pp.13-27.

Dufossé, L., Galaup, P., Yaron, A., Arad, S.M., Blanc, P., Murthy, K.N.C. & Ravishankar, G.A. (2005). Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: A scientific oddity or an industrial reality? *Trends in Food Science and Technology*, 16(9), pp.389–406.

Durán, N., Teixeira, M.F.S., Conti, R. & Esposito, E. (2002). Ecological-Friendly Pigments From Fungi. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1), pp.53–66.

Duynhoven, J.P.M., Kulik, A.S., Jonker, H.R.A. & Haverkamp, J. (1999). Solid-like components in carbohydrate gels probed by NMR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 40(3), pp.211–219.

E

EFSA (European Food Safety Authority) (2017). *Dietary reference values for nutrients: Summary report*. EFSA supporting publication 2017:e15121. 92 pp.

Egbert, W.R. & Payne, C.T. (2009). Plant Proteins. In Rodrigo Tarté (Ed.) *Ingredients in Meat Products. Properties, functionality and applications* (pp.111-130). Wisconsin: Springer.

Elamin, W.M., Endan, J.B., Yosuf, Y.A., Shamsudin, R. & Ahmedov, A. (2015). High pressure processing technology and equipment evolution: A review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(5), pp.75–83.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), pp.411–421.

EN ISO 8589:2010/A1 (2014). *Sensory analysis; General guidance for the design of test rooms* (ISO 8589:2007/Amd 1:2013).Comité Européen de Normalização (CEN)/Comissão Técnica (TC): CSC01 - Food products.

Endres, G., Forster, S.,Kandel, H., Pasche, J., Wunsch, M., Knodel, J. & Hellevang, K. (2016). *Field Pea Production*. A1166 (Revised) (pp.1-11). North Dakota State University. NDSU extension service.

Erkan, N. & Özden, Ö. (2007). Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by ICP-MS. *Food Chemistry*, 102(3), pp.721–725.

Erkan, N., Alpas, H., Üretener, G., Selçuk, A. & Buzrul, S. (2010a). Changes in the physicochemical properties of high pressure treated rainbow trout. *Lebensmittelhygiene*, 61(5), pp.165–196.

Erkan, N., Üretener, G. & Alpas, H. (2010b). Effect of high pressure (HP) on the quality and shelf life of red mullet (*Mullus surmelutus*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(2), pp.259–264.

- Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H., Selçuk, A., Özden, Ö. & Buzrul, S. (2011a). Effect of High Hydrostatic Pressure (HHP) Treatment on Physicochemical Properties of Horse Mackerel (*Trachurus trachurus*). *Food and Bioprocess Technology*, 4, pp.1322–1329.
- Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H., Selçuk, A., Özden, Ö. & Buzrul, S. (2011b). The effect of different high pressure conditions on the quality and shelf life of cold smoked fish. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, pp.104–110.
- Eroldoğan, O.T., Kumlu, M. & Aktaş, M. (2004). Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, 231, pp.501–515.
- Esturk, O., Park, J.W. & Thawornchinsombut, S. (2004). Effects of thermal sensitivity of fish proteins from various species on rheological properties of gels. *Journal of Food Science*, 69(8), pp. E412-E216.

F

- Fang, W. & Wu, P. (2004). Variations of Konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food Hydrocolloids*, 18(1), pp.167–170.
- FAO (1999). *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. Documento técnico de pesca 348, H. H. Huss (Ed.), Roma: FAO. 5pp.
- FAO (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. WHO technical report series; 935. Geneva, Switzerland. 284pp.
- FAO (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. Acedido em jun. 12, 2017, disponível em http://www.nutrinform.com/biblioteca/libros_digitales/fao_protein_quality.pdf.
- FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Contributing to food security and nutrition for all. Contributi., Roma: FAO.pp.1–8.
- FAO (2018). *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). Acedido em jun. 12, 2017, disponível em http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Argyrosomus_regius/es.
- FAO (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018*. Meeting the sustainable development goals. Roma: FAO. 227pp.
- FAOSTAT (2016). Fishery and Aquaculture Statistics. 2015. *FAO Annual Yearbook*. Roma: FAO. 230pp.
- Farkas, D.F. & Hoover, D.G. (2000). High Pressure Processing. *Journal of Food Science*, 65, pp.47–64.
- Farr, D. (1990). High pressure technology in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 1, pp.14–16.
- FDA (2012). *Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*. (2nd Edition). Food and Drug Administration. Acedido em jun. 06, 2019, disponível em <https://www.fda.gov/media/83271/download>.
- Fennema, O.R. (1992). *Química de los alimentos* (2.ª ed.). Zaragoza: S. A. Editorial Acribia. 1095pp.
- Fernández-Martín, F., López-López, I., Cofrades, S. & Colmenero, F. Jiménez (2009). Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat Science*, 83, pp.209–217.

- Fernández-Martín, F., Perez-Mateos, M. & Montero, P. (1998). Effect of Pressure / Heat Combinations on Blue Whiting (*Micromesistius poutassou*) Washed Mince : Thermal and Mechanical Properties. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 46(98), pp.3257–3264.
- Ferreira, T.S.A. (2013). *Desenvolvimento de um novo produto alimentar : Fisham - fiambre de pescada e salmão enriquecido com óleo de peixe*. Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar. Peniche: Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, Instituto Politécnico de Leiria. 131pp.
- Ferstl, C. (2013). *High Pressure Processing: Insights on Technology and Regulatory Requirements*. The National food Lab. Food for Thought/White Paper Series. Volume 10. 6pp.
- Figueirêdo, B.C., Bragagnolo, N., Skibsted, L.H. & Orlien, V. (2015). Inhibition of Cholesterol and Polyunsaturated Fatty Acids Oxidation through the Use of Annatto and Bixin in High-Pressure Processed Fish. *Journal of Food Science*, 80(8), pp.C1646–C1653.
- FishBase (2014). *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758). Gilthead seabream. Acedido em jan. 22, 2018, disponível em <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=1164&AT=gilthead+seabream>.
- Fishbase (2018a). *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus , 1758) European seabass. Acedido em jan. 22, 2018, disponível em <http://www.fishbase.org/summary/Dicentrarchus-labrax.html>.
- Fishbase (2018b). *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) Meagre. Acedido em jan. 22, 2018, disponível em <http://www.fishbase.org/summary/Argyrosomus-regius.html>.
- Flos, R. Reig, L., Oca, J. & Ginovart, M. (2002). Influence of marketing and different land-based systems on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) quality. *Aquaculture International*, 10(3), pp.189–206.
- Fountoulaki, E., Grigorakis, K., Kounna, C., Rigos, G., Papandroulakis, N., Diakogeorgakis, J. & Kokou, F. (2017). Growth performance and product quality of meagre (*Argyrosomus regius*) fed diets of different protein/lipid levels at industrial scale. *Italian Journal of Animal Science*, 16(4), pp.685–694.
- Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I., Rigos, G., Kotzamanis, Y., Venou, B. & Alexis, M.N. (2009). Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream- effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating. *Aquaculture*, 289(3–4), pp.317–326.
- Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(6), pp.287–291.
- Fu, X., Hayat, K., Li, Z., Lin, Q., Xu, S. & Wang, S. (2012). Effect of microwave heating on the low-salt gel from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi. *Food Hydrocolloids*, 27(2), pp.301–308.
- Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Serra, J.A. & Barat, J.M. (2010). Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. *Food Chemistry*, 119(4), pp.1514–1518.
- Fuhrmeister, H. & Meuser, F. (2003). Impact of processing on functional properties of protein products from wrinkled peas. *Journal of Food Engineering*, 56, pp.119–129.
- Fujimori, E. (1985). Changes induced by ozone and ultraviolet light in type I collagen: Bovine Achilles tendon collagen versus rat tail tendon collagen. *European Journal of Biochemistry*, 152(2), pp.299–306.

G

- Gallagher, M.L., Kane, E. & Beringer, R. (1984). Effect of size on composition of the american eel, *Anguilla rostrata*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 78A(3), pp.533–536.
- Galli, C. & Calder, P.C. (2009). Effects of fat and fatty acid intake on inflammatory and immune responses: A Critical Review. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1–3), pp.123–139.
- Gao, S. & Nishinari, K. (2004). Effect of degree of acetylation on gelation of konjac glucomannan. *Biomacromolecules*, 5(1), pp.175–185.
- Gao, S., Guo, J. & Nishinari, K. (2008). Thermoreversible konjac glucomannan gel crosslinked by borax. *Carbohydrate Polymers*, 72(2), pp.315–325.
- García-Gallego, M. & Akharbach, H. (1998). Evolution of body composition of European eels during their growth phase in a fish farm, with special emphasis on the lipid component. *Aquaculture Internacional*, 6, pp.345–356.
- Gaspar, A.L.C. & de Góes-Favoni, S.P. (2015). Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food chemistry*, 171C, pp.315–322.
- Gauche, C., Vieira, J.T.C., Ogliari, P.J. & Bordignon-Luiz, M.T. (2008). Crosslinking of milk whey proteins by transglutaminase. *Process Biochemistry*, 43(7), pp.788–794.
- Geornaras, I. & Sofos, J.N. (2005). Animal source food: quality and safety – meat and poultry. In D.E. Ullrey, C.K. Baer & W.G. Pond (Eds.). *Encyclopedia of Animal Science* (pp. 33–34). Boca Raton: Marcel Dekker, Inc.
- Gerrard, J.A. & Sutton, K.H. (2005). Addition of transglutaminase to cereal products may generate the epitope responsible for coeliac disease. *Trends in Food Science and Technology*, 16(11), pp.510–512.
- Giddings, G.G. (1974). Reduction of ferrimyoglobin in meat. *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 5(2), pp.143–173.
- Gil, A. & Gil, F. (2015). Fish, a Mediterranean source of n-3 PUFA : benefits do not justify limiting consumption. *British Journal of Nutrition*, 113, pp.S58–S67.
- Gill, T.A, Chan, J. K., Phonchareon, K. F. & Paulson, A. T. (1992). Effect of salt concentration and temperature on heat-induced aggregation and gelation of fish myosin. *Food Research International*, 25(5), pp.333–341.
- Gilleland, G.M., Lanier, T.C. & Hamann, D.D. (1997). Covalent Bonding in Pressure-Induced Fish Protein Gels. *Journal of Food Science*, 62(4), pp.713–717.
- Gines, R., Afonso, J.M., Arguello, A., Zamorano, M.J. & Lopez, J.L. (2004). The effects of long-day photoperiod on growth, body composition and skin colour in immature gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*, 35(13), pp.1207–1212.
- Ginés, R., Palicio, M., Zamorano, M. J., Argüello, A., López, J. L. & Afonso, J. M. (2002). Starvation before slaughtering as a tool to keep freshness attributes in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Internacional*, 10(5), pp.379–389.
- Giogios, I., Grigorakis, K. & Kalogeropoulos, N. (2013). Organoleptic and chemical quality of farmed meagre (*Argyrosomus regius*) as affected by size. *Food Chemistry*, 141(3), pp.3153–3159.
- GOED (2019). *Global Recommendations for EPA and DHA Intake*. Global Organization for EPA and DHA Omega-3S. Acedido em jun. 05, 2019, disponível em <https://goedomega3.com/about-epa-and-dha>.

- Góes-Favoni, S.P. de & Bueno, F.R. (2014). Microbial transglutaminase: general characteristics and performance in food processing technology. *Food Biotechnology*, 28(1), pp.1–24.
- Gómez-Guillén, M. C., Borderías, A.J. & P. Montero (1997). Thermal gelation properties of two different composition sardine (*Sardina pilchardus*) muscles with addition of non-muscle proteins and hydrocolloids. *Food Chemistry*, 58(1–2), pp.81–87.
- Gómez-Guillén, M.C. & Montero, P. (1996). Addition of hydrocolloids and non-muscle proteins to sardine (*Sardina pilchardus*) mince gels. Effect of salt concentration. *Food Chemistry*, 56(4), pp.421–427.
- Gómez-Guillén, M. C. & Montero, P. (1997). Improvement of giant squid (*Dosidicus gigas*) muscle gelation by using gelling ingredients. *Z lebensm Unters Forsch A*, 204, pp.379–384.
- Gonçalves, F. (2015). *Cluster do mar. O mar como um novo designio nacional. Estudo de caso*. Acedido em fev. 15, 2018, disponível em www.clusterdomar.com.
- González, M., Méndez, J., Carnero, A., Lobo, M.G. & Afonso, A. (2002). Optimizing conditions for the extraction of pigments in cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) using response surface methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), pp.6968–6974.
- Goodrick B. (1987). Post harvest quality of tuna meat, a question of technique. *Food Technol Aust* 39, pp.343–345.
- Goulas, A.E. & Kontominas, M.G. (2007). Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. *European Food Research and Technology*, 224(5), pp.545–553.
- Gouveia, L., Choubert, G., Pereira, N., Santinha, J., Empis, J. & Gomes, E. (2002). Pigmentation of gilthead seabream, *Sparus aurata* (L. 1875), using *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga. *Aquaculture Research*, 33, pp.987–993.
- Greek-Walker, M. & Pull, G.A. (1975). A survey of red and white muscle in marine fish. *Journal of Fish Biology*, 7(3), pp.295–300.
- Grigorakis, K. & Alexis, M.N. (2005). Effects of fasting on the meat quality and fat deposition of commercial-size farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed different dietary regimes. *Aquaculture Nutrition*, 11(5), pp.341–344.
- Grigorakis, K. & Rigos, G. (2011). Aquaculture effects on environmental and public welfare - the case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 85(6), pp.899–919.
- Grigorakis, K. (2007). Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. *Aquaculture*, 272(1–4), pp.55–75.
- Grigorakis, K. (2011). Tailorizing quality: effects of aquaculture handling techniques and nutrition on fish quality. In C. Alasalvar *et al.* (Eds). *Seafood quality, safety and health applications* (pp. 82–95). West Sussex: Wiley-Blackwell Publishing.
- Grigorakis, K., Alexis, M.N., Taylor, K.D.A. & Hole, M. (2002). Comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*); composition, appearance and seasonal variations. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(5), pp.477–484.
- Grigorakis, K., Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Mittakos, I. & Nathanailides, C. (2011). Lipid quality and filleting yield of reared meagre (*Argyrosomus regius*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46, pp.711–716.

- Grigorakis, K., Taylor, K.D.A. & Alexis, M.N. (2003). Organoleptic and volatile aroma compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Sensory differences and possible chemical basis. *Aquaculture*, 225(1–4), pp.109–119.
- Guerrero-Beltrán, J.A. & Barbosa-Cánovas, G.V. (2004). Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*, 10(3), pp.137–147.
- Guillén, M.V.L. (2014). Estructura y propiedades de las proteínas. *Bioquímica Médica*, 5, pp.1–162.
- Guyon, C., Meynier, A. & Lamballerie, M. (2016). Protein and lipid oxidation in meat: a review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 50, pp. 131-143. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.026>.

H

- Haard, N.F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, 25, pp.289–307.
- Halász, A., Baráth, Á., Siomn-Sarkadi, L. & Holzapfel, W. (1994). Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science & Technology*, 5(February), pp.42–49.
- Hall, G. (2001). *Tecnología del processado del pescado*. Zaragoza: Editorial Acribia. 305 pp.
- Hall, G.M. (2011). *Fish Processing. Sustainability and new opportunities*. G. M. Hall (Ed.), Preston, UK: Wiley-Blackwell. 312pp.
- Hamada, J.S. (1994). Deamidation of Food Proteins to Improve Functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(3), pp.283–292.
- Hamm, R. (1975). On the rheology of minced meat. Review paper. *Journal of texture studies*, 6, pp.281–296.
- Han, Y., Jiang, Y., Xu, X., Sun, X., Xu, B. & Zhou, G. (2011). Effect of high pressure treatment on microbial populations of sliced vacuum-packed cooked ham. *Meat science*, 88(4), pp.682–8.
- Hardy, R.W. & King, I.B. (1989). Variation in n-3 fatty acid content of fresh and frozen salmon. Omega 3 News: *Unsaturated Fatty Acids Health*, IV (4), pp.1–4.
- Harris, W.S. (2007). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease : A case for omega-3 index as a new risk factor. *Pharmacological Research*, 55, pp.217–223.
- Hatae, K., Yoshimatsu, F. & Matsumoto, J.J. (1990). Role of Muscle Fibers in Contributing Firmness of Cooked Fish. *Journal of Food Science*, 55(3), pp.693–696.
- Havenaar, R. Bonnin-Marol, S., Dokkum, W.V., Petitet, S. & Schaafsma, G. (1999). Inulin: Fermentation and microbial ecology in the intestinal tract. *Food Reviews International*, 15(1), pp.109–120.
- Hawthorn, J. (1983) *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos* (pp.101-113). Zaragoza: Editorial Acribia.
- Heinz, V. & Buckow, R. (2010). Food preservation by high pressure. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5(1), pp.73–81.
- Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B. A., & Woodward, C. (2000). Rapid, Accurate, Sensitive and Reproducible HPLC Analysis of Amino Acids. In *Agilent Publication 5980-1193EN*. Palo Alto, CA: Agilent Technologies.

- Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van Den Broeck, I. & Weemaes, C. (1998). Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 9(5), pp.197–203.
- Heremans, L. & Heremans, K. (1989). Raman spectroscopic study of the changes in secondary structure of chymotrypsin: effect of pH and pressure on the salt bridge. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)/Protein Structure and Molecular*, 999(2), pp.192–197.
- Hermansson, A.M. (1978). Physico-chemical aspects of soy proteins structure formation. *Journal of texture studies*, 9, pp.33–58.
- Hermansson, A.M. (1979). Aggregation and denaturation involved in gel formation. In *Functionality and Protein Structure* (pp. 81–103). ACS Symposium Series; American Chemical Society. Washington, DC.
- Hernández, M.D., López, M.B., Álvarez, A., Ferrandini, E., García, B.G. & Garrido, M.D. (2009). Sensory , physical , chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry*, 114(1), pp.237–245.
- Herranz, B., Borderías, A.J., Solo-de-Zaldívar, B., Solas, M.T. & Tovar, C.A. (2012b). Thermostability analyses of glucomannan gels. Concentration influence. *Food Hydrocolloids*, 29(1), pp.85–92.
- Herranz, B., Tovar, C.A., Solo-de-Zaldívar, B. & Borderías, A.J. (2012a). Effect of alkalis on konjac glucomannan gels for use as potential gelling agents in restructured seafood products. *Food Hydrocolloids*, 27(1), pp.145–153.
- Hill, S.E., Ledward, D.A. & Mitchell, J.R. (1998). *Functional Properties of Food Macromolecules* (2.^ª ed.), London: Elsevier Applied Science Publishers. 348pp.
- Hite, B.H. (1899). The effects of pressure in the preservation of milk. *Bulletin of the West Virginia University, Agricultural Experimental Station, Morgantown*, 58, pp.15–35.
- Hite, B.H., Giddings, N.J. & Weakley, C.E. (1914). The effect of pressure on certain microorganisms encountered in the preservation of fruits and vegetables. *West Virginia Agricultural and Forestry Experiment Station Bulletin*, 146, pp.2–67.
- Hogan, E. & Kelly, A.L. (2005). High Pressure Processing of Foods: An Overview. *Emerging Technologies for Food Processing*, 1, pp.3–32.
- Hoover, D.G. (1993). Pressure effects on biological systems. *Food Technology*, 6, pp.150–155.
- Howe, J.R., Hamann, D.D., Lanier, T.C. & Park, J.W. (1994). Fracture of Alaska Pollock Gels in Water : Effects of Minced Muscle Processing and Test Temperature. *Journal of Food Science*, 59(4), pp.777–780.
- HPA (2009). *Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market*, London: Health Protection Agency. 34 pp.
- Hsu, D.L., Leung, H.K., Morad, M.M., Finney, P.L. & Leung, C.T. (1982). Effect of germination on electrophoretic, functional, and bread-baking properties of yellow pea, lentil, and faba bean protein isolates. *Cereal Chemistry*, 59(5), pp.344–350.
- Hu, Y., Liu, W., Yuan, C., Morioka, K., Chen, S., Liu, D. & Ye, X. (2015). Enhancement of the gelation properties of hairtail (*Trichiurus haumela*) muscle protein with curdlan and transglutaminase. *Food Chemistry*, 176, pp.115–122.
- Huang, H., Lung, H., Yang, B. & Wang, C. (2014). Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing. *Food Control*, 40, pp.250–259.

- Huang, L., Takahashi, R., Kobayashi, S., Kawase, T. & Nishinari, K. (2002). Gelation behavior of native and acetylated konjac glucomannan. *Biomacromolecules*, 3(6), pp.1296–1303.
- Hui, H. (1992a). *Encyclopedia of food science and technology* (pp. 882-910, 944-954). Vol. 2. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hui, H. (1992b). *Encyclopedia of food science and technology* (pp. 2298-2300, 2451-2469). Vol. 4. New York. John Wiley & Sons, Inc.
- Hui, Y.H., Cross, N., Kristinsson, H. G., Lim, M. H., Nip, W. K., Siow, L. F. & Al., E. (2006). Biochemistry in seafood processing. In Y. H. Hui, W. Nip, L. M. L. Nollet, G. Paliyath, & B. K. Simpson (Eds.). *Food biochemistry and food processing* (pp. 351–378). Ames: Blackwell.
- Hurling, R., Rodell, J.B. & Hunt, H.D. (1996). Fibre diameter and fish texture. *J. Texture Stud.* 27, pp.679–685.
- Hurtado-Rodriguez, Fountoulaki, E., Grigorakis, K., Alexis, M. & Flos, R. (2010). Season and size effects : changes in the quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*). *Mediterranean Marine Science*, 11(1), pp.117–132.
- Huss H. H. (1997). Control of indigenous pathogenic bacteria in seafood. *Food Control*, 8 (2) (1997), pp. 91-98.
- Huss H.H., (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO fisheries technical. Rome: FAO Press. 348pp.
- Hwang, J.S., Lai, K.M. & Hsu, K.C. (2007). Changes in textural and rheological properties of gels from tilapia muscle proteins induced by high pressure and setting. *Food Chemistry*, 104(2), pp.746–753.

I

- ICMSF (1996). *Salmonellae*. In: *Micro-organisms in Foods 5: Characteristics of Microbial Pathogens* (p. 217-264). London: Chapman & Hall.
- Iglesias-Otero, M.A., Borderías, J. & Tovar, C.A. (2010). Use of Konjac glucomannan as additive to reinforce the gels from low-quality squid surimi. *Journal of Food Engineering*, 101(3), pp.281–288.
- INE (2017a). *Balança Alimentar Portuguesa 2012-2016*. Instituto nacional de estatística, Edição 2017. Lisboa. 79pp.
- INE (2017b). *Estatísticas da Pesca 2016*. Instituto nacional de estatística, Edição 2017. Lisboa. 152pp.
- Ingadottir, B. (2004). *The use of acid and alkali-aided protein solubilization and precipitation methods to produce functional protein ingredients from tilapia*. Tese para obtenção do grau de Mestre em Ciências. Florida: Universidade da Florida. 105 pp.
- IOM (2000). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc* (pp. 773). Food and Nutrition Board Institute of Medicine, D.C Washington: National academy press.
- Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N. & Khan, M.S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), pp.331–335.
- Iqbal, A., Sun, D.-W. & Allen, P. (2013). Prediction of moisture, color and pH in cooked, pre-sliced turkey hams by NIR hyperspectral imaging system. *Journal of Food Engineering*, 117(1), pp.42–51.

- Ishihara, S., Nakao, S., Nakauma, M., Funami, T., Hori, K., Ono, T., Kohyama, K. & Nishinari, K. (2013). Compression test of food gels on artificial tongue and its comparison with human test. *Journal of Texture Studies*, 44(2), pp.104–114.
- Ishioroshi, M., Samejima, K., Arie, Y. & Yasui, T. (1980). Effect of blocking the myosin-actin interaction in heat-induced gelation of myosin in the presence of actin. *Agricultural and biological chemistry*, 44(9), pp.2185–2194.
- Ishizaki, S., Hamada, M., Tanaka, M. & Taguchi, T. (1993). Conformational changes in actomyosins from fish and pork muscles by ultraviolet irradiation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(12), pp.2071–2077.
- Ishizaki, S., Ogasawara, M., Tanaka, M. & Taguchi, T. (1994). Ultraviolet denaturation of flying fish myosin and its fragments. *Fisheries science*, 60(5), pp.603–606.
- ISO 11290-1 (1996). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes -- Part 1: Detection method*. revised by ISO 11290-1:2017. Switzerland.
- ISO 16649-2 (2001). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive Escherichia coli -- Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide*. Switzerland.
- ISO 17410 (2001). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of psychrotrophic microorganisms*. Switzerland.
- ISO 21527-1 (2008). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds -- Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95*. Switzerland.
- ISO 4832 (2006). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of coliforms -- Colony-count technique*. Switzerland.
- ISO 4833-1 (2013). *Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the enumeration of microorganisms -- Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique*. Switzerland.
- ISO 6658 (2017). *Sensory analysis -- Methodology -- General guidance*. Switzerland.
- ISO 6887-3 (2017). *Microbiology of the food chain -- Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination -- Part 3: Specific rules for the preparation of fish and fishery products*. Switzerland.
- ISO 6888-1 (1999). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) -- Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium*. Switzerland.
- ITIS (2018a). *Sparus aurata* (Linnaeus , 1758). ITIS Standard Report Page. pp.1–2.
- ITIS (2018b). *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus , 1758) ITIS Standard Report Page. pp.1–2.
- ITIS (2018c). *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). ITIS Standard Report Page. pp.1–2.
- Izquierdo, M.S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Rosenlund, G. & Ginés, R. (2005). Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period . Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*, 250, pp.431–444.

Izquierdo, M.S., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L. & Rosenlund, G. (2003). Dietary lipid sources for seabream and seabass: Growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition*, 9(6), pp.397–407.

J

Jabeen, F. & Shakoor, A. (2011). Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chemistry*, 125(3), pp.991–996.

Jay, J.M. (2000). *Modern Food Microbiology*. Sixth edit., Maryland: Aspen Publishers, Inc. 635pp.

Jermann, C., Koutchma, T., Margas, E., Leadley, C. & Ros-Polski, V. (2015). Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, pp.14–27.

Jiang, S. & Leu, S., (1998). Cross-Linking of Mackerel Surimi Actomyosin by Microbial Transglutaminase and Ultraviolet Irradiation. *Journal of Agricultural and Food*, 46, pp.5278–5282.

Jiang, S. & Yin, L. (2004). Surimi Enzymology and Biotechnology. In *Proceedings of the 57th American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference* (pp. 57–65). Lexington, Kentucky: AMS - American Meat Science Association.

Jiménez-Aguilar, D.M., Ortega-Regules, A.E., Lozada-Ramírez, J.D., Pérez-Pérez, M.C.I., Vernon-Carter, E.J. & Welti-Chanes, J. (2011). Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), pp.889–894.

Jiménez-Colmenero, F. (2002). Muscle protein gelation by combined use of high pressure / temperature. *Trends in Food Science & Technology*, 13, pp.22–30.

Johnston, I. A. (1980). Specialisations of fish muscles. In D. F. Goldspink (Ed.), *Development and specialisation of skeletal muscle* (pp. 123–148). Cambridge: Cambridge University Press.

Johnston, I. A., Alderson, R., Sandham, C., Dingwall, A., Mitchell, D., Selkirk, C., Nickell, D., Baker, R., Robertson, B., Whyte, D. & Springate, J. (2000). Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 189, pp.335-349.

Jong, G.H.A. de & Koppelman, S.J. (2002). Transglutaminase Catalyzed Reactions : impact on food applications. *Journal of food science*, 67(8), pp.2798–2806.

K

Kaewudom, P., Benjakul, S. & Kijroongrojana, K. (2013). Properties of surimi gel as influenced by fish gelatin and microbial transglutaminase. *Food Bioscience*, 1, pp.39–47.

Kanaji, T., Ozaki, H., Takao, T., Kawajiri, H., Ide, H., Motoki, M. & Shimonishi, Y. (1993). Primary structure of microbial transglutaminase from *Streptoverticillium* sp. strain s-8112. *Journal of Biological Chemistry*, 268(16), pp.11565–11572.

Kang, I.J., Matsumura, Y., Ikura, K., Motoki, M., Sakamoto, H. & Mori, T. (1994). Gelation and Gel Properties of Soybean Glycinin in a Transglutaminase-Catalyzed System. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(1), pp.159–165.

Kato, K. & Matsuda, K. (1969). Studies of the chemical structure of konjac mannan: I. Isolation and characterization of oligosaccharides from the partial hydrozate of the mannan. *Agricultural and Biological Chemistry*, 33(1932), pp.1446–1453.

- Kato, Y., Uchida, K. & Kawakishi, S. (1992). Oxidative Degradation of Collagen and its Model Peptide by Ultraviolet Irradiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(3), pp.373–379.
- Keay, J.N. (2001). *Minced fish* (pp.2–5). Ministry of agriculture, fisheries and food. Torry research station. Torry advisory note, 79.
- Kemp, S.E., Hollowood, T. & Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation - A Practical Handbook*, UK: Wiley-Blackwell. 211pp.
- Kennelly, P.J. & Rodwell, V.W. (2009). Proteínas: órdenes de estructura superiores. In R. K. Murray *et al.* (Eds.) *Harper. Bioquímica ilustrada* (pp. 31-42). (28.^a ed.). Madrid: Mc Graw Hill.
- Kidd, P.M. (2007). Omega-3 DHA and EPA for Cognition , Behavior , and Mood : Clinical Findings and Structural- Functional Synergies with Cell Membrane Phospholipids. *Alternative Medicine Review*, 12(3), 207-227pp.
- Kiessling, A., Johansson, L. & Storebakken, T. (1989). Effects of Reduced Feed Ration Levels on Fat Content and Fatty Acid Composition in White and Red Muscle from Rainbow Trout. *Aquaculture*, 79, pp.169–175.
- Kiessling, A., Ruohonen, K. & Bjørnevik, M. (2006). Muscle fibre growth and quality in fish. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 49(Special issue), pp.137–146.
- Kijowski, J. (2001). Muscle proteins. In: Z. Sikorski (Ed.), *Chemical & functional properties of food proteins* (pp. 233-264). Lancaster, USA: Technomic Publishing Company, Inc.
- Kim, B.Y., Hamann, D.D., Lanier, T.C. & Wu, M.C. (1986). Effects of Freeze-Thaw Abuse on the Viscosity and Gel-Forming Properties of Surimi from Two Species. *Journal of Food Science*, 51(4), pp.951–956.
- Kim, B.Y., Park, J.W. & Yoon, W.B. (2005). Rheology and Texture Properties of Surimi Gels. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 491–576). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Kim, M.K., Mah, J.H. & Hwang, H.J. (2009). Biogenic amine formation and bacterial contribution in fish, squid and shellfish. *Food Chemistry*, 116(1), pp.87–95.
- Kim, Y. & Wang, S.S. (2001). Kinetic study of thermally induced inulin gel. *Journal of food science*, 66, pp.991–997.
- Kim, Y., Faqih, M.N. & Wang, S.S. (2001). Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrate Polymers*, 46(2), pp.135–145.
- King, N.J. & Whyte, R. (2006). Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. *Journal of Food Science*, 71(4), pp.31–40.
- Kinoshita, M., Toyohara, H. & Shimizu, Y. (1990). Diverse Distribution of Four Distinct Types of Modori (Gel Degradation)-Inducing Proteinases Among Fish Species. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(9), pp.1485–1492.
- Kinoshita, M., Toyohara, H., Shimizu, Y. & Sakaguchi, M. (1992). Modori-inducing proteinase active at 50°C in threadfin bream muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(4), pp.715–720.
- Kinsella, J.E. & Melachouris, N. (1976). Functional properties of proteins in foods : A survey. *CRC Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 7(3), pp.219–280.
- Knoerzer, K., Juliano, P., Gladman, S., Versteeg, C. & Fryer, P.J. (2007). A Computational Model for Temperature and Sterility Distributions in a Pilot-Scale High-Pressure High-Temperature Process. *AIChE Journal*, 53(11), pp.2996–3010.

- Knorr, D. (1999). Novel approaches in food-processing technology : new technologies for preserving foods and modifying function. *Food biotechnology*, 10, pp.485–491.
- Ko, W., Tanaka, M., Nagashima, Y. Taguchi, T. & Amano, K. (1990). Effect of high pressure treatment on the thermal gelation of sardine and Alaska Pollack meat and myosin pastes. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37(8), pp.637–642.
- Kök, M.S., Abdelhameed, A.S., Ang, S., Morris, G.A. & Stephen E.H. (2009). A novel global hydrodynamic analysis of the molecular flexibility of the dietary fibre polysaccharide konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 23, pp.1910–1917.
- Koroskenyi, B. & Mccarthy, S.P. (2001). Synthesis of Acetylated Konjac Glucomannan and Effect of Degree of Acetylation on Water Absorbency. *Biomacromolecules*, 2, pp.824–826.
- Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S. & Appel, L.J. (2002). Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. *AHA Scientific Statement*, 106, pp.2747–2757.
- Kumazawa, Y., Seguro, K., Takamura, M. & Motoki, M. (1993). Formation of ϵ -(γ -glutamyl) lysine cross-link in cured horse mackerel meat induced by drying. *Journal of Food Science*, 58(5), pp.1062–1083.
- Kuraishi, C., Yamazaki, K. & Susa, Y. (2001). Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, 17(2), pp.221–246.
- Kyranas, V. & Lougovois, V. (2002). Sensory, chemical and microbiological assessment of farm raised European sea bass (*D. labrax*) stored in melting ice. *International Journal Food Science Technology*, 37, pp.319–328.
- Kyranas, V.R., Lougovois, V.P. & Valsamis, D.S. (1997). Assessment of shelf life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *International Journal of Food Science & Technology*, 32, pp.339–347.
- L**
- Lall, S. & Tibbetts, S.M. (2009). Nutrition, Feeding and Behavior of Fish. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice*, 12(2), pp.360–372.
- Lamkey, J.W. (2009). Nonstarch Hydrocolloids. In R. Tarté (Ed.), *Ingredients in meat products. Properties, functionality and applications* (pp. 57–82). Wisconsin, USA: Springer.
- Lanier, T. C. (1992). Measurement of surimi composition and functional properties. In T. C. Lanier & C. M. Lee (Eds.), *Surimi technology* (pp. 123–166). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Lanier, T. C., Yongsawatdigul, J., & Carvajal-Rondanelli, P. (2014). Surimi gelation chemistry. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 101 e 140). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Lanier, T.C. (1986). Functional properties of surimi. *Food Technology*, 40(3), pp.69–80.
- Lanier, T.C. (1995). Gelation of surimi pastes treated by high isostatic pressure. In R. Hayashi & C. Balny (Eds.), *High pressure bioscience and biotechnology* (pp. 357–362). Proceedings of the International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology, Kyoto, Japan: Elsevier Science B. V..
- Lanier, T.C., Carvajal, P. & Yongsawatdigul, J. (2005). Surimi Gelation Chemistry. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 436–489). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Lawless, H. (1995). Dimensions of sensory quality: a critique. *Food Quality and Preference*, 6(3), pp.191–199.

- Lawless, H.T. & Heimann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food. Principles and practices*. (2.nded.). New York: Springer. 620pp..
- Lawrence, C. (2015). Fibre to Yarn: Filament Yarn Spinning. In R. Sinclair (Ed.), *Textiles and fashion. Materials, Design and Technology* (pp. 213–251). Amsterdam: Woodhead publishing Limited.
- Lee, C. (1986). Surimi manufacturing and fabrication of surimi – based products. *Food Technol.* 40(3), pp.115-124.
- Lee, C. M. (1984). Surimi process technology. *Food Technol.* 38(11), pp.69-80.
- Lee, C. M., Wu, M. M., & Okada, M. (1992). Ingredient and formulation technology for surimi-based products. In T. C. Lanier, & C. M. Lee (Eds.), *Surimi technology* (pp. 273 e 302). New York: Marcel Dekker.
- Lee, C.M. (2011). Fish mince: cryostabilization and product formulation. In C. Alasalvar *et al.* (Eds.), *Handbook of seafood quality, safety and health applications* (pp. 156–170). West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- Lee, H.G. & Lanier, T.C. (1995). The role of covalent cross-linking in the texturizing of muscle protein sols. *Journal of muscle foods*, 6, pp.125–138.
- Lee, M. & Toledo, R.T. (1976). Factors affecting textural characteristics of cooked comminuted fish muscle. *Journal of food science*, 41, pp.391–397.
- Lee, N. & Park, J.W. (1998). Calcium compounds to improve gel functionality of Pacific whiting and Alaska pollock surimi. *Journal of Food Science*, 63(6), pp.969–974.
- Lefèvre, F.; Culioli, J. Joandel-Monier, S. & Ouali, A. (1999). Muscle polymorphism and gelling properties of myofibrillar proteins from poultry, mammals and fish. In Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho & Fereidoon Shahidi (Eds.), *Quality attributes of muscle foods* (pp. 365-392). New York, Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Lemos, M.A., Aliyu, M.M. & Hungerford, G. (2012). Observation of the location and form of anthocyanin in purple potato using time-resolved fluorescence. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, pp.61–68.
- Lenas, D., Chatziantoniou, S., Nathanailides, C. & Triantafillou, D. (2011). Comparison of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax L*) lipid quality. *Procedia Food Science*, 1, pp.1139–1145.
- Lepage, G. & Roy, C.C. (1986) Direct Transesterification of All Classes of Lipids in a One-Step Reaction. *The Journal of Lipid Research*, 27, pp.114-120.
- Li, T., Li, J. & Hu, W. (2013). Changes in microbiological, physicochemical and muscle proteins of *post mortem* large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control*, 34(2), pp.514–520.
- Lie, Ø & Huse, I. (1992) The effect of starvation on the composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Ernring* 5, pp.11-16.
- Lie, Ø (2001). Flesh quality - the role of nutrition. *Aquaculture Research*, 32(Suppl.1), pp.341–348.
- Lin, S.M., Lin, B., Hsieh, W., Ko, H., Liu, C., Chen, L. & Chiou, R.Y.Y. (2010). Structural identification and bioactivities of red-violet pigments present in *Basella alba* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(19), pp.10364–10372.
- Liu, J., Wang, X. & Ding, Y. (2013). Optimization of adding konjac glucomannan to improve gel properties of low-quality surimi. *Carbohydrate Polymers*, 92(1), pp.484–489.

- Liu, R., Zhao, S., Liu, Y., Yang, H., Xiong, S., Xie, B. & Qin, L. (2010). Effect of pH on the gel properties and secondary structure of fish myosin. *Food Chemistry*, 121(1), pp.196–202.
- Liu, R., Zhao, S., Xiong, S., Qiu, C. & Xie, B. (2008a). Rheological properties of fish actomyosin and pork actomyosin solutions. *Journal of Food Engineering*, 85(2), pp.173–179.
- Liu, R., Zhao, S., Xiong, S., Xie, B. & Qin, L. (2008b). Role of secondary structures in the gelation of porcine myosin at different pH values. *Meat Science*, 80(3), pp.632–639.
- Long, L.; Komarik, S. & Tressler, Ph. (1982) *Food products formulary. Meats, poultry, fish, shellfish* (pp. 294, 312, 324). (2^a ed.). Connecticut: The AVI publishing company, Inc..
- Longo, L. & Vasapollo, G. (2005). Anthocyanins from bay (*Laurus nobilis* L.) berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), pp.8063–8067.
- Lopes, C., Torres, D., Oliveira, A., Severo, M., Alarcão, V., Guiomar, S., Mota, J., Teixeira, P., Rodrigues, S., Lobato, L., Magalhães, V., Correia, D., Carvalho, C., Pizarro, A., Marques, A., Vilela, S., Oliveira, L., Nicola, P., Soares, S. & Ramos, E. (2016). *Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física*, IAN-AF 2015-2016. Relatório de resultados 2017. 287pp.
- López-Albors, O., Abdel, I., Periago, M.J., Ayala, M.D., Garcia-Alcázar, A., Martínez Graciá, C., Nathanailides, C. & Vázquez, J.M. (2008). Temperature influence on the white muscle growth dynamics of the sea bass *Dicentrarchus labrax*, L. flesh quality implications at commercial size. *Aquaculture*, 277, pp.39–51.
- Lopparelli, R.M., Segato, S., Corato, A., Fasolato, L. & Andrighetto, I. (2004). Sensory evaluation of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed two diets differing in fat content. *Veterinary Research Communications*, 28(SUPPL. 1), pp.225–227.
- Lorenzen, P.C. (2007). Effects of varying time/temperature-conditions of pre-heating and enzymatic cross-linking on techno-functional properties of reconstituted dairy ingredients. *Food Research International*, 40(6), pp.700–708.
- Love, R.M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. London: Academic Press. 547 pp.
- Low, P.S. & Somero, G.N. (1975). Pressure effects on enzyme structure and function in vitro and under simulated in vivo conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 52(B), pp.67–74.
- Lugo-Sánchez, M.E., Pacheco-Aguilar, R. & Yépez-Plascenc, G.M. (1996). Partial characterization of the proteinase activity in sarcoplasmic fluid of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) muscle. *Journal of Aquatic Food Product technology*, 5(1), pp.51–66.
- Lullien-Pellerin, V. & Balny, C. (2002). High-pressure as a tool to study some proteins properties: Conformational modification, activity and oligometric dissociation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(3), pp.209–221.
- Luo, X., He, P. & Lin, X. (2013). The mechanism of sodium hydroxide solution promoting the gelation of Konjac glucomannan (KGM). *Food Hydrocolloids*, 30(1), pp.92–99.

M

- Ma, X., Yi, S., Yu, Y., Li, J. & Chen, J. (2015). Changes in gel properties and water properties of *Nemipterus virgatus* surimi gel induced by high-pressure processing. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), pp.377–384.
- Macedo, J.A. & Sato, H.H. (2005). Propriedades e aplicações da transglutaminase microbiana em alimentos. *Alim. Nutr.*, 16(n.4), pp.413–419.
- Madrid, A. & Madrid, J. M. (1999). *El pescado y sus productos derivados*. (2.^aed.) Madrid: Editora A. Madrid Vicente. pp. 5-283.

- Maekaji, K. (1974). The mechanism of gelation of konjac mannan. *Agricultural and Biological Chemistry*, 38(2), pp.315–321.
- Maekaji, K., (1978). Determination of acidic component of konjac mannan. *Agricultural and Biological Chemistry*, 42(1), pp.177–178.
- Maijala, R.L., Eerola, S.H., Aho, M.A. & Hirn, J.A. (1993). The Effect of GDL-induced pH Decrease on the Formation of Biogenic Amines in Meat. *Journal of food protection*, 56(2), pp.125–129.
- Makinodan, Y., Toyohara, H. & Ikeda, S. (1984). Comparison of muscle proteinase activity among fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 79B(2), pp.129–134.
- Mapari, S.A.S., Nielsen, K.F., Larsen, T.O., Frisvad, J.C., Meyer, A.S. & Thrane, U. (2005). Exploring fungal biodiversity for the production of water-soluble pigments as potential natural food colorants. *Current Opinion in Biotechnology*, 16(2), pp.231–238.
- Marcos, B., Kerry, J.P. & Mullen, A.M. (2010). High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators. *Meat Science*, 85(1), pp.115–120.
- Mariutti, L.R.B., Orlien, V., Bragagnolo, N. & Skibsted, L. (2008). Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat. *European Food Research and Technology*, 227, pp.337–344.
- Martelo-Vidal, M.J., Fernández-No, I.C., Guerra-Rodríguez, E. & Vázquez, M. (2016). Obtaining reduced-salt restructured white tuna (*Thunnus alalunga*) mediated by microbial transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology*, 65, pp.341–348.
- Martelo-Vidal, M.J., Mesas, J.M. & Vázquez, M. (2012). Low-salt restructured fish products from Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) with texture resembling turkey breast. *Food Science and Technology International*, 18(3), pp.251–259.
- Martínez-Montegudo, S.I., Saldaña, M.D.A., Torres, J.A. & Kennelly, J.J. (2012). Effect of pressure-assisted thermal sterilization on conjugated linoleic acid (CLA) content in CLA-enriched milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, pp.291–297.
- Masniyom, P. (2011). Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(2), pp.181–192.
- Matser, A.M., Krebbers, B., Van Den Berg, R.W. & Bartels, P.V. (2004). Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products. *Trends in Food Science and Technology*, 15(2), pp.79–85.
- Medina-Meza, I.G., Barnaba, C. & Barbosa-Cánovas, G. V. (2014). Effects of high pressure processing on lipid oxidation: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22, pp.1–10.
- Mendes, R. (1991). *Proteínas de pescado – composição, alterações e aspectos funcionais*. Departamento de Tecnologia dos Produtos Aquáticos, Instituto Nacional de Investigação das Pescas, Lisboa, 50p.
- Mendes, R. (2001). *Polpas e “surimi” de pequenos pelágicos da costa portuguesa*. Departamento de Inovação Tecnológica e Valorização dos Produtos da Pesca, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, Lisboa, 97p.

- Mendes, R., Gómez-Guillén, C. & Montero, P. (1997). Effect of a new vacuum leaching technology on the textural characteristics of sardine mince. *Zeitschrift für Lebensmittel - Untersuchung und -Forschung*, 204(2), pp.113–120.
- Méndez, E. & González, R.M.(1997). Seasonal changes in the chemical and lipid composition of fillets of the Southwest Atlantic hake (*Merluccius hubbsi*). *Food Chemistry*, 59(2), pp.213–217.
- Méndez, J., González, M., Lobo, M.G. & Carnero, A. (2004). Color quality of pigments in cochineals (*Dactylopius coccus* Costa). Geographical origin characterization using multivariate statistical analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52, pp.1331–1337.
- Mensink, M.A., Frijlink, H.W., Voort, K.V.D. & Hinrichs, W.L.J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide I : Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 130, pp.405–419.
- Messens, W., Camp, J. Van & Huyghebaert, A. (1997). The use of high pressure to modify the functionality of food proteins. *Trends in Food Science & Technology*, 8, pp.107–112.
- Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A. & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25(8), pp.1881–1890.
- Milewski, S. (2001). Protein structure and physicochemical properties. In Z. Sikorski (Ed.), *Chemical & functional properties of food proteins* (pp. 35–55). Lancaster, USA: Technomic Publishing Company, Inc..
- Ming-qing, L., Bao-hua, K., Yu, W. & Qian, L. (2010). Influence of inulin on the characteristics of common carp (*Cyprinus carpio*) myofibrillar protein gel. *Science and technology of food industry*, 10, pp.4–5.
- Miroshnichenko, N.S., Balanuk, I. V & Nozdrenko, D.N. (2000). Packing of myosin molecules in muscle thick filaments. *Cell biology international*, 24(6), pp.327–333.
- Mohanty, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Sankar, T.V., Chakraborty, K., Rangasamy, A., Paul, B., Sarma, D., Mathew, S., Asha, K., Behera, B., Aftabuddin, Md., Debnath, D., Vijayagopal, P., Sridhar, N., Akhtar, M.S., Sahi, N., Mitra, T., Banerjee, S., Paria, P., Das, D., Das, P., Vijayan, K.K., Laxmanan, P.T. & Sharma, A.P. (2014). Amino Acid Compositions of 27 Food Fishes and Their Importance in Clinical Nutrition. *Journal of amino acids*, 2014, p.7.
- Monfort, M.C. (2010). Present market situation and prospects of meagre (*Argyrosomus regius*), as an emerging species in Mediterranean aquaculture. *General Fisheries Commission for the Mediterranean, Studies and Reviews*, N.º 89. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 46pp.
- Montero, D.T., Robaina, L., Caballero, M.J., Gine, R. & Izquierdo, M.S. (2005b). Growth , feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils : A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100 % fish oil diet. *Aquaculture*, 248, pp.121–134.
- Montero, P. & Borderías, J. (1989). Distribution and hardness of muscle connective tissue in hake (*Merluccius merluccius* L.) and trout (*Salmo irideus* Gibb). *European food research & technology*, 189(6), pp.530–533.
- Montero, P., López-Caballero, M.E., Pérez-Mateos, M., Solas, M.T. & Gómez-Guillén, M.C. (2005a). Transglutaminase activity in pressure-induced gelation assisted by prior setting. *Food Chemistry*, 90(4), pp.751–758.
- Montville, T.J., Matthews, K.R. & Kniel, K.E. (2005). *Food Microbiology. An Introduction*. (3.ª

- ed.), Washington: ASM Press. pp. 3-104.
- Morales, O.G., Ramírez, J.A., Vivanco, D.I. & Vázquez, M. (2001). Surimi of fish species from the Gulf of Mexico: Evaluation of the setting phenomenon. *Food Chemistry*, 75(1), pp.43–48.
- Moreno, H.M., Bargiela, V., Tovar, C.A., Cando, D., Borderías, A.J. & Herranz, B. (2015). High pressure applied to frozen flying fish (*Parexocoetus brachyterus*) surimi: Effect on physicochemical and rheological properties of gels. *Food hydrocolloids*, 48, pp.127–134.
- Moreno, H.M., Borderías, A.J. & Baron, C.P. (2010). Evaluation of some physico-chemical properties of restructured trout and hake mince during cold gelation and chilled storage. *Food Chemistry*, 120, pp.410–417.
- Moreno, H.M., Carballo, J. & Borderías, A.J. (2008). Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(9), pp.1529–1536.
- Moreno, H.M., Cardoso, C., Solas, M.T. & Borderías, A.J. (2009). Improvement of cold and thermally induced gelation of giant squid (*Dosidicus gigas*) surimi. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(4), pp.312–330.
- Moreno, H.M., Montero, M.P., Gómez-guillén, M.C., Fernández-Martín, F., Mørkøre, T. & Borderías, J. (2012). Collagen characteristics of farmed Atlantic salmon with firm and soft fillet texture. *Food Chemistry*, 134(2), pp.678–685.
- Morris, V.J. (2007). Gels. In P. Belton (Ed.), *The chemical physics of food* (pp. 151-198). Chapter 6. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Morrissey, M.T., Wu, J.W., Lin, D. & An, H. (1993). Protease Inhibitor Effects on Torsion Measurements and Autolysis of Pacific Whiting Surimi. *Journal of Food Science*, 58(5), pp.1050–1054.
- Moskowitz, H.R. (1995). Food quality: Conceptual and sensory aspects. *Food Quality and Preference*, 6(3), pp.157–162.
- Motoki, M. & Kumazawa, Y. (2000). Recent Research Trends in Transglutaminase Technology for Food Processing. *Food Science and Technology Research*, 6(3), pp.151–160.
- Motoki, M. & Seguro, K. (1998). Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 9(5), pp.204–210.
- Mozhaev, V. V., Heremans, K., Frank, J., Masson, P. & Balny, C. (1994). Exploiting the effects of high hydrostatic pressure in biotechnological applications. *Trends in Biotechnology*, 12(12), pp.493–501.
- Mozhaev, V. V., Heremans, K., Frank, J., Masson, P. & Balny, C. (1996). High pressure effects on protein structure and function. *Proteins*, 24(1), pp.81–91.
- Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Samson, C.T., Welti-Chanes, J. & Torres, A. (2011). High-Pressure Processing Technologies for the Pasteurization and Sterilization of Foods. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), pp.969–985.
- Mulvihill, D.M. & Kinsella, J.E. (1987). Gelation characteristics of whey proteins and beta-lactoglobulin. *Food technology (USA)*, 41(9), pp. 102-111.
- Muntean, M.-V., Marian, O., Barbieru, V., Cătunescu, G.M., Ranta, O., Drocas, I. & Terhes, S. (2016). High Pressure Processing in Food Industry – Characteristics and Applications. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, pp.377–383.
- Murchie, L.W., Cruz-Romero, M., Kerry, J.P., Linton, M., Patterson, M.F., Smiddy, M. & Kelly, A.L. (2005). High pressure processing of shellfish: A review of microbiological and other

quality aspects. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, pp.257–270.

Murphy, K.P. (2001). Stabilization of protein structure. In K. P. Murphy (Ed.), *Methods in molecular biology*, volume 168: *Protein structure, stability, and folding* (pp. 1–16). Totowa, NJ: Humana Press Inc..

N

Nagarajarao, R.C. (2016). Recent Advances in Processing and Packaging of Fishery Products: A Review. *Aquatic Procedia*, 7, pp.201–213.

Nasopoulou, C. & Zabetakis, I. (2012). Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds . A review. *LWT - Food Science and Technology*, 47, pp.217–224.

Nasopoulou, C., Karantonis, H.C. & Zabetakis, I. (2011). Nutritional Value of Gilthead Sea Bream and Sea Bass. *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, 5 (Special Issue 1), pp. 32-40.

National Human Genome Research Institute (2018). Acedido em 14 jun 2018, disponível em http://www.genome.gov/Pages/Hyperion//DIR/VIP/Glossary/Illustration/amino_acid.shtml

Nielsen, P.M. (1995). Reactions and potential industrial applications of transglutaminase. Review of literature and patents. *Food Biotechnology*, 9(3), pp.119–156.

Niness, K.R. (1999). Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose Inulin and Oligofructose: What Are They?. *Journal Nutrition*, 129, p.1402S–1406S.

Nishinari, K., Williams, P.A. & Phillips, G.O. (1992). Review of the physico-chemical characteristics and properties of konjac mannan. *Food Hydrocolloids*, 6 (2), pp.199-222.

Niwa, E.(1992). Chemistry of surimi gelation. In T.C. Lanier and C. Lee (Eds.), *Surimi Technology* (pp. 389—427). New York: Marcel Dekker.

Niwa, E., Ueno, S. & Kanoh, S. (1992). Mechanism for the gelation of unheated surimi by vinegar curing. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56(1), pp.58–61.

Nogueira, N., Cordeiro, N. & Aveiro, M.J. (2013). Chemical composition, fatty acids profile and cholesterol content of commercializes marine fishes captured in northeastern atlantic. *Journal of Fisheries Sciences*, 7(3), pp.271–286.

Nonaka, M., Tanaka, H., Okiyama, A., Motoki, M., Ando, H., Umeda, K. & Matsuura, A. (1989). Polymerization of several proteins by Ca²⁺-independent transglutaminase derived from microorganisms. *Agricultural and biological chemistry*, 53(10), pp.2619–2623.

Norton, T. & Sun, D.-W. (2008). Recent Advances in the Use of High Pressure as an Effective Processing Technique in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, 1(1), pp.2–34.

Nowsad, A.A., Kanoh, S. & Niwa, E. (2000). Thermal Gelation Properties of Spent Hen Mince and Surimi. *Poultry science*, 79, pp.117–125.

Nozawa, H., Mamegoshi, S.I. & Seki, N. (1997). Partial purification and characterization of six transglutaminases from ordinary muscles of various fishes and marine invertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology*, 118B(2), pp.313–317.

NP 1972 (2009). *Produtos da pesca e da aquicultura; Determinação do teor de matéria gorda livre*. Comissão técnica: Produtos da pesca e da aquicultura. Caparica: Instituto Português da Qualidade. 7pp.

- NP 2262 (1986). *Microbiologia alimentar. Regras gerais para a pesquisa de esporos de clostrídios sulfito-redutores*. Lisboa, Instituto Português da Qualidade, 8pp.
- Nunes, C. (2005). *Interacções proteína/polissacárido em géis proteicos de origem vegetal*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. 210p.
- Nunes, M.C., Raymundo, A. & Sousa, I. (2006a). Gelled vegetable desserts containing pea protein, κ -carrageenan and starch. *European Food Research and Technology*, 222(5–6), pp.622–628.
- Nunes, M.C., Raymundo, A. & Sousa, I. (2006b). Rheological behaviour and microstructure of pea protein/ κ -carrageenan/starch gels with different setting conditions. *Food Hydrocolloids*, 20(1), pp.106–113.
- Nunes, M.L., Cardinal, M., Mendes, R., Morao Campos, R., Bandarra, N.M., Lourenço, H., Jerome, M. (1992) Effect of season and storage on proteins and lipids of sardine (*Sardina pilchardus*) minces and surimi. In: H.H.Huss, M. Jakobsen & J. Liston (Eds.) *Quality assurance in the fish industry* (pp 73–79). *Developments in Food Science* (Book 30). Elsevier, Amsterdam.
- O**
- O’Kane, F.E., Vereijken, J.M., Gruppen, H. & Boekel, M.A.J.S. (2005). Gelation behavior of protein isolates extracted from 5 cultivars of *Pisum sativum* L. *Journal of Food Science*, 70(2), pp. C132-C137.
- Ohshima, T., Ushio, H. & Koizumi, C. (1993). High-pressure processing of fish and fish products. *Trends in Food Science and Technology*, 4(11), pp.370–375.
- Okada, M. (1963). Studies of elastic property of Kamaboko. *Bulletin of Tokai Reg. Fish. Res.* 36, pp.21-126.
- Okada, M. (1964). Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 30(3), pp.255–261.
- Okada, M. (1992). History of surimi technology. In T.C. Lanier & C.M. Lee (Eds.). *Surimi Technology* (pp. 3–39). New York: Marcel Dekker.
- Okamoto, M., Kawamura, Y. & Hayashi, R. (1990). Application of high pressure to food processing: Textural comparison of pressure- and heat-induced gels of food proteins. *Agricultural and Biological Chemistry*, 54(1), pp.183–189.
- Oliveira, F., Neto, O., Santos, L., Ferreira, E. & Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, pp.1–19.
- Orban, E., Navigato T., Di Lena G, Masci M., Casini I., Caproni M. (2008). Ricerche di supporto alla innovazione di prodotto e processo della acquacoltura Toscana: opportunità competitive della ombrina (*Argyrosomus regius*) e Solea solea in mercati di nicchia. Project funded by ARSIA Toscana 2007–2009. Research Project Report.
- Orban, E., Navigato, T., Lena, G. D., Casini, I. & Marzetti, A. (2003). Differentiation in the Lipid Quality of Wild and Farmed Seabass (*Dicentrarchus labrax*) and Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*). *Journal of Food Science*, 68: 128-132.
- Ortiz, J. & Aguilera, J.M. (2004). Effect of kappa-carrageenan on the gelation of horse mackerel (*T. murphyi*) raw paste surimi-type. *Food Science and Technology International*, 10(4), pp.223–232.

- Özogul, F., Kuley, E., & Özogul, Y. (2007). Sensory, chemical and microbiological quality parameters in sea bream (*S. aurata*) stored in ice or wrapped in cling film or in aluminium foil at 2 ± 1 °C. *International Journal of Food Science & Technology*, 42, pp.903–909.
- Özogul, Y. & Özogul, F. (2007). Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean , Aegean and Black Seas. *Food Chemistry*, 100, pp.1634–1638.
- Özrenk, E. (2006). The use of transglutaminase in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 59(1), pp.1–7.
- Özyurt, G. & Polat, A. (2006). Amino acid and fatty acid composition of wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a seasonal differentiation. *European Food Research and Technology*, 222, pp.316–320.
- Özyurt, G., Polat, A. & Özkütük, S. (2005). Seasonal changes in the fatty acids of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and white sea bream (*Diplodus sargus*) captured in Iskenderun Bay, eastern Mediterranean coast of Turkey. *European Food Research and Technology*, 220(2), pp.120–124.

P

- Pacheco-Aguilar, R. Lugo-Sánchez, M.E., Villegas-Ozuna, R.E. & Robles-Burgueño, R. (1998). Histamine Quantification in Monterey Sardine Muscle and Canned Products from Northwestern Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, pp.188–195.
- Papadakis, I.E., Kentouri, M., Divanach, P. & Mylonas, C.C. (2013). Ontogeny of the digestive system of meagre *Argyrosomus regius* reared in a mesocosm , and quantitative changes of lipids in the liver from hatching to juvenile. *Aquaculture*, 388–391, pp.76–88.
- Park, J.W. & Lin, T.M.J. (2005). Surimi: Manufacturing and Evaluation. In J. W. Park (Ed.) *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 33–106). (2^aed.). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Park, J.W. (1995). Surimi Gel Colors as Affected by Moisture Content and Physical Conditions. *Journal of Food Science*, 60(1), pp.15–18.
- Park, J.W. (1996). Temperature-tolerant fish protein gels using Konjac flour. *Journal of Muscle Foods*, 7(2), pp.165–174.
- Parrott, D.L. (1992). Use of Ohmic Heating for Aseptic Processing of Food Particulates. *Food Technology*, 12, pp.68–72.
- Pataro, G., Donsi, G. & Ferrari, G. (2011). Aseptic processing of apricots in syrup by means of a continuous pilot scale ohmic unit. *LWT - Food Science and Technology*, 44(6), pp.1546–1554.
- Patriarca, J., Ribeiro, A.T., Silva, H., Vieira, H., Teixeira, B., Rodrigues, M.J., Gil, M., Pousão-Ferreira, P. & Mendes, R. (2015a). *Conservação em refrigerado de fiambres de corvina e dourada embalados em atmosfera modificada*. Relatórios científicos e técnicos do IPMA. Série digital 8. 47 pp.
- Patriarca, J., Ribeiro, A.T., Silva, H., Vieira, H., Teixeira, B., Rodrigues, M.J., Gil, M., Pousão-Ferreira, P. & Mendes, R. (2015b). *Efeitos da armazenagem em refrigerado na qualidade de fiambre de corvina com fibras dietéticas embalado em vácuo e em atmosfera modificada*. Relatórios científicos e técnicos do IPMA. Série digital 7. 47 pp.
- PEAP (2018a). *Espaço Aquicultura na UE*, pp.1–3. Acedido em jan. 24, 2018, disponível em <http://eaquicultura.pt/aquicultura-em-portugal/caracterizacao-geral/>

- PEAP (2018b). *Espaço Aquicultura Panorama*, pp.1–5. Acedido em jan.24, 2018, disponível em <http://eaquicultura.pt/aquicultura-em-portugal/caracterizacao-geral/>
- PEAP (2018c). *Espaço Aquicultura - Principais espécies cultivadas em Portugal*. pp.1–3. Acedido em jan.24, 2018, disponível em <http://eaquicultura.pt/principais-especies-cultivadas-em-portugal/>
- Penchalaraju, M. & Shireesha, B. (2013). Preservation of food by high pressure: a review. *International Journal of Science and Research*, 1(3), pp.30–38.
- Peng, W., Kong, X., Chen, Y., Zhang, C., Yang, Y. & Hua, Y. (2016). Effects of heat treatment on the emulsifying properties of pea proteins. *Food Hydrocolloids*, 52, pp.301–310.
- Pereira, R.N., Rodrigues, R.M., Teixeira, J.A. & Vicente, A. (2015). Aquecimento Óhmico : uma ferramenta ao serviço da biotecnologia. *Boletim de Biotecnologia*, 41, pp.41–43.
- Pereira, T.G., Grade, A., Saavedra, M., Ribeiro, L., Pousão-Ferreira, P., Nunes, M.L. & Gonçalves, A. (2014) . *Muscle cellularity and texture : differences between meagre and gilthead seabream*. Poster apresentado In Aquaculture Europe 2014. San Sebastián, Spain: European Aquaculture Society.
- Pérez-Mateos, M., Lourenço, H., Montero, P. & Borderías, A.J. (1997). Rheological and Biochemical Characteristics of High-Pressure- and Heat-Induced Gels from Blue Whiting (*Micromesistius poutassou*) Muscle Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(1), pp.44–49.
- Phillips, G.. & Williams, P.A. (2011). Introduction to food proteins. In G. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of Food Proteins* (pp. 1–12). Cambridge, UK: Woodhead publishing Limited.
- Phillips, L.G., Whitehead, D.M. & Kinsella, J. (1994). Introduction to Functional Properties of Proteins. In L. G. Phillips, D. M. Whitehead, & J. Kinsella (Eds.), *Structure–Function Properties of Food Proteins* (pp. 107–109). Food Science and Technology series. Academic Press.
- Pickova, J. & Mørkøre, T. (2007). Alternate oils in fish feeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, pp.256–263.
- Pires, C. (2008). *Recuperação, caracterização e aplicações de proteínas recuperadas de subprodutos e espécies subaproveitadas*. Provas de acesso à categoria de Investigador auxiliar do IPMAR, 253pp.
- Plancken, I. Van Der, Loey, A. Van & Hendrickx, M.E.G. (2005). Changes in sulfhydryl content of egg white proteins due to heat and pressure treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), pp.5726–5733.
- Pleadin, J., Lesic, T., Kresic, G., Baric, R., Bogdanovic, T., Oraic, D., Vulic, A., Legac, A. & Zrncic, S. (2017). Nutritional quality of different fish species farmed in the Adriatic Sea. *Italian Journal of Food Science*, 29, pp.537–549.
- Poli, B.M. Parisi, G., Zampacavallo, G., Iurzan, F., Mecatti, M. & Bonelli, A. (2003). Preliminary results on quality and quality changes in reared meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture International*, 11, pp.301–311.
- Poli, B.M., Messini, A., Parisi, G., Scappini, F., Vigiani, V., Giorgi, G. & Vincenzini, M. (2006). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets packed under modified atmosphere/air or prepared from whole fish stored in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(4), pp.444–454.

- Pons, M. & Fiszmau, S.M. (1996). Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. Review paper. *Journal of texture studies*, 27, pp.597–624.
- Postnikova, G.B., Tselikova, S.V., Kolaeva, S.G. & Solomonov, N.G. (1999). Myoglobin content in skeletal muscles of hibernating ground squirrels rises in autumn and winter. *Comparative Biochemistry and Physiology – A- Molecular and Integrative Physiology*, 124(1), pp.35–37.
- Prasanna, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Mitra, T., Karunakaran, D. & Anandan, R. (2018). Nutritional composition of food fishes and their importance in providing food and nutritional security ☆. *Food Chemistry*, (November, 2017), pp.1–10. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.039>.
- Prester, L., Macan, J., Varnai, V.M., Orct, T., Vukusic, J. & Kipicic, D. (2009). Endotoxin and biogenic amine levels in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*), sardine (*Sardina pilchardus*) and Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) stored at 22 °C. *Food Additives & Contaminants*, 26(3), pp.355–362.
- Prista, N., Costa, J.L., Costa, M.J. & Jones, C. (2009). *Age determination in meagre Argyrosomus regius*. Relatórios científicos e técnicos. Série digital, Lisboa. 56pp.
- Prosky, L. & Hoebregs, H. (1999). Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose. Methods to Determine Food Inulin and Oligofructose. *The Journal of Nutrition*, 129(7) supplement, pp.1418S–1423S.

Q

R

- Raghavan, S. & Kristinsson, H.G. (2008). Conformational and rheological changes in catfish myosin during alkali-induced unfolding and refolding. *Food Chemistry*, 107(1), pp.385–398.
- Ralston, N.V.C. & Raymond, L.J. (2010). Dietary selenium's protective effects against methylmercury toxicity. *Toxicology*, 278(1), pp.112–123.
- Ramin, B., Li, B., Wang, L., Liu, S., Li, Y. & Wei, X. (2015). Health benefits of konjac glucomannan with special focus on diabetes. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(2), pp.179–187.
- Ramírez, J., Uresti, R., Téllez, S. & Vázquez, M. (2002). Using Salt and Microbial Transglutaminase as Binding Agents in Restructured Fish Products Resembling Hams. *Food Engineering and Physical Properties*, 67(5), pp.1778–1784.
- Ramírez, J.A., Ángel, A., Uresti, R.M., Velazquez, G. & Vázquez, M. (2007). Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. *Food Chemistry*, 102(1), pp.243–249.
- Ramírez, J., Uresti, R.M., Velazquez, G. & Vázquez, M. (2011). Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), pp.1842–1852.
- Ramírez-Suárez, J.C. & Morrissey, M.T. (2006). Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7(1–2), pp.19–27.

- Ramírez-Suárez, J.C., Addo, K. & Xiong, Y.L. (2005). Gelation of mixed myofibrillar / wheat gluten proteins treated with microbial transglutaminase. *Food Research International*, 38, pp.1143–1149.
- Rastogi, N.K. (2010). Opportunities and Challenges in Nonthermal Processing of Foods. In M. Laura Passos & C. P. Ribeiro (Eds.), *Innovation in Food Engineering: New Techniques and Products* (pp. 3–58). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis group.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Balasubramaniam, V.M., Niranjan, K. & Knorr, D. (2007). Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), pp.69–112.
- Raymundo, A., Gouveia, L., Batista, A.P., Empis, J. & Sousa, I. (2005). Fat mimetic capacity of *Chlorella vulgaris* biomass in oil-in-water food emulsions stabilized by pea protein. *Food Research International*, 38(8–9), pp.961–965.
- Regenstein, J. (1986). The potential for minced fish. *Food Technol.* 40(3), 101-106.
- Regulamento (CE) N.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal. Comissão Europeia, pp.1–78.
- Regulamento (CE) N.º 1333/2008 de 16 de Dezembro de 2008. Parlamento Europeu e do Conselho (2015). Texto consolidado. Jornal Oficial da União Europeia, pp. 43, 66, 174, 309, 319.
- Regulamento (CE) N.º 2073/2005 da Comissão de 15 de Novembro de 2005. Critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios. Jornal Oficial L 338 de 22.12.2005, 32pp.
- Regulamento (UE) N.º 1019/2013. Alteração ao anexo I do Regulamento (CE) N.º 2073/2005 no que se refere à histamina em produtos da pesca. Comissão de 23 de outubro de 2013.
- Regulamento (UE) N.º 2015/2314, 2015 da Comissão de 7 de dezembro de 2015 que autoriza uma alegação de saúde relativa a alimentos que não refere a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças, e que altera o Regulamento (UE) n.º 432/201. Jornal Oficial da União Europeia PT, L 328, pp.46–49.
- Ribeiro, A.T.C.M. (2001). *Preparação de salsichas com polpa de sardinha e óleo de fígado de bacalhau. Valor nutritivo, características físicas e sensoriais*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia dos alimentos. Lisboa: Universidade técnica de Lisboa. 125pp.
- Ribeiro, B.D.C. (2011). *Desenvolvimento de produtos reestruturados de corvina (Argyrosomus regius) de aquacultura*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade técnica de Lisboa. 95pp.
- Richards, M.P. & Hultin, H.O. (2002). Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3), pp.555–564.
- Richardson, T. & Hyslop, D.B. (1992). Enzimas. In O. R. Fennema (Ed.), *Química de los alimentos* (pp. 415–536). Zaragoza. Espanha: Editorial Acribia, S.A..
- Ritchie, A. H. (1991). *The Torry Station method for biogenic amines by HPLC*. Technical report. Aberdeen, Scotland: Torry Research Station.
- Roberfroid, M. (1993). Dietary Fiber, Inulin, and Oligofructose: A Review Comparing their Physiological Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(2), pp.103–148.

- Roberfroid, M.B. (2007). Inulin-Type Fructans : Functional food ingredients. *The Journal of nutrition*, pp.2493–2502. Available at: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470999615.ch41>.
- Rode, T.M. & Hovda, M.B. (2016). High pressure processing extend the shelf life of fresh salmon, cod and mackerel. *Food Control*, 70, pp.242–248.
- Ronkart, S.N., Paquot, M., Deroanne, C., Fournies, C., Besbes, S. & Blecker, C.S. (2010). Development of gelling properties of inulin by microfluidization. *Food Hydrocolloids*, 24(4), pp.318–324.
- Ross, A.I.V., Griffiths, M.W., Mittal, G.S. & Deeth, H.C. (2003). Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, 89(2–3), pp.125–138.
- Roussel, H. & Cheftel, J.C. (1990). Mechanisms of gelation of sardine proteins : influence of thermal processing and of various additives on the texture and protein solubility of kamaboko gels. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, pp.260–280.
- Roy, F., Boye, J.I. & Simpson, B.K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), pp.432–442.
- Rueangwatcharin, U. & Wichienchot, S. (2015). Development of functional canned and pouched tuna products added inulin for commercial production. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), pp.5093–5101.
- Rueda, F. M., Hernández, M.D., Egea, M.A., Aguado, F., García, B. & Martínez, F.J. (2001). Differences in tissue fatty acid composition between reared and wild sharpnose sea bream, *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *British Journal of Nutrition*, 86, pp.617–622.
- Ruyet, J.P.-L., Mahé, K., Le Bayon, N. & Le Delliou, H. (2004). Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 237(1–4), pp.269–280.

S

- Saavedra, M., Pereira, T., Carvalho, L.M., Pousão-Ferreira, P., Grade, A. & Teixeira, B. (2017). Wild and farmed meagre, *Argyrosomus regius* : A nutritional, sensory and histological assessment of quality differences. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63(July), pp.8–14.
- Sagdic, O., Ekici, L., Ozturk, I., Tekinay, T., Polat, B., Tastemur, B., Bayram, O. & Senturk, B. (2013). Cytotoxic and bioactive properties of different color tulip flowers and degradation kinetic of tulip flower anthocyanins. *Food and Chemical Toxicology*, 58, pp.432–439.
- Sahin, S. & Sumnu, S.G. (2006). *Physical Properties of Foods* (267pp.). USA: Springer.
- Sahin, Y.M., Su, S., Ozbek, B., Yücel, S., Pinar, O., Kazan, D., Oktar, F.N., Ekren, N. & Gunduz, O. (2018). Production and characterization of electrospun fish sarcoplasmic protein based nano fibers. *Journal of Food Engineering*, 222, pp.54–62.
- Sainclivier, M. (1983). *L'industrie alimentaire halieutique. Le poisson matière première*. Bulletin Scientifique et Technique. École Nationale Supérieure Agronomique et Centre de Recherches de Rennes. Vol 1. p. 263.
- Saint-Denis, T. & Goupy, J. (2004). Optimization of a nitrogen analyser based on the Dumas method. *Analytica Chimica Acta*, 515(1), pp.191–198.
- Sampels, S. (2015). The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products. *Trends in Food Science and Technology*, 44(2), pp.131–146.

- Sánchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R. & Borderías, A.J. (2007). Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, 100(3), pp.1037–1043.
- Sánchez-González, I., Carmona, P., Moreno, P., Borderías, J., Sánchez-Alonso, I., Rodríguez-Casado, A. & Careche, M. (2008). Protein and water structural changes in fish surimi during gelation as revealed by isotopic H/D exchange and Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 106(1), pp.56–64.
- Sánchez-González, I., Rodríguez-Casado, A., Careche, M., & Carmona, P. (2009). Raman analysis of surimi gelation by addition of wheat dietary fibre. *Food Chemistry*, 112, pp.162–168.
- Santos, M.H.S. (1996). Biogenic amines: their importance in foods. *Int J Food Microbiol* 29, pp. 213-231.
- Sargent, J.R. & Tacon, A.G.J. (1999). Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, pp.377–383.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R. & Bell, G. (2002). The lipids. In J. Halver & R. W. Hardy (Eds.), *Fish nutrition* (pp. 182–246). Amsterdam: Academic Press.
- Sato, K., Reiji, Y., Sato, M. & Yutaka, S. (1986). Collagen Content in the Muscle of Fishes in Association with their Swimming Movement and Meat Texture. *Bulletin Japanese of the Society of Scientific Fisheries*, 52(9), pp.1595–1600.
- Seki, N., Uno, H., Lee, N.-H., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T. & Arai, K. (1990). Transglutaminase activity in Alaska pollack muscle and surimi, and its reaction with myosin B. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(1), pp.125–132.
- Senso, L., Suárez, M.D., Ruiz-Cara, T. & García-Gallego, M. (2007). On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Chemistry*, 101(1), pp.298–307.
- Sequeira-Munoz, A., Chevalier, D., LeBail, A., Ramaswamy, H.S. & Simpson, B.K. (2006). Physicochemical changes induced in carp (*Cyprinus carpio*) fillets by high pressure processing at low temperature. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(1–2), pp.13–18.
- Sevenich, R. (2016). *High pressure processing at ambient and high temperatures and its influence on food processing contaminants, food borne diseases and bacterial spores in model- and real-food systems*. Dissertação aprovada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia. Berlim: Technischen Universität Berlin. 176pp.
- Sevenich, R., Rauh, C. & Knorr, D. (2016). A scientific and interdisciplinary approach for high pressure processing as a future toolbox for safe and high quality products : A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38, pp.65–75.
- Seymour, T.A., Morrissey, M.T., Peters, M.Y. & An, H. (1994). Purification and Characterization of Pacific Whiting Proteases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(11), pp.2421–2427.
- Shabana, N.M.A., Rahman, S.H.A. El & Al-Absawy, M. (2012). Reproductive biology of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) inhabiting the south eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(2), pp.147–156.
- Shahid, M., Shahid-ul-Islam & Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: A review. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2013.03.031.
- Shand, P.J., Ya, H., Pietrasik, Z. & Wanasundara, P.K.J.P.D. (2007). Physicochemical and textural properties of heat-induced pea protein isolate gels. *Food Chemistry*, 102(4), pp.1119–1130.

- Shann-Tzong, J. & Chen, G.-H. (1999). Effect of cathepsins B, L, L-like and calpain on the protein degradation of "Surimi". In Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho & Fereidoon Shahidi (Eds.), *Quality attributes of muscle foods* (pp. 365-392). New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Shearer, K.D. (1994). Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119, pp.63-88.
- Shevkani, K., Singh, N., Kaur, A. & Chand, J. (2015). Structural and functional characterization of kidney bean and field pea protein isolates: A comparative study. *Food hydrocolloids*, 43, pp.679-689.
- Shie, J.S. & Park, J.W. (1999). Physical characteristics of surimi seafood as affected by thermal processing conditions. *Journal of Food Science*, 64(2), pp.287-290.
- Shinzato, C., Brousalis, A.M., & Ferraro, G.E. (1996). Glucomanano: Un aporte a su control de calidad. *Revista de la Asociación Argentina de Farmacia y Bioquímica Industrial (SAFYB)*, 35. pp. 26-31.
- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H.R., Shakeel, A., Ansari, A. & Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, pp.444-454.
- Shoji, T., Saeki, H., Wakameda, A., Nakamura, M. & Nonaka, M. (1990). Gelation of Salted Paste of Alaska pollack by High Hydrostatic Pressure and Change in Myofibrillar Protein in It. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(12), pp.2069-2076.
- Siddappaji, S. & Prabhu, R.M. (2002). Development of Fish ham from Red meat of Tuna (*Euthynnus affinis*). *Fishery Technology*, 39(2), pp.120-123.
- Sikorski, Z.E. (2001). Functional properties of proteins in food systems. In Z. Sikorski (Ed.), *Chemical & Functional properties of food proteins* (pp. 113- 132). Lancaster, USA: Technomic Publishing Co, Inc..
- Sikorski, Z.E. (2007). *Chemical and functional properties of food components* (3.rd ed.). Z. E. Sikorski,(Ed.). Chemical and Functional Properties of Food Components Series. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis group. 532pp.
- Sikorski, Z.E., Kalokowska, A. & Burt, J.R. (1990b). Postharvest biochemical and microbial changes. In Z. E. Sikorski (Ed.), *Seafood: Resources, nutritional composition and preservation*. Florida: CRC Press Inc.. p. 55-75.
- Sikorski, Z.E., Pan, B.S. & Shahidi, F. (1994). *Seafood proteins*. Z. E. Sikorski, B. S. Pan, & F. Shahidi (Eds.), New York: Chapman & Hall, Inc. 223pp.
- Sikorski, Z.E.; Kolakowska, A. & Sun Pan, B. (1990a) The nutritive composition of the major groups of marine food organisms. In Z. E. Sikorski (Ed.), *Seafood: Resources, nutritional composition and preservation* (pp. 29-54). Florida: CRC Press Inc..
- Silva, A.F.H. (2016). *Benefícios do consumo regular de pescado para a saúde humana*. Trabalho Complementar como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Ciências da Nutrição. Porto: Faculdade Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa. 32pp.
- Silva, J.L., Foguel, D. & Royer, C.A. (2001). Pressure provides new insights into protein folding, dynamics and structure. *Trends in Biochemical Sciences*, 26(10), pp.612-618.
- Silva, P.M. (2017). Have you met the new consumer ? Análise às tendências do consumo alimentar. Deloitte Consultores S.A.. 30pp.

- Šimat, V., Bogdanović, T., Krželj, M., Soldo, A. & Maršić-Lučić, J. (2012). Differences in chemical, physical and sensory properties during shelf life assessment of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 28(1), pp.95–101.
- Simonin, H., Duranton, F. & de Lamballerie, M. (2012). New Insights into the High-Pressure Processing of Meat and Meat Products. Comprehensive Reviews. *Food Science and Food Safety*, 11(3), pp.285–306.
- Simopoulos, A.P. (2016). An Increase in the Omega-6 / Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. *Nutrients*, 8(128), pp.1–17.
- Sinanoglou, V., Proestos, C., Lantzouraki, D.Z. & Calokerinosl, A. C. (2014). Lipid evaluation of farmed and wild meagre (*Argyrosomus regius*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, pp.134–143.
- Skovbjerg, H., Koch, C., Anthonsen, D. & Sjöström, H. (2004). Deamidation and cross-linking of gliadin peptides by transglutaminases and the relation to celiac disease. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease*, 1690(3), pp.220–230.
- Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4), pp.1417–1435.
- Smit, L.A., Mozaffarian, D. & Willett, W. (2009). Review of fat and fatty acid requirements and criteria for developing dietary guidelines. *Annals of Nutrition Metabolism*, 55, pp.44–55.
- Solo-de-Zaldívar, B., Herranz, B. & Borderías, J. (2012). First Steps in Using Glucomannan to Make Thermostable Gels for Potential Use in Mince Fish Reestructuration. *International Journal of Food Engineering*, 8(1), pp.1–10.
- Solo-de-Zaldívar, B., Tovar, C. A., Borderías, A. J. & Herranz, B. (2015). Pasteurization and chilled storage of restructured fish muscle products based on glucomannan gelation. *Food Hydrocolloids*, 43, pp.418–426.
- Solo-de-Zaldívar, B., Tovar, C.A., Borderías, A.J. & Herranz, B. (2014). Effect of deacetylation on the glucomannan gelation process for making restructured seafood products. *Food Hydrocolloids*, 35, pp.59–68.
- Sperber, W.H. (2009). Introduction to the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. In W. H. Sperber & M. P. Doyle (Eds.), *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages* (pp. 1–40). London: Springer.
- Spinelli, J. & Dassow, J. A. (1982). Fish proteins: their modification and potential uses in the food industry. In R. E. Martin, G. J. Flick, C. E. Hebard & D. R. Ward (Eds.), *Chemistry & biochemistry of marine food products* (pp.13-25). Westport, CT: AVI Publishing Co..
- Stansby, M. (1968) *Tecnología de la Industria Pesquera*. Zaragoza: Editorial Acribia. pp. 391-402,417-424.
- Stansby, M.E. (1962). Proximate composition of fish. In E. Heen & R. Kreuzer (Eds.), *Fish in nutrition* (pp. 55-60). London: Fishing News Books Ltd..
- Stark, A.H., Crawford, M.A. & Reifen, R. (2008). Update on alpha-linolenic acid. *Nutrition Reviews*, 66(6), pp.326–332.
- Stollewerk, K., Jofré, A., Comaposada, J., Arnau, J. & Garriga, M. (2014). Food safety and microbiological quality aspects of QDS process® and high pressure treatment of fermented fish sausages. *Food Control*, 38(1), pp.130–135.
- Stone, A.P. & Stanley, D.W. (1992). Mechanisms of fish muscle gelation. *Food Research International*, 25, pp.381–388.

- Su, Y.-C., Daeschel, M.A., Frazier, J. & Jaczynski, J. (2005). Microbiology and Pasteurization of Surimi Seafood. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (pp. 583–638). Boca Raton: Taylor and Francis.
- Suman, S.P. & Joseph, P. (2013). Myoglobin Chemistry and Meat Color. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4(1), pp.79–99.
- Suman, S.P., Nair, M.N., Joseph, P. & Hunt, M.C. (2016). Factors influencing internal color of cooked meats. *Meat Science*, 120, pp.133–144.
- Sumner, A.K., Nielsen, M.A. & Youngs, C.G. (1981). Production and Evaluation of Pea Protein Isolate. *Journal of Food Science*, 46(2), pp.364–366.
- Suzuki, T. (1981). Frozen minced meat (“surimi”). In *Fish and Krill Protein Technology: Processing Technology* (pp. 115). Chapter 3. London: Applied Science Publishers.
- Svanevik C.S. & Lunestad, B.T. (2011). Characterisation of the microbiota of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Int. J. Food Microbiol.* 151 (2): pp. 164-170.

T

- Tabilo-Munizaga, G. & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white: microstructure and water-holding capacity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 38, pp.47–57.
- Tadpitchayangkoon, P., Park, J.W. & Yongsawatdigul, J. (2012). Gelation characteristics of tropical surimi under water bath and ohmic heating. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), pp.97–103.
- Taguchi, T., Ishizaki, S., Tanaka, M., Nagashima, Y. & Amano, K. (1989). Effect of Ultraviolet Irradiation on Thermal Gelation of Muscle Pastes. *Journal of Food Science*, 54(6), pp.1438–1440.
- Takeda, F. (1971). Technological history of frozen surimi industry. *New food Ind.* 13, pp.27-31.
- Tan, J.B.L., Lim, Y.Y. & Lee, S.M. (2014). *Rhoeo spathacea* (Swartz) Stearn leaves, a potential natural food colorant. *Journal of Functional Foods*, 7(1), pp.443–451.
- Tang, J. (2005). Dielectric properties of foods. In H. Schubert & M. Regier, (Eds.), *The microwave processing of foods* (pp.22-38). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis group.
- Tanikawa, E. (1963). Fish Sausage and Ham Industry in Japan. *Advances in Food Research*, 12(C), pp.367–424.
- Tanikawa, E., Motohiro, T. & Akiba, M. (1971). *Marine Products in Japan*. Tokyo: Koseisha Koseikaku. 506pp.
- Taylor, S.L., Eitenmiller, R.R. & Taylor, S.L. (1986). Critical Reviews in Toxicology Histamine Food Poisoning : Toxicology and Clinical Aspects. *CRC Critical reviews in Toxicology*, 17(2), pp.91–128.
- Teixeira, B., Marques, A., Mendes, R., Gonçalves, A., Fidalgo, L., Oliveira, M., Saraiva, J. & Nunes, M.L. (2014). Effect of high pressure processing in the quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets : Pressurization rate, pressure level and holding time. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22, pp.31–39.
- Téllez-Luis, S.J., Uresti, R.M., Ramírez, J.A. & Vázquez, M. (2002). Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(9), pp.953–959.

- Testi, S., Bonaldo, A., Gatta, P.P. & Badiani, A. (2006). Nutritional traits of dorsal and ventral fillets from three farmed fish species. *Food Chemistry*, 98(1), pp.104–111.
- Ting, E. (2011). High-Pressure Processing Equipment Fundamentals. In J. T. C. Y. Howard Q. Zhang, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, V. M. Bala Balasubramaniam, C. Patrick Dunne & Daniel F. Farkas (Eds.), *Nonthermal Processing Technologies for Food* (pp. 20-27). West Sussex, UK: Blackwell Publishing Ltd..
- Ting, H.Y., Ishizaki, S. & Tanaka, M. (1999). E-Polylysine improves the quality of surimi products. *Journal of muscle foods*, 10, pp.279–294.
- Tocher, D.R. & Sargent, J.R. (1990). Effect of Temperature on the Incorporation into Phospholipid Classes and Metabolism via Desaturation and Elongation of n-3 and n-6 Polyunsaturated Fatty Acids in Fish Cells in Culture. *Lipids*, 25(8), pp.435–442.
- Tolstoguzov, V.B. (1997). Protein-Polysaccharide Interactions. In S. Damodaran & A. Paraf (Eds.), *Food Proteins and Their Applications* (pp. 171–198). Food Science and Technology. New York: CRC Press.
- Tomé, A.S., Pires, C., Batista, I., Sousa, I. & Raymundo, A. (2015). Protein gels and emulsions from mixtures of Cape hake and pea proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2), pp.289–298.
- Tömösközi, S., Lásztity, R., Haraszi, R. & Baticz, O. (2001). Isolation and study of the functional properties of pea proteins. *Nahrung/Food*, 45(6), pp.399–401.
- Truong, B.Q., Buckow, R., Stathopoulos, C.E. & Nguyen, M.H. (2015). Advances in high-pressure processing of fish muscles. *Food Engineering Reviews*, 7(2), pp.109–129.
- Truong, V.D., Clare, D.A., Catignani, G.L. & Swaisgood, H.E. (2004). Cross-linking and rheological changes of whey proteins treated with microbial transglutaminase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(5), pp.1170–1176.
- Tscheuschner, Horst-Dieter (2001). *Fundamentos de tecnología de los alimentos*. Hamburg, Alemania: Acribia. 746 pp.
- Tsukamasa, Y., Miyake, Y., Ando, M. & Makinodan, Y. (2002). Total activity of transglutaminase at various temperatures in several fish meats. *Fisheries Science*, 68(4), pp.929–933.

U

- Uchida, K., Kato, Y. & Kawakishi, S. (1990). A novel mechanism for oxidative cleavage of prolyl peptides induced by the hydroxyl radical. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 169(1), pp.265–271.
- Udupa, K.S. & Kulkarni, G.K. (1972). Sequential analysis for testing quality standard of fish ham and sausage. *Fishery Technology*, 9(1), pp.5–7.
- União Europeia (2011). *Valorização dos produtos da pesca local e da aquicultura*. Comissão Europeia Assuntos Marítimos e Pescas. Farnet Guia 3. Bélgica, 58pp.
- Uresti, R.M., Velazquez, G., Vázquez, M., Ramírez, J.A. & Torres, J.A. (2005). Restructured products from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*) using high-pressure treatments. *European Food Research and Technology*, 220(2), pp.113–119.
- Uresti, R.M., Velazquez, G., Vázquez, M., Ramírez, J.A. & Torres, J.A. (2006). Effects of combining microbial transglutaminase and high pressure processing treatments on the mechanical properties of heat-induced gels prepared from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). *Food Chemistry*, 94(2), pp.202–209.

Uriarte-Montoya, M.H., Villalba-Villalba, A.G., Pacheco-Aguilar, R., Ramírez-Suárez, J.C., Lugo-Sánchez, M.E., García-Sánchez, G. & Carvallo-Ruiz, M.G. (2010). Changes in quality parameters of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) muscle during the canning process. *Food Chemistry*, 122(3), pp.482–487.

Usydus, Z., Szlifder-Richert, J. & Adamczyk, M. (2012). Variations in proximate composition and fatty acid profiles of Baltic sprat (*Sprattus sprattus balticus*). *Food Chemistry*, 130(1), pp.97–103.

V

Vaclavik, V.A. & Christian, E.W. (2008). *Essentials of food science*. (565pp.) (3.^a ed.), New York: Springer.

Vadivambal, R. & Jayas, D.S. (2010). Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials-A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3(2), pp.161–171.

Valente, L.M.P., Cornet, J., Donnay-Moreno, C., Gouygou, J.P., Bergé, J.P., Bacelar, M., Escórcio, C., Rocha, E., Malhão, F. & Cardinal, M. (2011). Quality differences of gilthead sea bream from distinct production systems in Southern Europe: Intensive, integrated, semi-intensive or extensive systems. *Food Control*, 22(5), pp.708–717.

Válková, V., Saláková, A., Buchtová, H. & Tremlová, B. (2007). Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. *Meat Science*, 77(4), pp.608–615.

Varghese, K.S., Pandey, M.C., Radhakrishna, K. & Bawa, A. S. (2012). Technology, applications and modelling of ohmic heating: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), pp.2304–2317.

Vázquez-Ortiz, F.A., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M. E. Villegas-Ozuna, R. E. (1997). Application of the freshness quality index (K Value) for fresh fish to canned sardines from northwestern Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, pp.158–165.

Velmurugan, P., Lee, Y.H., Nanthakumar, K., Kamala-Kannan, S., Dufossé, L., Mapari, S.A.S. & Oh, B.T. (2010). Water-soluble red pigments from *Isaria farinosa* and structural characterization of the main colored component. *Journal of Basic Microbiology*, 50(6), pp.581–590.

Ventura, M., Gueifão, S., Coelho, I., Delgado, I., Rego, A. & Castanheira, I. (2016). Identificação de alimentos ricos em selênio e iodo consumidos pela população portuguesa. Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. Artigos breves, N.º2, pp.8–11.

Venugopal, V. & Shahidi, F. (1996). Structure and composition of fish muscle. *Food reviews international*, 12(2), pp.175–197.

Venugopal, V. (2006). *Seafood Processing*. Adding value through quick freezing, retortable packaging and cook-chiling. Boca Raton, FL: CRC Press. Taylor & Francis Group. 505pp.

Vose, J.R. (1980). Production and functionality of starches and protein isolates from legume seeds (field peas and horsebeans). *Cereal Chemistry*, 57, pp.406–410.

W

Wang, T.L., Domoney, C., Hedley, C.L., Casey, R. & Grusak, M.A. (2003). Can We Improve the Nutritional Quality of Legume Seeds? *Plant Physiol.*, 131, pp.886–891.

Wasson, D.H. (1993). Fish Muscle Proteases and Heat-Induced Myofibrillar Degradation: a review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1(2), pp.23–41.

Watters, K.H.M. & Cherry, J.P. (1977). Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, field pea and pecan flours. *Journal of Food Science*, 42(6), pp.1444–1447.

Whitford, D. (2005). *Proteins. Structure and function*. West Sussex, UK: Wiley. pp.39-84.

Wicker, L., Lanier, T.C., Hamann, D.D. & Akahane, T. (1986). Thermal transitions in myosin-ANS fluorescence and gel rigidity. *Journal of Food Science*, 51(6), pp.1540–1543.

Williams, M.A.K., Foster, T.J., Martin, D.R. & Norton, I.T. (2000). A molecular description of the gelation mechanism of curdlan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1(3), pp.440–450.

Wu, M.C., Lanier, T.C. & Hamann, D.D. (1985). Rigidity and Viscosity Changes of Croaker Actomyosin During Thermal Gelation. *Journal of Food Science*, 50(1), pp.14–19.

X

Xiong, G., Cheng, W., Ye, L., Du, X., Zhou, M., Lin, R., Geng, S., Chen, M., Corke, H. & Cai, Y.Z. (2009). Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of myofibrillar protein and surimi gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food Chemistry*, 116(2), pp.413–418.

Xiong, Y.L. (2004). Muscle proteins. In R. Y. Yada (Ed.), *Proteins in food processing* (p. 705). Cambridge: Woodhead publishing Limited.

Xu, X., Li, B., Kennedy, J.F., Xie, B.J. & Huang, M. (2007). Characterization of konjac glucomannan-gellan gum blend films and their suitability for release of nisin incorporated therein. *Carbohydrate Polymers*, 70(2), pp.192–197.

Y

Yagiz, Y., Kristinsson, H.G., Balaban, M.O. & Marshall, M.R. (2007). Effect of high pressure treatment on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and mahi mahi (*Coryphaena hippurus*). *Journal of Food Science*, 72(9), pp.509–515.

Yagiz, Y., Kristinsson, H.G., Balaban, M.O., Welt, B.A., Ralat, M. & Marshall, M.R. (2009). Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. *Food Chemistry*, 116(4), pp.828–835.

Yamamoto, K., Mivra, T. & Yasui, T. (1990). Gelation of Myosin Filament Under High Hydrostatic Pressure. *Food Struct.*, 9(4), pp.269–277.

Yamashita, M. & Konagaya, S. (1990). High activities of cathepsins B, D, H, and L in the white muscle of chum salmon in spawning migration. Comparative biochemistry and physiology. B, *Comparative biochemistry*, 95(1), pp.149–52.

Yasui, T. & Samejima, K. (1990). Recent advances in meat science in Japan: Functionality of muscle proteins in gelation mechanism of structured meat products. *Japan Agriculture Research Quarterly*, 24, pp.131–140.

Yasui, T., Ishioroshi, M. & Samejima, K. (1982). Effect of Actomyosin on Heat-induced Gelation of Myosin. *Agricultural and biological chemistry*, 46(4), pp.1049–1059.

Yin, W., Zhang, H., Huang, L. & Nishinari, K. (2008). Effects of the lyotropic series salts on the gelation of konjac glucomannan in aqueous solutions. *Carbohydrate Polymers*, 74(1), pp.68–78.

Yokoyama, K., Nio, N. & Kikuchi, Y. (2004). Properties and applications of microbial transglutaminase. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64, pp.447–454.

- Yongsawatdigul, J. & Sinsuwan, S. (2007). Aggregation and conformational changes of tilapia actomyosin as affected by calcium ion during setting. *Food Hydrocolloids*, 21(3), pp.359–367.
- Yongsawatdigul, J., Park, J.W., Kolbe, E., Dagga, Y.A. & Morrissey, M.T. (1995). Ohmic Heating Maximizes Gel Functionality of Pacific Whiting Surimi. *Journal of Food Science*, 60(1), pp.10–14.
- Yordanov, D.G. & Angelova, G. V. (2010). High pressure processing for foods preserving. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24(3), pp.1940–1945.

Z

- Zare, Z. (2004). *High Pressure Processing of Fresh Tuna Fish and Its Effects on Shelf Life*. Tese submetida para obtenção do grau de Mestre em Ciências. Macdonald Campus of McGill University, Quebec. 94pp.
- Zhang, H., Zhan, J., Su, K. & Zhang, Y. (2006). A kind of potential food additive produced by *Streptomyces coelicolor*: Characteristics of blue pigment and identification of a novel compound, λ -actinorhodin. *Food Chemistry*, 95(2), pp.186–192.
- Zhang, T., Li, Z., Wang, Y., Xue, Y. & Xue, C. (2016). Effects of konjac glucomannan on heat-induced changes of physicochemical and structural properties of surimi gels. *Food Research International*, 83, pp.152–161.
- Zhang, T., Xue, Y., Li, Z., Wang, Y. & Xue, C. (2015). Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120 °C) treatment. *Food hydrocolloids*, 43, pp.125–131.
- Zhang, Y.Q., Xie, B.J. & Gan, X. (2005). Advance in the applications of konjac glucomannan and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 60, pp.27–31.
- Zhu, Y., Rinzema, A., Tramper, J. & Bol, J. (1995). Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing. *Appl Microbiol Biotechnol*, 44, pp.277–282.
- Zhu, Z., Lanier, T.C., Farkas, B.E. & Li, B. (2014). Transglutaminase and high pressure effects on heat-induced gelation of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) surimi. *Journal of Food Engineering*, 131, pp.154–160.
- Zhu, Z., Wu, N., Kuang, M., Lamikanra, O., Liu, G., Li, S. & He, J. (2015). Preparation and toxicological evaluation of methyl pyranoanthocyanin. *Food and Chemical Toxicology*, 83, pp.125–132.
- Zhuang, X., Han, M., Jiang, X., Bai, Y., Zhou, H., Li, C., Xu, X-l., Zhou, G-h. (2018). The effects of insoluble dietary fiber on myofibrillar protein gelation: microstructure and molecular conformations. *Food Chemistry*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.141>
- Ziegler, G.R. & Foegeding, E.A. (1990). The gelation of proteins. *Advances in food and nutrition research*, 34, pp.203–298.

FICHA DE PROVA COM ESCALA HEDÓNICA PARA CRIANÇAS

FIAMBRE DE PEIXE

Vamos prová-lo!

Dá-nos a tua opinião (coloca um X)



Muito mau



Mau



Indiferente



Bom



Muito bom

Nome: _____

Idade: _____

APÊNDICE 2

INQUÉRITO “ON-LINE”

FIAMBRE DE PEIXE - QUE COR?

1. É consumidor de fiambre?*

- Não
- Sim, de peru
- Sim, de frango
- Sim, de porco

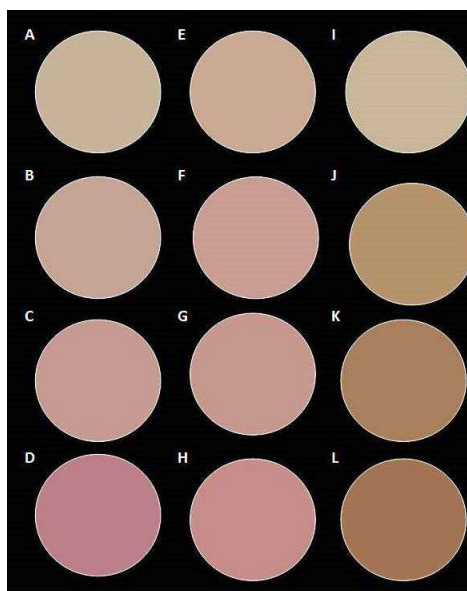
2. Se sim, com que frequência consome fiambre?

- Diariamente
- Cerca de 3x por semana
- Cerca de 1x por semana
- Raramente

3. Com que frequência consome peixe?*

- Diariamente
- Cerca de 3x por semana
- Cerca de 1x por semana
- Raramente
- Nunca

4. Imagine que um dia surge fiambre de peixe no mercado. Como consumidor, indique por ordem decrescente, quatro das cores abaixo apresentadas, que lhe pareça ser as mais atraentes.*



5. Se este novo produto estivesse atualmente no mercado, acha que seria um potencial comprador?*

- Sim
- Não
- Talvez
- Não sabe

6. É o responsável pelas compras em casa?*

- Sim
- Não

7. Género:*

- Feminino
- Masculino

8. Idade (por favor, indique a sua idade):*

9. Escolaridade:*

- 1º ciclo do ensino básico (4º ano)
- 2º ciclo do ensino básico (6ºano)
- 3º ciclo do ensino básico ou equivalente (9º ano)
- Ensino secundário ou equivalente (12º ano)
- Ensino Superior - bacharelato ou licenciatura
- Ensino Superior - mestrado ou pós graduação
- Ensino Superior - doutoramento ou pós-doutoramento

10. Cidade / País onde reside:*

Muito obrigada pela sua colaboração!

APÊNDICE 3

TABELAS DE APOIO AOS RESULTADOS DO 1º OBJETIVO

Tabela 1. Rendimentos na obtenção de polpas de diferentes espécies e épocas do ano

Pesos e rendimentos	Dourada		Robalo		Corvina	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Peso total (kg)	12,800	36,080	13,180	36,916	18,250	32,078
Número de indivíduos	14	44	10	44	5	26
Peso médio do peixe (kg)	0,914	0,820	1,318	0,839	3,650	1,234
Peso após evisceração (kg)	8,250	23,050	8,000	22,650	10,850	20,000
Rendimento (%)	64,45	63,89	60,70	61,36	59,45	62,35
Peso polpa (kg)	7,150	19,500	6,500	18,750	9,050	16,550
Rendimento (%)	55,86	54,05	49,32	50,79	49,59	51,94
Rendimento médio (%)	54,96		50,06		50,77	

Tabela 2. Composição química (%) das polpas de dourada, robalo e corvina, capturados no verão e no inverno. Valores médios \pm DP (n=3)

Espécie	Época de captura	Humidade	Cinza	Gordura	Proteína
Dourada	Verão	63,67 ^c \pm 0,22	1,30 ^{aA} \pm 0,02	17,8 ^{aA} \pm 1,05	14,15 ^{bB} \pm 0,33
	Inverno	61,56 ^c \pm 3,13	1,14 ^{aB} \pm 0,03	19,26 ^{aA} \pm 1,01	16,57 ^{aA} \pm 0,01
Robalo	Verão	69,50 ^b \pm 0,21	1,06 ^{bA} \pm 0,04	11,38 ^{bB} \pm 0,24	14,73 ^{bB} \pm 0,55
	Inverno	66,45 ^b \pm 0,14	1,10 ^{aA} \pm 0,02	14,06 ^{bA} \pm 0,01	17,30 ^{aA} \pm 0,07
Corvina	Verão	74,68 ^a \pm 1,00	1,11 ^{bA} \pm 0,04	7,27 ^{cA} \pm 0,02	16,15 ^{aA} \pm 0,17
	Inverno	76,76 ^a \pm 0,50	1,10 ^{aA} \pm 0,02	5,21 ^{cB} \pm 0,17	14,37 ^{bB} \pm 0,23

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies para a mesma época de captura.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na mesma espécie mas entre época de captura.

Tabela 3. Valores *F* e níveis de significância obtidos na análise multifactorial ANOVA para os parâmetros químicos das polpas, de acordo com a espécie e época de captura, e a interação entre eles.

Parâmetros químicos	Espécie	Época de captura	Espécie x Época de captura
Humidade	140,49 ^{***}	2,56 ^{ns}	6,02 [*]
Cinza	43,04 ^{***}	10,86 ^{**}	23,41 ^{***}
Gordura	499,68 ^{***}	5,09 [*]	19,54 ^{***}
Proteína	11,05 ^{**}	53,25 ^{***}	98,19 ^{***}

ns: não significativo; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tabela 4. Valores de pH e CRA medidos nos fiambres obtidos com as formulações propostas. Valores médios \pm DP ($n=4$)

Espécie	Época de captura	Formulações					
		0 % MTGase 0 %KGM		0,5 % MTGase 0 %KGM		0,5 % MTGase 1 %KGM	
		pH	CRA (%)	pH	CRA (%)	pH	CRA (%)
Dourada	Verão	6,59 ^{CA} \pm 0,01	89,21 ^{BA} \pm 0,90	6,71 ^{BA} \pm 0,01	82,88 ^{BB} \pm 1,67	7,00 ^{BB} \pm 0,01	86,80 ^{BB} \pm 1,78
	Inverno	6,48 ^{AB} \pm 0,00	84,60 ^{CB} \pm 1,76	6,71 ^{AA} \pm 0,01	87,21 ^{BA} \pm 1,12	7,50 ^{AA} \pm 0,01	92,49 ^{BA} \pm 1,50
Robalo	Verão	6,69 ^{BA} \pm 0,00	90,24 ^{BA} \pm 2,13	6,62 ^{CB} \pm 0,01	90,80 ^{AA} \pm 1,45	6,95 ^{CB} \pm 0,01	93,97 ^{AA} \pm 0,25
	Inverno	6,40 ^{CB} \pm 0,01	91,34 ^{BA} \pm 0,15	6,66 ^{BA} \pm 0,01	89,36 ^{BA} \pm 2,60	7,24 ^{BA} \pm 0,01	92,05 ^{BA} \pm 1,07
Corvina	Verão	6,83 ^{AA} \pm 0,01	92,78 ^{AA} \pm 0,81	6,96 ^{AA} \pm 0,01	93,66 ^{AA} \pm 0,46	7,08 ^{AB} \pm 0,02	94,38 ^{AA} \pm 0,70
	Inverno	6,45 ^{BB} \pm 0,01	95,47 ^{AA} \pm 0,78	6,64 ^{CB} \pm 0,01	95,17 ^{AA} \pm 0,84	7,18 ^{CA} \pm 0,00	95,22 ^{AA} \pm 0,68

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura.

Tabela 5. Valores *F* e níveis de significância obtidos na análise multifactorial ANOVA para os parâmetros pH e CRA (%) dos fiambres de dourada, robalo e corvina obtidos com diferentes formulações de acordo com os seguintes fatores: espécie, época de captura e a interação entre eles.

Parâmetros	Espécie	Época de captura	Espécie x Época de captura
0 % MTGase e 0 % KGM			
pH	490 ^{***}	8290,0 ^{***}	739,0 ^{***}
CRA (%)	61,3 ^{***}	0,3 ^{ns}	17,3 ^{***}
0,5 % MTGase e 0 %KGM			
pH	1357 ^{***}	1396,0 ^{***}	2178,0 ^{***}
CRA (%)	67,23 ^{***}	5,0 [*]	6,9 ^{**}
0,5 % MTGase e 1 %KGM			
pH	593 ^{***}	5591,0 ^{***}	848,0 ^{***}
CRA (%)	43,3 ^{***}	11,3 ^{**}	23,5 ^{***}

ns: não significativo * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

Tabela 6. Parâmetros pH e CRA (%) medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=4$)

Época de captura Formulação	DOURADA		ROBALO		CORVINA	
	pH	CRA (%)	pH	CRA (%)	pH	CRA (%)
Verão						
0 %MTGase 0 % KGM	6,59 ^{CA} \pm 0,01	89,21 ^{AA} \pm 0,90	6,69 ^{BA} \pm 0,00	90,24 ^{BA} \pm 2,13	6,83 ^{CA} \pm 0,01	92,78 ^{AB} \pm 0,81
0,5 %MTGase 0 % KGM	6,71 ^{BA} \pm 0,01	82,88 ^{BB} \pm 1,67	6,62 ^{CB} \pm 0,01	90,80 ^{BA} \pm 1,45	6,96 ^{BA} \pm 0,01	93,66 ^{AA} \pm 0,46
0,5 %MTGase 1 % KGM	7,00 ^{AB} \pm 0,01	86,80 ^{AB} \pm 1,78	6,95 ^{AB} \pm 0,01	93,97 ^{AA} \pm 0,25	7,08 ^{AB} \pm 0,02	94,38 ^{AA} \pm 0,70
Inverno						
0% MTGase 0 % KGM	6,48 ^{CB} \pm 0,00	84,60 ^{BB} \pm 1,76	6,40 ^{CB} \pm 0,01	91,34 ^{AA} \pm 0,15	6,45 ^{CB} \pm 0,01	95,47 ^{AA} \pm 0,78
0,5 %MTGase 0 % KGM	6,71 ^{BA} \pm 0,01	87,21 ^{BA} \pm 1,12	6,66 ^{BA} \pm 0,01	89,36 ^{AA} \pm 2,60	6,64 ^{BB} \pm 0,01	95,17 ^{AA} \pm 0,84
0,5 %MTGase 1 % KGM	7,50 ^{AA} \pm 0,01	92,49 ^{AA} \pm 1,50	7,24 ^{AA} \pm 0,01	92,05 ^{AA} \pm 1,07	7,18 ^{AA} \pm 0,00	95,22 ^{AA} \pm 0,68

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 7. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifatorial ANOVA para o pH e CRA (%) medidos em fiambres de dourada, robalo e corvina de acordo com os seguintes fatores: época de captura e formulações e a interação.

Parâmetros	Época de captura	Formulações	Época de captura x Formulações
Dourada			
pH	2958 ^{***}	32111 ^{***}	6104 ^{***}
CRA (%)	8,65 ^{**}	19,28 ^{***}	28,42 ^{***}
Robalo			
pH	24 ^{***}	12385 ^{***}	2963 ^{***}
CRA (%)	1,25 ^{ns}	7,20 ^{**}	1,84 ^{ns}
Corvina			
pH	2700 ^{***}	5743 ^{***}	1539 ^{***}
CRA (%)	29,2 ^{***}	1,7 ^{ns}	3,2 ^{ns}

ns: não significativo * p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001

Tabela 8. Valores de cor (L*a*b*), "chroma", "whiteness" e "hue" medidos nos fiambres de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura e diferentes formulações. Valores médios ± DP (n=4)

Espécie	Época de captura	L*	a*	b*	"chroma"	"whiteness"	"hue"
0 % MTGase e 0 % de KGM							
Dourada	Verão	78,65 ^{ba} ±0,13	5,38 ^{ab} ±0,24	7,06 ^{cb} ±0,34	8,88 ^{cb} ±0,29	76,87 ^{ba} ±0,12	52,65 ^{cb} ±1,90
	Inverno	80,97 ^{aA} ±0,85	5,97 ^{ba} ±0,08	9,32 ^{aA} ±0,07	11,07 ^{ba} ±0,10	77,98 ^{aA} ±0,70	57,37 ^{ba} ±0,20
Robalo	Verão	84,02 ^{aA} ±2,29	0,06 ^{bb} ±0,04	12,23 ^{aA} ±0,23	12,23 ^{aA} ±0,23	79,84 ^{aA} ±1,64	89,72 ^{aA} ±0,20
	Inverno	83,35 ^{aA} ±1,26	3,38 ^{aA} ±0,11	8,45 ^{bb} ±0,10	9,10 ^{cb} ±0,14	81,01 ^{aA} ±1,04	68,19 ^{ab} ±0,41
Corvina	Verão	76,27 ^{bb} ±0,50	5,53 ^{ab} ±0,07	9,94 ^{ba} ±0,06	11,37 ^{ba} ±0,07	73,79 ^{bb} ±0,42	60,90 ^{ba} ±0,26
	Inverno	81,35 ^{aA} ±2,64	6,69 ^{aA} ±0,37	9,59 ^{aA} ±0,30	11,69 ^{aA} ±0,46	79,36 ^{aA} ±3,11	55,10 ^{cb} ±0,64
0,5 % MTGase e 0 % de KGM							
Dourada	Verão	78,37 ^{aA} ±0,09	5,64 ^{aA} ±0,05	5,85 ^{bb} ±0,19	8,12 ^{bb} ±0,16	76,89 ^{ba} ±0,04	46,05 ^{bb} ±0,76
	Inverno	80,27 ^{ba} ±0,16	1,42 ^{bb} ±0,01	11,98 ^{ba} ±0,08	12,07 ^{ba} ±0,08	76,88 ^{ba} ±0,15	83,26 ^{ba} ±0,06
Robalo	Verão	80,61 ^{ab} ±0,21	5,54 ^{aA} ±0,03	5,32 ^{cb} ±0,12	7,68 ^{cb} ±0,09	79,15 ^{aA} ±0,19	43,82 ^{cb} ±0,68
	Inverno	83,98 ^{aA} ±1,78	0,22 ^{cb} ±0,06	10,59 ^{aA} ±0,20	10,59 ^{aA} ±0,20	80,77 ^{aA} ±1,37	88,80 ^{aA} ±0,33
Corvina	Verão	74,59 ^{bb} ±0,40	1,82 ^{ba} ±0,02	13,69 ^{aA} ±0,07	13,81 ^{aA} ±0,06	71,08 ^{cb} ±0,38	82,43 ^{aA} ±0,11
	Inverno	77,61 ^{ca} ±0,58	1,73 ^{ab} ±0,07	13,14 ^{ab} ±0,08	13,26 ^{ab} ±0,07	73,98 ^{ca} ±0,46	82,52 ^{ba} ±0,32
0,5 % MTGase e 1 % de KGM							
Dourada	Verão	79,23 ^{aA} ±0,09	4,66 ^{ba} ±0,04	7,54 ^{bb} ±0,11	8,86 ^{bb} ±0,07	77,42 ^{aA} ±0,07	58,30 ^{bb} ±0,58
	Inverno	78,30 ^{ba} ±0,51	1,35 ^{ab} ±0,05	13,40 ^{ba} ±0,05	13,47 ^{ba} ±0,05	74,46 ^{bb} ±0,41	84,25 ^{ba} ±0,18
Robalo	Verão	79,69 ^{ab} ±0,36	5,60 ^{aA} ±0,02	5,93 ^{cb} ±0,21	8,16 ^{cb} ±0,15	78,11 ^{aA} ±0,39	46,59 ^{cb} ±1,07
	Inverno	82,30 ^{aA} ±0,56	0,45 ^{cb} ±0,02	12,17 ^{ca} ±0,04	12,17 ^{ca} ±0,04	78,51 ^{aA} ±0,44	87,88 ^{aA} ±0,10
Corvina	Verão	75,00 ^{ba} ±0,60	1,64 ^{ca} ±0,01	14,67 ^{aA} ±0,11	14,76 ^{aA} ±0,11	70,97 ^{ba} ±0,46	83,63 ^{aA} ±0,07
	Inverno	73,52 ^{cb} ±0,14	1,27 ^{bb} ±0,03	13,67 ^{ab} ±0,04	13,72 ^{ab} ±0,04	70,18 ^{ca} ±0,11	84,68 ^{ba} ±0,12

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura.

Tabela 9. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifactorial ANOVA para os parâmetros de cor (L*a*b*) “chroma”, “whiteness” e “hue” dos fiambres de dourada, robalo e corvina obtidos com as diferentes formulações de acordo com os seguintes fatores: espécie, época de captura e a interação entre eles.

Parâmetros	Espécie	Época de captura		Espécie x Época de captura
		0 % MTGase e 0 %KGM		
L*	8,03**		9,8**	5,6*
a*	1010,6***		381,6***	92,3***
b*	192,7***		43,1***	349,2***
“chroma”	66,5***		3,39 ^{ns}	196,9***
“whiteness”	11,7***		15,4**	4,9*
“hue”	1506,8***		381,9***	397,6***
0,5 % MTGase e 0 %KGM				
L*	89,8***		53,6***	1,4 ^{ns}
a*	2455,8***		24151,1***	5920,2***
b*	3343,3***		3870,9***	1298,4***
“chroma”	2433,1***		1510,0***	631,7***
“whiteness”	212,7***		25,8***	8,2**
“hue”	3650,6***		21262,2***	5420,5***
0,5 % MTGase e 1 %KGM				
L*	436,8***		0,1 ^{ns}	45,7***
a*	5396,6***		43129,1***	9694,3***
b*	4711,7***		6918,1***	2803,1***
“chroma”	4877,2***		5182,2***	2599,2***
“whiteness”	874,1***		51,7***	40,3***
“hue”	2558,2***		12729,4***	3378,1***

ns: não significativo * p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001

Tabela 10. Valores de cor (L*a*b*), “chroma”, “whiteness” e “hue” medidos nos fiambres de dourada com polpa de duas épocas de captura e diferentes formulações. Valores médios ± DP (n=4)

Época de captura Formulação	DOURADA					
	L*	a*	b*	“chroma”	“whiteness”	“hue”
Verão						
0 %MTGase 0 % KGM	78,6 ^{ab} ± 0,1	5,4 ^{ab} ± 0,2	7,1 ^{bb} ± 0,3	8,9 ^{ab} ± 0,3	76,9 ^{ab} ± 0,1	52,7 ^{bb} ± 1,9
0,5 %MTGase 0 % KGM	78,4 ^{ab} ± 0,1	5,6 ^{aA} ± 0,0	5,9 ^{cb} ± 0,2	8,1 ^{bb} ± 0,2	76,9 ^{aA} ± 0,0	46,1 ^{cb} ± 0,8
0,5 %MTGase 1 % KGM	79,2 ^{aA} ± 0,1	4,7 ^{bA} ± 0,0	7,5 ^{ab} ± 0,1	8,9 ^{ab} ± 0,1	77,4 ^{aA} ± 0,1	58,3 ^{ab} ± 0,6
Inverno						
0 %MTGase 0 % KGM	81,0 ^{aA} ± 0,9	6,0 ^{aA} ± 0,1	9,3 ^{ca} ± 0,1	11,1 ^{ca} ± 0,1	78,0 ^{aA} ± 0,7	57,4 ^{bA} ± 0,2
0,5 %MTGase 0 % KGM	80,3 ^{aA} ± 0,2	1,4 ^{bb} ± 0,0	12,0 ^{bA} ± 0,1	12,1 ^{bA} ± 0,1	76,9 ^{bA} ± 0,1	83,3 ^{aA} ± 0,1
0,5 %MTGase 1 % KGM	78,3 ^{bA} ± 0,5	1,4 ^{bb} ± 0,0	13,4 ^{aA} ± 0,0	13,5 ^{aA} ± 0,0	74,5 ^{cb} ± 0,4	84,2 ^{aA} ± 0,2

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 11. Valores de cor (L*a*b*), “chroma”, “whiteness” e “hue” medidos nos fiambres de robalo com polpa de duas épocas de captura e diferentes formulações. Valores médios ± DP (n=4)

Época de captura Formulação	ROBALO					
	L*	a*	b*	“chroma”	“whiteness”	“hue”
Verão						
0 %MTGase 0 % KGM	84,0 ^{aA} ± 2,3	0,1 ^{bB} ± 0,0	12,2 ^{aA} ± 0,2	12,2 ^{aA} ± 0,2	79,8 ^{aA} ± 1,6	89,7 ^{aA} ± 0,2
0,5 %MTGase 0 % KGM	80,6 ^{abB} ± 0,2	5,5 ^{aA} ± 0,0	5,3 ^{cB} ± 0,1	7,7 ^{cB} ± 0,1	79,1 ^{aA} ± 0,2	43,8 ^{cB} ± 0,7
0,5 %MTGase 1 % KGM	79,7 ^{bA} ± 0,4	5,6 ^{aA} ± 0,0	5,9 ^{bB} ± 0,2	8,2 ^{bB} ± 0,2	78,1 ^{aA} ± 0,4	46,6 ^{bB} ± 1,1
Inverno						
0 %MTGase 0 % KGM	83,3 ^{aA} ± 1,3	3,4 ^{aA} ± 0,1	8,5 ^{cB} ± 0,1	9,1 ^{cB} ± 0,1	81,0 ^{aA} ± 1,0	68,2 ^{bB} ± 0,4
0,5 %MTGase 0 % KGM	84,0 ^{aA} ± 1,8	0,2 ^{cB} ± 0,1	10,6 ^{bA} ± 0,2	10,6 ^{bA} ± 0,2	80,8 ^{abA} ± 1,4	88,8 ^{aA} ± 0,3
0,5 %MTGase 1 % KGM	82,3 ^{aA} ± 0,6	0,5 ^{bB} ± 0,0	12,2 ^{aA} ± 0,0	12,2 ^{aA} ± 0,0	78,5 ^{bA} ± 0,4	87,9 ^{aA} ± 0,1

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações.
Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 12. Valores de cor (L*a*b*), “chroma”, “whiteness” e “hue” medidos nos fiambres de corvina com polpa de duas épocas de captura e diferentes formulações. Valores médios ± DP (n=4)

Época de captura Formulação	CORVINA					
	L*	a*	b*	“chroma”	“whiteness”	“hue”
Verão						
0 %MTGase 0 % KGM	76,3 ^{ab} ± 0,5	5,5 ^{ab} ± 0,1	9,9 ^{ca} ± 0,1	11,4 ^{ca} ± 0,1	73,7 ^{ab} ± 0,4	60,9 ^{ca} ± 0,3
0,5 %MTGase 0 % KGM	74,6 ^{aA} ± 0,4	1,8 ^{bA} ± 0,0	13,7 ^{bA} ± 0,1	13,8 ^{bA} ± 0,1	71,1 ^{aA} ± 0,4	82,4 ^{bA} ± 0,1
0,5 %MTGase 1 % KGM	75,0 ^{aA} ± 0,6	1,6 ^{bA} ± 0,0	14,7 ^{aA} ± 0,1	14,8 ^{aA} ± 0,1	71,0 ^{aA} ± 0,5	83,6 ^{ab} ± 0,1
Inverno						
0 %MTGase 0 % KGM	81,4 ^{aA} ± 2,6	6,7 ^{aA} ± 0,4	9,6 ^{ca} ± 0,3	11,7 ^{bA} ± 0,5	79,4 ^{aA} ± 3,1	55,1 ^{cB} ± 0,6
0,5 %MTGase 0 % KGM	77,6 ^{bA} ± 0,6	1,7 ^{bA} ± 0,1	13,1 ^{bB} ± 0,1	13,3 ^{ab} ± 0,1	74,0 ^{bA} ± 0,5	82,5 ^{bA} ± 0,3
0,5 %MTGase 1 % KGM	73,5 ^{bA} ± 0,1	1,3 ^{ca} ± 0,0	13,7 ^{ab} ± 0,0	13,7 ^{ab} ± 0,0	70,2 ^{ca} ± 0,1	84,7 ^{aA} ± 0,1

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações.
Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 13. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifatorial ANOVA para os parâmetros de cor (L* a* b*), “chroma”, “whiteness” e “hue” medidos em fiambres de dourada, robalo e corvina de acordo com a época de captura, formulações e a interação.

Parâmetros	Época de captura	Formulações	Época de captura x Formulações
Dourada			
L*	33,4***	10,3**	28,3***
a*	2281,5***	1196,7***	972,4***
b*	4071,2***	328,9***	294,6***
“chroma”	3016,3***	133,1***	127,8***
“whiteness”	15,9**	31,6***	60,6***
“hue”	3442,8***	621,7***	635,4***
Robalo			
L*	9,3**	7,2**	4,6*
a*	7875,1***	946,5***	11290,3***
b*	1355,5***	386,9***	2073,7***
“chroma”	182,1***	362,7***	1109,5***
“whiteness”	5,7*	8,3**	0,6 ^{ns}
“hue”	8721,0***	1240,4***	8723,4***
Corvina			
L*	10,9**	14,1***	8,0**
a*	9,6**	1592,8***	39,0***
b*	94,2***	1739,0***	8,8**
“chroma”	20,2***	296,1***	17,6***
“whiteness”	16,9***	30,8***	8,8**
“hue”	105,5***	12511,9***	200,8***

ns: não significativo * p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001

Tabela 14. Parâmetros de textura medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, obtidos com as formulações propostas. Valores médios ± DP (n=8)

Espécie/Época de captura	de	Deformação à rutura (mm)	Força à rutura (N)	Força de gel (N mm)	Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	Elasticidade (%)	Dureza (N)
0 % MTGase e 0 % KGM							
Dourada	Verão	4,8 ^{ba} ±0,4	0,7 ^{ca} ±0,1	3,3 ^{ca} ±0,5	1,8 ^{ca} ± 0,2	31,8 ^{ca} ±2,7	27,3 ^{ca} ±0,9
	Inverno	3,6 ^{cb} ±0,4	0,6 ^{ca} ±0,1	2,2 ^{ca} ±0,4	1,2 ^{ca} ± 0,2	27,4 ^{bb} ±4,0	28,2 ^{ca} ±0,9
Robalo	Verão	5,8 ^{aA} ±0,6	1,0 ^{ba} ±0,1	5,7 ^{ba} ±1,3	3,1 ^{bb} ± 0,6	46,4 ^{ba} ±2,3	40,1 ^{ba} ±6,9
	Inverno	4,7 ^{bb} ±0,2	1,1 ^{ba} ±0,1	5,0 ^{ba} ±0,5	5,1 ^{ba} ± 1,4	28,9 ^{bb} ±2,9	43,8 ^{ba} ±2,2
Corvina	Verão	5,6 ^{aB} ±0,5	1,5 ^{aB} ±0,1	8,6 ^{aB} ±1,4	4,8 ^{aB} ± 0,7	50,6 ^{aA} ±0,9	85,2 ^{aB} ±9,6
	Inverno	7,4 ^{aA} ±0,5	2,3 ^{aA} ±0,1	16,8 ^{aA} ±1,6	9,3 ^{aA} ± 0,8	52,5 ^{aA} ±1,1	108,7 ^{aA} ±14,9
0,5 % MTGase e 0 % KGM							
Dourada	Verão	6,0 ^{ba} ±1,4	0,5 ^{cb} ±0,0	3,0 ^{ca} ±0,7	1,8 ^{ca} ± 0,6	54,3 ^{aA} ±2,5	27,1 ^{cb} ±1,5
	Inverno	6,4 ^{ba} ±0,3	0,7 ^{ca} ±0,0	4,5 ^{ba} ±0,2	2,3 ^{ba} ± 0,2	49,4 ^{bb} ±4,1	39,6 ^{ca} ±4,4
Robalo	Verão	7,6 ^{aA} ±0,6	1,1 ^{ba} ±0,1	8,1 ^{ba} ±1,3	4,1 ^{ba} ± 0,5	55,7 ^{aA} ±0,5	59,7 ^{ba} ±6,9
	Inverno	5,0 ^{cb} ±0,6	0,9 ^{bb} ±0,1	4,4 ^{bb} ±0,8	2,3 ^{bb} ± 0,4	28,2 ^{cb} ±5,5	51,7 ^{ba} ±3,4
Corvina	Verão	7,3 ^{aB} ±0,5	1,7 ^{aB} ±0,1	12,6 ^{aB} ±2,0	6,6 ^{aB} ± 1,0	57,5 ^{aA} ±0,4	103,8 ^{aA} ±11,6
	Inverno	9,2 ^{aA} ±0,4	2,3 ^{aA} ±0,1	21,2 ^{aA} ±1,9	11,0 ^{aA} ± 1,0	57,4 ^{aA} ±1,1	95,0 ^{aA} ±7,9
0,5 % MTGase e 1 % KGM							
Dourada	Verão	6,1 ^{ba} ±0,7	0,7 ^{ca} ±0,1	4,1 ^{ca} ±0,9	2,1 ^{ca} ± 0,4	49,6 ^{ba} ±4,4	40,3 ^{bb} ±4,3
	Inverno	6,3 ^{ba} ±0,5	0,9 ^{ca} ±0,1	5,4 ^{ba} ±0,9	2,9 ^{ba} ± 0,5	48,2 ^{ba} ±2,3	51,0 ^{ca} ±3,5
Robalo	Verão	7,7 ^{aA} ±0,7	1,1 ^{ba} ±0,2	8,6 ^{ba} ±2,1	5,1 ^{ba} ± 1,4	55,7 ^{aA} ±0,8	49,2 ^{bb} ±2,1
	Inverno	5,6 ^{bb} ±0,6	1,1 ^{ba} ±0,1	6,0 ^{bb} ±1,3	3,4 ^{bb} ± 0,8	45,8 ^{bb} ±4,3	69,0 ^{ba} ±7,7
Corvina	Verão	7,5 ^{aA} ±0,4	2,2 ^{aA} ±0,1	16,8 ^{aA} ±1,7	8,7 ^{aA} ± 0,9	56,8 ^{aA} ±0,5	107,8 ^{aA} ±10,0
	Inverno	8,0 ^{aA} ±0,5	2,3 ^{aA} ±0,2	18,6 ^{aA} ±2,7	10,1 ^{aA} ± 1,4	54,7 ^{aA} ±1,6	118,3 ^{aA} ±5,7

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura

Tabela 15. Parâmetros de textura medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, obtidos com as formulações propostas. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Espécie/Época de captura		Coesividade	Gomosidade (N)	“Springiness”	Mastigabilidade	Distância à rutura (mm)	Força à rutura (N)
0 % MTGase e 0 % KGM							
Dourada	Verão	0,4 ^{aA} \pm 0,0	10,3 ^{cA} \pm 0,8	0,9 ^{aA} \pm 0,0	9,1 ^{cA} \pm 0,9	16,7 ^{aA} \pm 3,6	28,6 ^{cA} \pm 1,6
	Inverno	0,2 ^{bB} \pm 0,1	5,9 ^{cB} \pm 2,0	0,9 ^{abA} \pm 0,0	5,2 ^{cB} \pm 1,9	13,0 ^{bB} \pm 0,5	29,3 ^{cA} \pm 1,3
Robalo	Verão	0,4 ^{aA} \pm 0,0	15,1 ^{bA} \pm 3,3	0,9 ^{abB} \pm 0,0	13,0 ^{bB} \pm 2,8	15,4 ^{aA} \pm 0,5	46,5 ^{bA} \pm 5,1
	Inverno	0,4 ^{aA} \pm 0,0	18,2 ^{bA} \pm 0,6	0,9 ^{aA} \pm 0,0	16,3 ^{bA} \pm 0,7	14,5 ^{bA} \pm 0,4	53,6 ^{bA} \pm 1,6
Corvina	Verão	0,4 ^{aA} \pm 0,0	32,7 ^{aB} \pm 3,0	0,8 ^{aA} \pm 0,0	27,6 ^{aB} \pm 2,3	16,6 ^{aA} \pm 0,5	99,5 ^{aB} \pm 7,2
	Inverno	0,4 ^{aA} \pm 0,0	47,3 ^{aA} \pm 4,5	0,9 ^{aA} \pm 0,0	41,0 ^{aA} \pm 3,2	18,7 ^{aA} \pm 0,7	191,4 ^{aA} \pm 12,7
0,5 % MTGase e 0 % KGM							
Dourada	Verão	0,5 ^{aA} \pm 0,0	12,9 ^{cA} \pm 1,0	0,9 ^{aA} \pm 0,0	11,2 ^{bA} \pm 0,8	17,3 ^{bA} \pm 1,2	29,8 ^{cA} \pm 5,4
	Inverno	0,3 ^{bB} \pm 0,0	12,5 ^{cA} \pm 1,2	0,8 ^{cB} \pm 0,0	10,4 ^{bA} \pm 1,0	15,4 ^{bB} \pm 0,8	43,7 ^{bA} \pm 2,2
Robalo	Verão	0,5 ^{aA} \pm 0,0	27,8 ^{bA} \pm 2,9	0,9 ^{aA} \pm 0,0	24,6 ^{aA} \pm 2,7	19,2 ^{aA} \pm 0,6	99,3 ^{bA} \pm 10,1
	Inverno	0,3 ^{bB} \pm 0,1	16,5 ^{bB} \pm 2,7	0,9 ^{aA} \pm 0,0	12,2 ^{bB} \pm 5,4	14,2 ^{cB} \pm 0,5	52,3 ^{bB} \pm 3,8
Corvina	Verão	0,5 ^{aA} \pm 0,0	47,0 ^{aA} \pm 3,4	0,9 ^{aA} \pm 0,0	40,91 ^{aA} \pm 3,3	17,9 ^{bB} \pm 0,6	137,4 ^{aB} \pm 9,1
	Inverno	0,5 ^{aA} \pm 0,0	46,5 ^{aA} \pm 2,3	0,9 ^{aA} \pm 0,0	41,2 ^{aA} \pm 1,8	19,6 ^{aA} \pm 0,3	225,8 ^{aA} \pm 17,5
0,5 % MTGase e 1 % KGM							
Dourada	Verão	0,4 ^{bA} \pm 0,0	16,9 ^{cA} \pm 2,2	0,9 ^{bA} \pm 0,0	14,5 ^{cA} \pm 1,9	15,9 ^{bA} \pm 0,9	43,9 ^{cA} \pm 4,0
	Inverno	0,4 ^{bB} \pm 0,1	18,6 ^{cA} \pm 2,9	0,8 ^{bB} \pm 0,0	15,1 ^{cA} \pm 2,3	16,4 ^{bA} \pm 0,6	48,0 ^{cA} \pm 2,6
Robalo	Verão	0,5 ^{aA} \pm 0,0	24,9 ^{bA} \pm 1,0	0,9 ^{bA} \pm 0,0	21,3 ^{bA} \pm 0,9	20,0 ^{aA} \pm 0,2	129,8 ^{bA} \pm 7,3
	Inverno	0,3 ^{bB} \pm 0,1	23,3 ^{bA} \pm 3,5	0,8 ^{bB} \pm 0,0	19,3 ^{bA} \pm 3,2	15,3 ^{cB} \pm 0,4	71,1 ^{bB} \pm 3,7
Corvina	Verão	0,5 ^{aA} \pm 0,0	53,8 ^{aA} \pm 4,6	0,9 ^{aA} \pm 0,0	47,6 ^{aA} \pm 3,8	19,3 ^{aA} \pm 0,4	233,4 ^{aA} \pm 12,4
	Inverno	0,5 ^{aA} \pm 0,0	54,2 ^{aA} \pm 1,9	0,9 ^{aA} \pm 0,0	47,2 ^{aA} \pm 1,4	18,8 ^{aA} \pm 0,7	222,5 ^{aB} \pm 7,5

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura

Tabela 16. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifactorial ANOVA para parâmetros de textura dos fiambres de acordo com espécie, época de captura e a interação.

Parâmetros	Espécie	Época de captura	Espécie x Época de captura
0 % MTGase e 0 % KGM			
Deformação à rutura (mm)	111,0***	2,0 ^{ns}	56,0***
Força à rutura (N)	740,9***	79,9***	90,7***
Força de gel (N mm)	377,6***	47,2***	98,8***
Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	208,2***	79,7***	43,5***
Elasticidade (%)	302,4***	81,7***	61,2***
Dureza (N)	349,0***	17,0***	9,9***
Coabilidade	46,8***	5,0*	44,5***
Gomosidade	441,6***	24,5***	16,5***
“Springiness”	7,0**	8,1**	7,6**
Mastigabilidade	672,0***	46,9***	65,0***
Distância à rutura (mm)	16,4***	3,1 ^{ns}	13,9***
Força à rutura (N)	1493,8***	321,8***	251,4***
0,5 % MTGase e 0 % KGM			
Deformação à rutura (mm)	39,7***	0,1 ^{ns}	39,2***
Força à rutura (N)	861,5***	39,3***	61,4***
Força de gel (N mm)	431,1***	30,0***	86,4***
Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	444,0***	26,4***	82,1***
Elasticidade (%)	109,2***	153,9***	96,2***
Dureza (N)	390,3***	0,5 ^{ns}	12,6***
Coabilidade	37,1***	109,6***	53,6***
Gomosidade	852,7***	34,5***	27,3***
“Springiness”	12,7***	9,2**	8,7***
Mastigabilidade	39,3***	0,1 ^{ns}	8,1**
Distância à rutura (mm)	47,9***	62,4***	77,1**
Força à rutura (N)	975,0***	44,2***	199,7***
0,5 % MTGase e 1 % KGM			
Deformação à rutura (mm)	30,4***	7,0***	24,5***
Força à rutura (N)	526,7***	3,1 ^{ns}	2,9 ^{ns}
Força de gel (N mm)	251,8***	0,1 ^{ns}	8,0**
Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	220,9***	0,2 ^{ns}	11,8***
Elasticidade (%)	26,2***	31,6***	11,5***
Dureza (N)	533,6,8***	58,7***	3,0 ^{ns}
Coabilidade	27,1***	79,5***	16,6***
Gomosidade	713,1***	0,0 ^{ns}	1,4 ^{ns}
“Springiness”	49,1***	50,8***	4,7*
Mastigabilidade	791,3***	0,6 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Distância à rutura (mm)	94,6***	77,5***	73,0***
Força à rutura (N)	2747,8***	110,3***	80,9***

ns: não significativo * p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001

Tabela 17. Parâmetros de textura medidos nos fiambres das espécies, épocas do ano e formulações propostas. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura/Formulação	Deformação à rutura (mm)	Força à rutura (N)	Força de gel (N mm)	Trabalho à rutura ($\times 10^{-3}$ J)	Elasticidade (%)	Dureza (N)	
DOURADA							
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	4,8 ^{ba} \pm 0,4	0,7 ^{aA} \pm 0,1	3,3 ^{abA} \pm 0,5	1,8 ^{aA} \pm 0,2	31,8 ^{baA} \pm 2,7	27,3 ^{baA} \pm 0,9
	0,5 % MTGase 0 % KGM	6,0 ^{aA} \pm 1,4	0,5 ^{bb} \pm 0,0	3,0 ^{bb} \pm 0,7	1,8 ^{aA} \pm 0,6	54,3 ^{aA} \pm 2,5	27,1 ^{bb} \pm 1,5
	0,5 % MTGase 1 % KGM	6,1 ^{aA} \pm 0,7	0,7 ^{bb} \pm 0,1	4,1 ^{ab} \pm 0,9	2,1 ^{ab} \pm 0,4	49,6 ^{aA} \pm 4,4	40,3 ^{ab} \pm 4,3
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	3,6 ^{bb} \pm 0,4	0,6 ^{ca} \pm 0,1	2,2 ^{bb} \pm 0,4	1,2 ^{cb} \pm 0,2	27,4 ^{baA} \pm 4,0	28,2 ^{ca} \pm 0,9
	0,5 % MTGase 0 % KGM	6,4 ^{aA} \pm 0,3	0,7 ^{ba} \pm 0,0	4,5 ^{aA} \pm 0,2	2,3 ^{ba} \pm 0,2	49,4 ^{aA} \pm 4,1	39,6 ^{baA} \pm 4,4
	0,5 % MTGase 1 % KGM	6,3 ^{aA} \pm 0,5	0,9 ^{aA} \pm 0,1	5,4 ^{aA} \pm 0,9	2,9 ^{aA} \pm 0,5	48,2 ^{aA} \pm 2,3	51,0 ^{aA} \pm 3,5
ROBALO							
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	5,8 ^{ba} \pm 0,6	1,0 ^{aA} \pm 0,1	5,7 ^{ba} \pm 1,3	3,1 ^{bb} \pm 0,6	46,4 ^{baA} \pm 2,3	40,1 ^{ca} \pm 6,9
	0,5 % MTGase 0 % KGM	7,6 ^{aA} \pm 0,6	1,1 ^{aA} \pm 0,1	8,1 ^{aA} \pm 1,3	4,1 ^{abA} \pm 0,5	55,7 ^{aA} \pm 0,5	59,7 ^{aA} \pm 6,9
	0,5 % MTGase 1 % KGM	7,7 ^{aA} \pm 0,7	1,1 ^{aA} \pm 0,2	8,6 ^{aA} \pm 2,1	5,1 ^{aA} \pm 1,4	55,7 ^{aA} \pm 0,8	49,2 ^{bb} \pm 2,1
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	4,7 ^{ba} \pm 0,2	1,1 ^{aA} \pm 0,1	5,0 ^{aA} \pm 0,5	5,1 ^{aA} \pm 1,4	28,9 ^{baA} \pm 2,9	43,8 ^{baA} \pm 2,2
	0,5 % MTGase 0 % KGM	5,0 ^{ab} \pm 0,6	0,9 ^{bb} \pm 0,1	4,4 ^{ab} \pm 0,8	2,3 ^{bb} \pm 0,4	28,2 ^{bb} \pm 5,5	51,7 ^{baA} \pm 3,4
	0,5 % MTGase 1 % KGM	5,6 ^{ab} \pm 0,6	1,1 ^{aA} \pm 0,1	6,0 ^{ab} \pm 1,3	3,4 ^{bb} \pm 0,8	45,8 ^{ab} \pm 4,3	69,0 ^{aA} \pm 7,7
CORVINA							
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	5,6 ^{bb} \pm 0,5	1,5 ^{bb} \pm 0,1	8,6 ^{cb} \pm 1,4	4,8 ^{cb} \pm 0,7	50,6 ^{bb} \pm 0,9	85,2 ^{bb} \pm 9,6
	0,5 % MTGase 0 % KGM	7,3 ^{ab} \pm 0,5	1,7 ^{bb} \pm 0,1	12,6 ^{bb} \pm 2,0	6,6 ^{bb} \pm 1,0	57,5 ^{aA} \pm 0,4	103,8 ^{aA} \pm 11,6
	0,5 % MTGase 1 % KGM	7,5 ^{aA} \pm 0,4	2,2 ^{aA} \pm 0,1	16,8 ^{aA} \pm 1,7	8,7 ^{aA} \pm 0,9	56,8 ^{aA} \pm 0,5	107,8 ^{aA} \pm 10,0
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	7,4 ^{baA} \pm 0,5	2,3 ^{aA} \pm 0,1	16,8 ^{baA} \pm 1,6	9,3 ^{ba} \pm 0,8	52,5 ^{ca} \pm 1,1	108,7 ^{abA} \pm 14,9
	0,5 % MTGase 0 % KGM	9,2 ^{aA} \pm 0,4	2,3 ^{aA} \pm 0,1	21,2 ^{aA} \pm 1,9	11,0 ^{aA} \pm 1,0	57,4 ^{aA} \pm 1,1	95,0 ^{baA} \pm 7,9
	0,5 % MTGase 1 % KGM	8,0 ^{baA} \pm 0,5	2,3 ^{aA} \pm 0,2	18,6 ^{abA} \pm 2,7	10,1 ^{abA} \pm 1,4	54,7 ^{bb} \pm 1,6	118,3 ^{aA} \pm 5,7

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 18. Parâmetros de textura medidos nos fiambres das espécies, épocas do ano e formulações propostas. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura/Formulação	Coabilidade	Gomosidade (N)	"Springiness"	Mastigabilidade	Distância à rutura (mm)	Força à rutura (N)	
DOURADA							
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	0,4 ^{ba} \pm 0,0	10,3 ^{ba} \pm 0,8	0,9 ^{aA} \pm 0,0	9,1 ^{ba} \pm 0,8	16,7 ^{aA} \pm 3,6	28,6 ^{ba} \pm 1,6
	0,5 % MTGase 0 % KGM	0,5 ^{aA} \pm 0,0	12,9 ^{ba} \pm 1,0	0,9 ^{abA} \pm 0,0	11,2 ^{ba} \pm 0,8	17,3 ^{aA} \pm 1,2	29,8 ^{bb} \pm 5,4
	0,5 % MTGase 1 % KGM	0,4 ^{abA} \pm 0,0	16,9 ^{aA} \pm 2,2	0,9 ^{ba} \pm 0,0	14,5 ^{aA} \pm 1,9	15,9 ^{aA} \pm 0,9	43,9 ^{aA} \pm 4,0
	0 % MTGase 0 % KGM	0,2 ^{bb} \pm 0,1	5,9 ^{cb} \pm 2,0	0,9 ^{aA} \pm 0,0	5,2 ^{cb} \pm 1,8	13,0 ^{bb} \pm 0,5	29,3 ^{ba} \pm 1,3
Inverno	0,5 % MTGase 0 % KGM	0,3 ^{ab} \pm 0,0	12,5 ^{ba} \pm 1,2	0,8 ^{bb} \pm 0,0	10,4 ^{ba} \pm 1,0	15,4 ^{abA} \pm 0,8	43,7 ^{aA} \pm 2,2
	0,5 % MTGase 1 % KGM	0,4 ^{aA} \pm 0,1	18,6 ^{aA} \pm 2,8	0,8 ^{bb} \pm 0,0	15,1 ^{aA} \pm 2,3	16,4 ^{aA} \pm 0,6	48,0 ^{aA} \pm 2,6
	ROBALO						
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	0,4 ^{ba} \pm 0,0	15,1 ^{ba} \pm 3,3	0,9 ^{abb} \pm 0,0	13,0 ^{ba} \pm 2,8	15,4 ^{ca} \pm 0,5	46,5 ^{ca} \pm 5,1
	0,5 % MTGase 0 % KGM	0,5 ^{aA} \pm 0,0	27,8 ^{aA} \pm 2,9	0,9 ^{aA} \pm 0,0	24,6 ^{aA} \pm 2,7	19,2 ^{ba} \pm 0,6	99,3 ^{ba} \pm 10,1
	0,5 % MTGase 1 % KGM	0,5 ^{aA} \pm 0,0	24,9 ^{aA} \pm 1,0	0,9 ^{ba} \pm 0,0	21,3 ^{aA} \pm 0,9	20,0 ^{aA} \pm 0,2	129,8 ^{aA} \pm 7,3
	0 % MTGase 0 % KGM	0,4 ^{aA} \pm 0,0	18,2 ^{ba} \pm 0,6	0,9 ^{aA} \pm 0,0	16,3 ^{abA} \pm 0,7	14,5 ^{bb} \pm 0,4	53,6 ^{ba} \pm 1,6
Inverno	0,5 % MTGase 0 % KGM	0,3 ^{bb} \pm 0,0	16,5 ^{bb} \pm 2,7	0,9 ^{ba} \pm 0,0	12,2 ^{bb} \pm 5,4	14,2 ^{bb} \pm 0,5	52,3 ^{bb} \pm 3,8
	0,5 % MTGase 1 % KGM	0,3 ^{bb} \pm 0,1	23,3 ^{aA} \pm 3,5	0,8 ^{ba} \pm 0,0	19,3 ^{aA} \pm 3,2	15,3 ^{ab} \pm 0,4	71,1 ^{ab} \pm 3,7
	CORVINA						
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	0,4 ^{cb} \pm 0,0	32,7 ^{cb} \pm 3,0	0,8 ^{bb} \pm 0,0	27,6 ^{bb} \pm 2,3	16,6 ^{cb} \pm 0,5	99,5 ^{cb} \pm 7,2
	0,5 % MTGase 0 % KGM	0,5 ^{bb} \pm 0,0	47,0 ^{ba} \pm 3,4	0,9 ^{aA} \pm 0,0	40,91 ^{ba} \pm 3,3	17,9 ^{bb} \pm 0,6	137,4 ^{bb} \pm 9,1
	0,5 % MTGase 1 % KGM	0,5 ^{aA} \pm 0,0	53,7 ^{aA} \pm 4,5	0,9 ^{aA} \pm 0,0	47,6 ^{aA} \pm 3,8	19,3 ^{aA} \pm 0,4	233,4 ^{aA} \pm 12,4
	0 % MTGase 0 % KGM	0,4 ^{ba} \pm 0,0	47,3 ^{ba} \pm 4,5	0,9 ^{aA} \pm 0,0	41,0 ^{aA} \pm 3,2	18,7 ^{aA} \pm 0,7	191,4 ^{ba} \pm 12,7
Inverno	0,5 % MTGase 0 % KGM	0,5 ^{aA} \pm 0,0	46,5 ^{ba} \pm 2,3	0,9 ^{aA} \pm 0,0	41,2 ^{aA} \pm 1,8	19,6 ^{aA} \pm 0,3	225,8 ^{aA} \pm 17,5
	0,5 % MTGase 1 % KGM	0,5 ^{abb} \pm 0,0	54,2 ^{aA} \pm 1,9	0,9 ^{aA} \pm 0,0	47,2 ^{aA} \pm 1,4	18,8 ^{aA} \pm 0,7	222,5 ^{aA} \pm 7,5

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações.

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 19. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifactorial ANOVA para os parâmetros de textura dos fiambres de dourada, robalo e corvina de acordo com a época de captura, formulações e a interação.

Parâmetros de textura	Época de captura	Formulações	Época de captura x Formulações
DOURADA			
Deformação à rutura (mm)	0,9 ^{ns}	43,1 ^{***}	5,8 ^{**}
Força à rutura (N)	27,9 ^{***}	24,8 ^{***}	26,0 ^{***}
Força de gel (N.mm)	8,9 ^{**}	38,8 ^{***}	20,4 ^{***}
Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	4,1 [*]	26,9 ^{***}	13,9 ^{***}
Elasticidade (%)	12,9 ^{***}	199,1 ^{***}	1,2 ^{ns}
Dureza (N)	85,0 ^{***}	147,6 ^{***}	17,1 ^{***}
Coesividade	117,5 ^{***}	33,4 ^{***}	9,7 ^{***}
Gomosidade	3,7 ^{ns}	110,3 ^{***}	11,4 ^{***}
“Springiness”	30,1 ^{***}	22,2 ^{***}	2,6 ^{ns}
Mastigabilidade	8,9 ^{**}	93,6 ^{***}	8,8 ^{***}
Distância à rutura (mm)	12,6 ^{***}	3,7 [*]	6,2 ^{**}
Força à rutura (N)	44,0 ^{***}	110,7 ^{***}	17,2 ^{***}
ROBALO			
Deformação à rutura (mm)	128,1 ^{***}	24,7 ^{***}	7,2 ^{**}
Força à rutura (N)	3,3 ^{ns}	4,4 [*]	4,9 [*]
Força de gel (N.mm)	38,7 ^{***}	8,7 ^{***}	5,2 ^{**}
Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	3,4 ^{ns}	5,8 ^{**}	22,4 ^{***}
Elasticidade (%)	147,5 ^{***}	29,2 ^{***}	8,6 ^{***}
Dureza (N)	10,8 ^{**}	45,1 ^{***}	26,6 ^{***}
Coesividade	77,0 ^{***}	3,7 [*]	40,8 ^{***}
Gomosidade	19,6 ^{***}	36,0 ^{***}	32,3 ^{***}
“Springiness”	0,9 ^{ns}	17,3 ^{***}	16,2 ^{***}
Mastigabilidade	17,6 ^{***}	14,3 ^{***}	27,5 ^{***}
Distância à rutura (mm)	611,9 ^{***}	120,2 ^{***}	83,0 ^{***}
Força à rutura (N)	363,5 ^{***}	288,1 ^{***}	140,7 ^{***}
CORVINA			
Deformação à rutura (mm)	114,1 ^{***}	62,5 ^{***}	11,2 ^{***}
Força à rutura (N)	135,2 ^{***}	29,3 ^{***}	25,7 ^{***}
Força de gel (N.mm)	125,2 ^{***}	30,6 ^{***}	15,6 ^{***}
Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	141,6 ^{***}	25,1 ^{***}	13,0 ^{***}
Elasticidade (%)	0,1 ^{ns}	142,0 ^{***}	16,5 ^{***}
Dureza (N)	7,8 ^{**}	11,3 ^{***}	9,8 ^{***}
Coesividade	6,3 [*]	44,5 ^{***}	19,8 ^{***}
Gomosidade	23,6 ^{***}	64,2 ^{***}	23,5 ^{***}
“Springiness”	5,4 [*]	18,2 ^{***}	11,5 ^{***}
Mastigabilidade	11,0 ^{**}	12,1 ^{***}	3,2 ^{ns}
Distância à rutura (mm)	42,7 ^{***}	25,3 ^{***}	24,7 ^{***}
Força à rutura (N)	285,0 ^{***}	208,7 ^{***}	103,1 ^{***}

ns: não significativo; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tabela 20. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0 % MTGase e 0 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Cor	Aroma				Textura			
			Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência	Coesividade	
Dourada	Verão	3,2 ^{aA} \pm 0,8	3,5 \pm 2,0	1,1 \pm 1,4	1,0 \pm 2,0	2,2 ^{bA} \pm 0,7	4,3 \pm 1,9	8,5 \pm 2,0	4,6 \pm 2,2	
	Inverno	3,6 ^{bA} \pm 1,1	4,2 \pm 1,6	2,2 \pm 1,7	1,1 \pm 1,5	3,0 ^{bA} \pm 1,5	4,9 \pm 1,6	7,5 \pm 2,0	5,3 \pm 2,9	
Robalo	Verão	1,5 ^{bA} \pm 0,4	2,3 \pm 1,1	2,3 \pm 3,0	1,5 \pm 3,0	2,7 ^{bA} \pm 0,9	5,1 \pm 1,9	7,5 \pm 1,7	6,2 \pm 2,1	
	Inverno	1,9 ^{bA} \pm 0,8	2,8 \pm 1,0	2,5 \pm 3,0	1,7 \pm 2,9	2,8 ^{bA} \pm 1,1	4,9 \pm 2,1	7,3 \pm 2,0	5,1 \pm 2,6	
Corvina	Verão	4,7 ^{aA} \pm 1,4	4,6 \pm 2,3	1,8 \pm 2,0	0,9 \pm 1,7	4,2 ^{aB} \pm 0,9	6,1 \pm 2,0	7,4 \pm 1,8	7,2 \pm 1,8	
	Inverno	5,4 ^{aA} \pm 1,8	4,2 \pm 2,2	2,6 \pm 2,5	1,7 \pm 2,5	5,9 ^{aA} \pm 1,7	7,1 \pm 1,8	6,4 \pm 2,1	7,8 \pm 1,7	

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 21. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0 % MTGase e 0 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Sabor						
		Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
Dourada	Verão	4,1 \pm 2,5	1,0 \pm 0,9	1,1 \pm 1,6	0,4 \pm 0,7	4,4 \pm 1,1	2,4 \pm 2,6	0,3 \pm 0,7
	Inverno	3,7 \pm 2,6	1,7 \pm 2,1	1,1 \pm 1,5	0,9 \pm 1,1	3,3 \pm 2,1	3,8 \pm 2,3	1,5 \pm 1,8
Robalo	Verão	3,7 \pm 2,4	3,0 \pm 2,9	0,8 \pm 1,5	0,9 \pm 1,6	3,4 \pm 2,2	2,3 \pm 2,9	1,3 \pm 2,8
	Inverno	2,8 \pm 2,2	2,1 \pm 2,5	1,2 \pm 1,9	1,9 \pm 2,5	2,6 \pm 1,0	3,9 \pm 2,8	2,8 \pm 3,1
Corvina	Verão	3,3 \pm 2,2	2,5 \pm 2,3	1,2 \pm 1,8	1,3 \pm 2,1	3,9 \pm 2,9	2,9 \pm 2,2	0,7 \pm 1,0
	Inverno	2,8 \pm 2,6	2,7 \pm 3,0	1,3 \pm 2,4	1,3 \pm 1,7	3,4 \pm 1,8	3,1 \pm 2,7	1,5 \pm 2,6

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 22. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0 % MTGase e 0 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Sensação residual			Apreciação global
		Salgado	Adstringência	Ácido	
Dourada	Verão	3,1 \pm 3,0	1,3 \pm 2,9	1,3 \pm 2,0	6,8 \pm 1,7
	Inverno	2,6 \pm 2,5	1,3 \pm 1,7	1,2 \pm 1,8	6,3 \pm 2,5
Robalo	Verão	2,1 \pm 2,0	2,0 \pm 2,6	1,0 \pm 1,8	5,3 \pm 2,3
	Inverno	2,1 \pm 2,0	1,0 \pm 1,3	1,0 \pm 1,5	5,1 \pm 2,4
Corvina	Verão	2,3 \pm 2,1	1,6 \pm 1,6	1,1 \pm 2,1	6,7 \pm 1,7
	Inverno	2,1 \pm 1,5	1,2 \pm 1,5	1,2 \pm 2,1	7,8 \pm 2,5

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 23. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0,5 % MTGase e 0 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Cor	Aroma				Textura			
			Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência	Coesividade	
Dourada	Verão	2,2 ^{ba} \pm 1,4	4,2 \pm 2,4	1,8 \pm 1,5	1,7 \pm 1,8	2,6 ^{ba} \pm 1,7	4,4 \pm 2,0	6,9 \pm 2,4	5,1 \pm 2,6	
	Inverno	3,3 ^{abA} \pm 1,4	2,1 \pm 1,4	2,3 \pm 2,3	1,8 \pm 2,5	2,7 ^{ba} \pm 1,4	4,5 \pm 2,8	8,0 \pm 1,1	4,9 \pm 2,1	
Robalo	Verão	1,4 ^{ba} \pm 0,8	4,6 \pm 2,1	2,8 \pm 2,6	1,3 \pm 1,8	2,6 ^{ba} \pm 1,3	5,9 \pm 2,0	6,7 \pm 2,6	5,5 \pm 2,5	
	Inverno	1,7 ^{ba} \pm 0,7	2,1 \pm 1,6	2,2 \pm 2,1	1,2 \pm 1,6	2,8 ^{ba} \pm 2,1	4,6 \pm 2,2	7,8 \pm 1,6	5,1 \pm 2,1	
Corvina	Verão	4,4 ^{aA} \pm 1,4	3,3 \pm 2,4	2,6 \pm 2,9	1,6 \pm 2,6	5,5 ^{aA} \pm 1,6	6,5 \pm 2,0	7,2 \pm 1,6	7,6 \pm 1,9	
	Inverno	5,1 ^{aA} \pm 2,0	2,9 \pm 1,8	2,2 \pm 2,4	2,1 \pm 2,9	6,4 ^{aA} \pm 1,4	5,9 \pm 2,7	6,0 \pm 2,6	7,3 \pm 2,0	

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 24. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0,5 % MTGase e 0 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Sabor						
		Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
Dourada	Verão	5,5 \pm 2,1	2,4 \pm 2,4	1,8 \pm 1,9	2,0 \pm 1,7	4,0 ^{aA} \pm 1,6	3,4 \pm 2,4	2,9 \pm 2,9
	Inverno	3,1 \pm 2,1	2,5 \pm 2,4	1,4 \pm 2,0	0,9 \pm 0,9	2,9 ^{aA} \pm 2,0	2,3 \pm 2,0	2,0 \pm 2,5
Robalo	Verão	5,3 \pm 2,1	2,5 \pm 2,2	1,7 \pm 1,9	1,9 \pm 1,8	4,7 ^{aA} \pm 1,5	3,6 \pm 2,1	2,8 \pm 3,2
	Inverno	2,7 \pm 2,0	2,3 \pm 2,3	1,5 \pm 2,0	1,2 \pm 1,7	2,3 ^{ab} \pm 1,2	2,6 \pm 2,7	1,1 \pm 1,6
Corvina	Verão	4,3 \pm 2,4	2,6 \pm 2,5	1,3 \pm 2,3	1,1 \pm 2,2	3,0 ^{aA} \pm 2,0	3,4 \pm 3,1	1,7 \pm 3,2
	Inverno	3,3 \pm 2,6	1,9 \pm 2,1	1,2 \pm 1,5	1,6 \pm 2,7	3,3 ^{aA} \pm 1,6	3,0 \pm 3,1	1,6 \pm 2,7

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 25. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0,5 % MTGase e 0 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Sensação residual			Apreciação global
		Salgado	Adstringência	Ácido	
Dourada	Verão	3,9 \pm 2,6	2,7 \pm 2,3	1,6 \pm 1,5	6,0 \pm 2,2
	Inverno	2,0 \pm 1,5	1,6 \pm 1,4	0,7 \pm 0,9	5,7 \pm 2,1
Robalo	Verão	3,6 \pm 2,2	2,7 \pm 2,3	1,4 \pm 1,6	7,4 \pm 1,1
	Inverno	2,4 \pm 2,5	1,2 \pm 1,4	1,1 \pm 1,9	5,0 \pm 1,9
Corvina	Verão	2,7 \pm 2,1	1,9 \pm 2,8	1,2 \pm 2,6	5,4 \pm 1,8
	Inverno	2,24 \pm 2,4	1,4 \pm 1,3	0,6 \pm 0,8	5,9 \pm 2,2

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 26. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0,5 % MTGase e 1 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Cor	Aroma			Textura			
			Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência	Coesividade
Dourada	Verão	3,2 \pm 2,0	4,4 \pm 2,0	2,9 \pm 2,5	1,5 \pm 1,8	2,5 ^{ba} \pm 0,5	5,1 \pm 2,5	5,9 \pm 2,5	5,1 ^{ba} \pm 2,3
	Inverno	3,7 \pm 1,2	3,1 \pm 2,2	2,9 \pm 2,8	1,3 \pm 2,5	3,4 ^{ba} \pm 1,9	6,0 \pm 3,1	7,6 \pm 1,2	6,1 ^{ba} \pm 2,1
Robalo	Verão	3,3 \pm 2,1	4,4 \pm 2,1	2,7 \pm 2,2	2,4 \pm 2,9	3,4 ^{ba} \pm 1,9	6,4 \pm 1,8	6,0 \pm 2,8	6,0 ^{ba} \pm 2,3
	Inverno	2,6 \pm 0,9	3,6 \pm 2,4	2,8 \pm 3,1	1,6 \pm 2,8	3,1 ^{ba} \pm 1,5	5,3 \pm 2,0	7,2 \pm 1,6	5,7 ^{ba} \pm 2,1
Corvina	Verão	4,5 \pm 1,8	3,6 \pm 2,4	2,6 \pm 2,8	1,5 \pm 2,7	6,6 ^{ba} \pm 1,7	6,4 \pm 2,5	6,3 \pm 2,3	8,0 ^{ba} \pm 1,9
	Inverno	4,3 \pm 1,7	3,7 \pm 2,0	2,3 \pm 2,6	0,8 \pm 1,2	6,7 ^{ba} \pm 2,1	6,7 \pm 3,3	4,9 \pm 2,5	8,5 ^{ba} \pm 1,6

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura.

Tabela 27. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0,5 % MTGase e 1 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Sabor						
		Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
Dourada	Verão	4,8 \pm 2,0	2,3 \pm 2,1	1,4 \pm 1,5	1,5 \pm 1,1	3,7 \pm 1,5	3,2 \pm 2,1	1,2 \pm 1,0
	Inverno	3,9 \pm 2,6	2,1 \pm 2,7	1,0 \pm 1,1	0,8 \pm 1,3	3,4 \pm 1,7	2,1 \pm 2,2	0,8 \pm 1,0
Robalo	Verão	5,0 \pm 2,1	2,2 \pm 2,2	1,3 \pm 1,5	1,4 \pm 1,1	3,5 \pm 1,6	3,1 \pm 2,3	1,0 \pm 0,9
	Inverno	3,0 \pm 2,4	1,8 \pm 1,7	1,1 \pm 1,0	1,2 \pm 2,3	2,7 \pm 1,7	2,6 \pm 2,8	1,3 \pm 2,0
Corvina	Verão	4,3 \pm 2,8	3,0 \pm 3,0	0,9 \pm 1,9	1,0 \pm 1,9	3,0 \pm 2,3	3,3 \pm 3,1	1,8 \pm 2,9
	Inverno	2,2 \pm 1,8	2,5 \pm 2,9	1,0 \pm 1,2	0,9 \pm 1,6	4,2 \pm 2,8	1,8 \pm 1,9	1,2 \pm 1,9

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura

Tabela 28. Parâmetros de análise sensorial medidos em fiambre de dourada, robalo e corvina, com polpa de duas épocas de captura, realizados com a formulação 0,5 % MTGase e 1 % Konjac. Valores médios \pm DP ($n=9$)

Espécie	Época de captura	Sensação residual			Apreciação global
		Salgado	Adstringência	Ácido	
Dourada	Verão	4,5 \pm 2,2	2,3 \pm 2,0	1,4 \pm 1,4	5,4 \pm 1,9
	Inverno	2,4 \pm 2,7	1,2 \pm 1,7	0,5 \pm 0,8	6,6 \pm 1,2
Robalo	Verão	4,5 \pm 2,4	2,0 \pm 1,8	1,7 \pm 1,7	5,9 \pm 2,1
	Inverno	1,9 \pm 2,7	0,8 \pm 1,3	0,5 \pm 0,8	5,5 \pm 2,0
Corvina	Verão	2,2 \pm 2,5	2,0 \pm 3,1	1,2 \pm 2,4	5,4 \pm 1,8
	Inverno	1,1 \pm 1,1	1,1 \pm 1,5	0,5 \pm 1,0	6,6 \pm 2,3

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre época de captura

Tabela 29. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifatorial ANOVA para os parâmetros de análise sensorial dos fiambres de acordo com a espécie, época de captura e a interação.

	Parâmetros de análise sensorial	Espécie	Época de captura	Espécie x Época de captura
0 % MTGase e 0 % KGM	Cor	39,7***	2,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Aroma fiambre	4,9*	0,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}
	Aroma peixe	0,4 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Aroma desagradável	0,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Textura - dureza	24,6***	7,0*	2,2 ^{ns}
	Textura - elasticidade	5,4**	0,7 ^{ns}	0,5 ^{ns}
	Textura - succulência	1,3 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,3 ^{ns}
	Textura - coesividade	6,1**	0,0 ^{ns}	1,0 ^{ns}
	Sabor salgado	0,6 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Sabor doce	1,3 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,5 ^{ns}
	Sabor ácido	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}
	Sabor amargo	0,9 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}
	Sabor fiambre	0,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Sabor peixe	0,0 ^{ns}	2,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}
	Sabor desagradável	1,4 ^{ns}	3,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Sensação residual salgado	0,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}
	Sensação residual adstringência	0,0 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Sensação residual ácido	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	
Apreciação global	4,2*	0,0 ^{ns}	0,6 ^{ns}	
0,5 % MTGase e 0 % KGM	Cor	26,3***	4,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}
	Aroma fiambre	0,1 ^{ns}	8,7*	1,5 ^{ns}
	Aroma peixe	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}
	Aroma desagradável	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Textura - dureza	25,3***	1,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}
	Textura - elasticidade	2,9 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}
	Textura - succulência	0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}
	Textura - coesividade	7,0**	0,2 ^{ns}	0,0 ^{ns}
	Sabor salgado	0,2 ^{ns}	10,5**	0,6 ^{ns}
	Sabor doce	0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Sabor ácido	0,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,0 ^{ns}
	Sabor amargo	0,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,8 ^{ns}
	Sabor fiambre	0,2 ^{ns}	5,3*	3,0 ^{ns}
	Sabor peixe	0,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Sabor desagradável	0,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}
	Sensação residual salgado	0,3 ^{ns}	3,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}
	Sensação residual adstringência	0,3 ^{ns}	3,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Sensação residual ácido	0,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}	
Apreciação global	0,4 ^{ns}	1,9 ^{ns}	2,6 ^{ns}	
0,5 % MTGase e 1 % KGM	Cor	4,0*	0,1 ^{ns}	0,7 ^{ns}
	Aroma fiambre	0,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}
	Aroma peixe	0,2 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}
	Aroma desagradável	0,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Textura - dureza	27,3***	0,2 ^{ns}	0,6 ^{ns}
	Textura - elasticidade	0,7 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,7 ^{ns}
	Textura - succulência	1,5 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,7 ^{ns}
	Textura - coesividade	9,6***	0,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}
	Sabor salgado	1,1 ^{ns}	7,0*	0,3 ^{ns}
	Sabor doce	0,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,0 ^{ns}
	Sabor ácido	0,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}
	Sabor amargo	0,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}
	Sabor fiambre	0,4 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1,4 ^{ns}
	Sabor peixe	0,1 ^{ns}	2,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}
	Sabor desagradável	0,0 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,2 ^{ns}
	Sensação residual salgado	4,1*	11,8**	0,7 ^{ns}
	Sensação residual adstringência	0,2 ^{ns}	5,3*	0,1 ^{ns}
Sensação residual ácido	0,1 ^{ns}	5,7*	0,2 ^{ns}	
Apreciação global	0,1 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,0 ^{ns}	

ns: não significativo; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tabela 30. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de dourada, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura	Formulação	Cor		Aroma			Textura		
				Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	3,2 \pm 0,8	3,4 \pm 2,0	1,1 \pm 1,4	1,0 \pm 2,0	2,2 \pm 0,7	4,3 \pm 1,9	8,5 \pm 2,0	4,6 \pm 2,2
	0,5 % MTGase 0 % KGM	2,0 \pm 1,4	4,2 \pm 2,4	1,8 \pm 1,6	1,7 \pm 1,8	2,4 \pm 1,8	4,5 \pm 2,0	6,8 \pm 2,5	5,6 \pm 2,3
	0,5 % MTGase 1 % KGM	3,1 \pm 2,1	4,4 \pm 2,0	2,5 \pm 2,3	1,5 \pm 1,8	2,5 \pm 0,5	5,5 \pm 2,3	6,4 \pm 2,3	5,2 \pm 2,4
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	3,6 \pm 1,1	4,2 \pm 1,6	2,2 \pm 1,7	1,1 \pm 1,4	3,0 \pm 1,5	4,9 \pm 1,6	7,5 \pm 2,0	5,3 \pm 2,9
	0,5 % MTGase 0 % KGM	3,3 \pm 1,4	2,1 \pm 1,4	2,3 \pm 2,3	1,8 \pm 2,5	2,7 \pm 1,4	4,5 \pm 2,8	8,0 \pm 1,1	4,9 \pm 2,1
	0,5 % MTGase 1 % KGM	3,7 \pm 1,2	3,1 \pm 2,2	2,9 \pm 2,8	1,3 \pm 2,5	3,4 \pm 1,9	6,0 \pm 3,1	7,6 \pm 1,2	6,1 \pm 2,1

Tabela 31. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de dourada, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura	Formulação	Sabor						
		Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	4,1 \pm 2,5	1,0 \pm 0,9	1,1 \pm 1,6	0,4 \pm 0,7	4,4 \pm 1,1	2,4 \pm 2,6	0,3 \pm 0,7
	0,5 % MTGase 0 % KGM	5,5 \pm 2,1	2,7 \pm 2,4	2,0 \pm 1,9	2,0 \pm 1,8	4,2 \pm 1,6	3,1 \pm 2,2	2,2 \pm 2,0
	0,5 % MTGase 1 % KGM	4,8 \pm 2,0	2,3 \pm 2,1	1,4 \pm 1,5	1,5 \pm 1,1	3,7 \pm 1,5	3,2 \pm 2,1	2,2 \pm 2,5
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	3,7 \pm 2,6	1,7 \pm 2,1	1,1 \pm 1,5	0,9 \pm 1,1	3,3 \pm 2,1	3,8 \pm 2,3	1,5 \pm 1,8
	0,5 % MTGase 0 % KGM	3,1 \pm 2,1	2,5 \pm 2,4	1,4 \pm 2,0	0,9 \pm 0,9	2,9 \pm 2,0	2,3 \pm 2,0	2,0 \pm 2,5
	0,5 % MTGase 1 % KGM	3,9 \pm 2,6	2,1 \pm 2,7	1,0 \pm 1,1	0,8 \pm 1,3	3,4 \pm 1,7	2,1 \pm 2,2	0,8 \pm 1,0

Tabela 32. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de dourada, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura	Formulação	Sensação residual			Apreciação global
		Salgado	Adstringência	Ácido	
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	3,1 \pm 3,0	1,3 \pm 2,9	1,3 \pm 2,0	6,8 \pm 1,7
	0,5 % MTGase 0 % KGM	3,7 \pm 2,5	2,3 \pm 2,3	1,4 \pm 1,4	6,0 \pm 2,2
	0,5 % MTGase 1 % KGM	4,5 \pm 2,2	2,3 \pm 2,0	1,4 \pm 1,4	5,4 \pm 1,9
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	2,6 \pm 2,5	1,3 \pm 1,7	1,2 \pm 1,8	6,4 \pm 2,5
	0,5 % MTGase 0 % KGM	2,0 \pm 1,5	1,6 \pm 1,4	0,7 \pm 0,9	5,7 \pm 2,1
	0,5 % MTGase 1 % KGM	2,4 \pm 2,7	1,2 \pm 1,7	0,5 \pm 0,8	6,6 \pm 1,2

Tabela 33. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de robalo, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura	Formulação	Cor		Aroma			Textura		
			Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência	Coesividade
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	1,5 ^{ba} \pm 0,4	2,3 \pm 1,1	2,3 \pm 3,0	1,5 \pm 3,0	2,7 \pm 0,9	5,1 \pm 1,9	7,5 \pm 1,7	6,2 \pm 2,1
	0,5 % MTGase 0 % KGM	1,4 ^{ba} \pm 0,8	4,6 \pm 2,1	2,8 \pm 2,6	1,3 \pm 1,8	2,6 \pm 1,3	5,9 \pm 2,0	6,7 \pm 2,6	5,5 \pm 2,5
	0,5 % MTGase 1 % KGM	3,3 ^{aA} \pm 2,1	4,4 \pm 2,1	2,7 \pm 2,2	2,4 \pm 2,9	3,4 \pm 1,9	6,4 \pm 1,8	6,0 \pm 2,8	6,0 \pm 2,3
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	1,9 ^{aA} \pm 0,8	2,8 \pm 1,0	2,5 \pm 3,0	1,7 \pm 2,9	2,8 \pm 1,1	4,9 \pm 2,1	7,3 \pm 2,0	5,1 \pm 2,6
	0,5 % MTGase 0 % KGM	1,7 ^{aA} \pm 0,7	2,1 \pm 1,6	2,2 \pm 2,1	1,2 \pm 1,6	2,8 \pm 2,1	4,6 \pm 2,2	7,8 \pm 1,6	5,1 \pm 2,1
	0,5 % MTGase 1 % KGM	2,6 ^{aA} \pm 0,9	3,6 \pm 2,4	2,8 \pm 3,1	1,6 \pm 2,8	3,1 \pm 1,5	5,3 \pm 2,0	7,2 \pm 1,6	5,7 \pm 2,1

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 34. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de robalo, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura	Formulação	Sabor						
		Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	3,7 \pm 2,4	3,0 \pm 2,9	0,8 \pm 1,5	0,9 \pm 1,6	3,4 ^{aA} \pm 2,2	2,3 \pm 2,9	1,3 \pm 2,8
	0,5 % MTGase 0 % KGM	5,3 \pm 2,1	2,5 \pm 2,2	1,7 \pm 1,9	1,9 \pm 1,8	4,7 ^{aA} \pm 1,5	3,6 \pm 2,1	2,8 \pm 3,2
	0,5 % MTGase 1 % KGM	5,0 \pm 2,1	2,2 \pm 2,2	1,3 \pm 1,5	1,4 \pm 1,1	3,5 ^{aA} \pm 1,6	3,1 \pm 2,3	1,8 \pm 2,3
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	2,8 \pm 2,2	2,1 \pm 2,5	1,2 \pm 1,9	1,9 \pm 2,5	2,6 ^{aA} \pm 1,0	3,9 \pm 2,8	2,8 \pm 3,1
	0,5 % MTGase 0 % KGM	2,7 \pm 2,0	2,3 \pm 2,3	1,5 \pm 2,0	1,2 \pm 1,7	2,3 ^{aB} \pm 1,2	2,6 \pm 2,7	1,1 \pm 1,6
	0,5 % MTGase 1 % KGM	3,0 \pm 2,4	1,8 \pm 1,7	1,1 \pm 1,0	1,2 \pm 2,3	2,7 ^{aA} \pm 1,7	2,6 \pm 2,8	1,3 \pm 2,0

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 35. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de robalo, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Época de captura	Formulação	Sensação residual			Apreciação global
		Salgado	Adstringência	Ácido	
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	2,1 \pm 2,0	2,0 \pm 2,6	1,0 \pm 1,8	5,3 \pm 2,3
	0,5 % MTGase 0 % KGM	3,1 \pm 1,7	2,2 \pm 2,1	1,0 \pm 1,0	7,4 \pm 1,1
	0,5 % MTGase 1 % KGM	4,5 \pm 2,4	2,0 \pm 1,8	1,7 \pm 1,7	5,9 \pm 2,1
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	2,1 \pm 2,0	1,0 \pm 1,3	1,0 \pm 1,5	5,1 \pm 2,4
	0,5 % MTGase 0 % KGM	2,4 \pm 2,5	1,2 \pm 1,4	1,1 \pm 1,9	5,0 \pm 1,9
	0,5 % MTGase 1 % KGM	1,9 \pm 2,7	0,8 \pm 1,3	0,5 \pm 0,8	5,5 \pm 2,0

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas de captura.

Tabela 36. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de corvina, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8, 9, 11$)

Época de captura	Formulação	Cor		Aroma			Textura		
				Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	4,7 \pm 1,4	4,6 \pm 2,3	1,8 \pm 2,0	0,9 \pm 1,7	4,2 ^{ba} \pm 0,9	6,1 \pm 2,0	7,4 \pm 1,8	7,2 \pm 1,8
	0,5 % MTGase 0 % KGM	4,4 \pm 1,4	3,3 \pm 2,4	2,6 \pm 2,9	1,6 \pm 2,6	5,2 ^{abA} \pm 1,6	6,5 \pm 2,0	7,2 \pm 1,6	7,6 \pm 1,9
	0,5 % MTGase 1 % KGM	4,5 \pm 1,8	3,6 \pm 2,4	2,6 \pm 2,8	1,5 \pm 2,7	6,6 ^{aA} \pm 1,7	6,4 \pm 2,5	6,3 \pm 2,3	8,0 \pm 1,9
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	5,4 \pm 1,8	4,2 \pm 2,2	2,6 \pm 2,5	1,7 \pm 2,5	5,9 ^{aA} \pm 1,7	7,1 \pm 1,8	6,4 \pm 2,1	7,8 \pm 1,7
	0,5 % MTGase 0 % KGM	5,1 \pm 2,0	2,9 \pm 1,8	2,2 \pm 2,4	2,1 \pm 2,9	6,4 ^{aA} \pm 1,4	5,9 \pm 2,7	6,0 \pm 2,6	7,3 \pm 2,0
	0,5 % MTGase 1 % KGM	4,3 \pm 1,7	3,7 \pm 2,0	2,3 \pm 2,6	0,8 \pm 1,2	6,7 ^{aA} \pm 2,1	6,7 \pm 3,3	4,9 \pm 2,5	8,5 \pm 1,6

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura.

Tabela 37. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de corvina, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8, 9, 11$)

Época de captura	Formulação	Sabor						
		Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	3,3 \pm 2,2	2,6 \pm 2,4	1,2 \pm 1,9	1,3 \pm 2,2	3,6 \pm 2,9	2,7 \pm 2,3	0,6 \pm 0,9
	0,5 % MTGase 0 % KGM	4,3 \pm 2,4	2,6 \pm 2,5	1,3 \pm 2,3	1,1 \pm 2,2	3,0 \pm 2,0	3,4 \pm 3,1	1,7 \pm 3,2
	0,5 % MTGase 1 % KGM	4,3 \pm 2,8	3,0 \pm 3,0	0,9 \pm 1,9	1,0 \pm 1,9	3,0 \pm 2,3	3,3 \pm 3,1	1,8 \pm 2,9
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	2,8 \pm 2,6	2,7 \pm 3,0	1,3 \pm 2,4	1,3 \pm 1,7	3,4 \pm 1,8	3,1 \pm 2,7	1,5 \pm 2,6
	0,5 % MTGase 0 % KGM	3,3 \pm 2,6	1,9 \pm 2,1	1,2 \pm 1,5	1,6 \pm 2,7	3,3 \pm 1,6	3,0 \pm 3,1	1,6 \pm 2,7
	0,5 % MTGase 1 % KGM	2,2 \pm 1,9	2,5 \pm 2,9	1,0 \pm 1,2	0,9 \pm 1,6	4,2 \pm 2,8	1,8 \pm 2,0	1,2 \pm 1,9

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura.

Tabela 38. Parâmetros da análise sensorial medidos em fiambre de corvina, com polpa de duas épocas de captura e de 3 diferentes formulações. Valores médios \pm DP ($n=8, 9, 11$)

Época de captura	Formulação	Sensação residual			Apreciação global
		Salgado	Adstringência	Ácido	
Verão	0 % MTGase 0 % KGM	2,3 \pm 2,1	1,6 \pm 1,6	1,1 \pm 2,1	6,7 \pm 1,7
	0,5 % MTGase 0 % KGM	2,7 \pm 2,1	1,9 \pm 2,8	1,2 \pm 2,6	5,4 \pm 1,8
	0,5 % MTGase 1 % KGM	2,2 \pm 2,5	2,0 \pm 3,1	1,2 \pm 2,4	5,4 \pm 1,8
Inverno	0 % MTGase 0 % KGM	2,1 \pm 1,5	1,2 \pm 1,5	1,2 \pm 2,1	7,8 \pm 2,5
	0,5 % MTGase 0 % KGM	2,2 \pm 2,4	1,4 \pm 1,3	0,6 \pm 0,8	5,9 \pm 2,2
	0,5 % MTGase 1 % KGM	1,1 \pm 1,1	1,1 \pm 1,5	0,5 \pm 1,0	6,6 \pm 2,3

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as formulações. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre épocas de captura.

Tabela 39. Valores *F* e níveis de significância obtidos na multifatorial ANOVA para os parâmetros de análise sensorial dos fiambres de acordo com a época de captura, formulações e a interação.

	Parâmetros de análise sensorial	Época de captura	Formulações	Época de captura x Formulações
Fiambre de dourada	Cor	2,8633 ^{ns}	1,4988 ^{ns}	0,3132 ^{ns}
	Aroma fiambre	2,2998 ^{ns}	0,5840 ^{ns}	2,0467 ^{ns}
	Aroma peixe	0,7425 ^{ns}	1,5397 ^{ns}	0,2170 ^{ns}
	Aroma desagradável	0,0003 ^{ns}	0,4785 ^{ns}	0,0307 ^{ns}
	Dureza	2,4879 ^{ns}	0,3946 ^{ns}	0,3601 ^{ns}
	Textura - elasticidade	0,6871 ^{ns}	1,1677 ^{ns}	0,1087 ^{ns}
	Textura - suculência	1,1646 ^{ns}	1,6099 ^{ns}	2,2392 ^{ns}
	Textura - coesividade	0,5290 ^{ns}	0,4360 ^{ns}	0,3139 ^{ns}
	Sabor salgado	3,6276 ^{ns}	0,1420 ^{ns}	0,8246 ^{ns}
	Sabor doce	0,1126 ^{ns}	1,1184 ^{ns}	0,1910 ^{ns}
	Sabor ácido	0,3186 ^{ns}	0,5307 ^{ns}	0,0903 ^{ns}
	Sabor amargo	1,6286 ^{ns}	2,1610 ^{ns}	1,9988 ^{ns}
	Sabor fiambre	3,0899 ^{ns}	0,2002 ^{ns}	0,2581 ^{ns}
	Sabor peixe	0,1622 ^{ns}	0,1498 ^{ns}	1,7308 ^{ns}
	Sabor desagradável	0,3993 ^{ns}	2,3010 ^{ns}	1,7060 ^{ns}
	Sensação residual salgado	5,2681*	0,4364 ^{ns}	0,7031 ^{ns}
	Sensação residual adstringência	2,1389 ^{ns}	0,7793 ^{ns}	0,5841 ^{ns}
	Sensação residual ácido	2,6631 ^{ns}	0,1335 ^{ns}	0,5334 ^{ns}
Apreciação global	0,0644 ^{ns}	0,5988 ^{ns}	0,9076 ^{ns}	
Fiambre de robalo	Cor	0,001 ^{ns}	9,064***	1,726 ^{ns}
	Aroma fiambre	3,512 ^{ns}	2,860 ^{ns}	3,001 ^{ns}
	Aroma peixe	0,013 ^{ns}	0,074 ^{ns}	0,137 ^{ns}
	Aroma desagradável	0,142 ^{ns}	0,423 ^{ns}	0,177 ^{ns}
	Dureza	0,000 ^{ns}	0,769 ^{ns}	0,139 ^{ns}
	Textura - elasticidade	2,679 ^{ns}	0,994 ^{ns}	0,381 ^{ns}
	Textura - suculência	1,598 ^{ns}	0,717 ^{ns}	0,617 ^{ns}
	Textura - coesividade	0,883 ^{ns}	0,289 ^{ns}	0,194 ^{ns}
	Sabor salgado	9,002**	0,701 ^{ns}	0,599 ^{ns}
	Sabor doce	0,689 ^{ns}	0,271 ^{ns}	0,086 ^{ns}
	Sabor ácido	0,000 ^{ns}	0,650 ^{ns}	0,189 ^{ns}
	Sabor amargo	0,025 ^{ns}	0,108 ^{ns}	1,042 ^{ns}
	Sabor fiambre	8,704**	0,373 ^{ns}	1,370 ^{ns}
	Sabor peixe	0,000 ^{ns}	0,046 ^{ns}	1,190 ^{ns}
	Sabor desagradável	0,131 ^{ns}	0,182 ^{ns}	1,752 ^{ns}
	Sensação residual salgado	4,613*	1,546 ^{ns}	1,710 ^{ns}
	Sensação residual adstringência	6,760*	0,380 ^{ns}	0,057 ^{ns}
	Sensação residual ácido	1,213 ^{ns}	0,135 ^{ns}	0,799 ^{ns}
Apreciação global	3,094 ^{ns}	1,036 ^{ns}	1,473 ^{ns}	
Fiambre de corvina	Cor	0,782 ^{ns}	0,648 ^{ns}	0,512 ^{ns}
	Aroma fiambre	0,117 ^{ns}	1,620 ^{ns}	0,104 ^{ns}
	Aroma peixe	0,000 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,338 ^{ns}
	Aroma desagradável	0,097 ^{ns}	0,439 ^{ns}	0,587 ^{ns}
	Dureza	4,613*	5,516*	1,393 ^{ns}
	Textura - elasticidade	0,120 ^{ns}	0,123 ^{ns}	0,469 ^{ns}
	Textura - suculência	4,287*	1,879 ^{ns}	0,061 ^{ns}
	Textura - coesividade	0,395 ^{ns}	1,204 ^{ns}	0,332 ^{ns}
	Sabor salgado	3,314 ^{ns}	0,471 ^{ns}	0,548 ^{ns}
	Sabor doce	0,207 ^{ns}	0,223 ^{ns}	0,131 ^{ns}
	Sabor ácido	0,001 ^{ns}	0,137 ^{ns}	0,033 ^{ns}
	Sabor amargo	0,030 ^{ns}	0,209 ^{ns}	0,100 ^{ns}
	Sabor fiambre	0,380 ^{ns}	0,244 ^{ns}	0,684 ^{ns}
	Sabor peixe	0,698 ^{ns}	0,282 ^{ns}	0,482 ^{ns}
	Sabor desagradável	0,005 ^{ns}	0,260 ^{ns}	0,401 ^{ns}
	Sensação residual salgado	1,257 ^{ns}	0,842 ^{ns}	0,246 ^{ns}
	Sensação residual adstringência	1,116 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,072 ^{ns}
	Sensação residual ácido	0,547 ^{ns}	0,108 ^{ns}	0,156 ^{ns}
Apreciação global	2,955 ^{ns}	3,244*	0,174 ^{ns}	

ns: não significativo

* p<0,05

** p<0,01

*** p<0,001

Tabela 40. Composição química, pH, CRA, parâmetros da cor e da textura do fiambre de perna extra de porco. Valores médios \pm DP ($n=3$)

Composição química aproximada (%)		Média \pm DP
Humidade		73,5 \pm 0,0
Cinza		3,5 \pm 0,0
Gordura		1,5 \pm 0,2
Proteína		11,3 \pm 0,2
pH		6,1 \pm 0,05
CRA (%)		94,2 \pm 3,12
Cor		
	L*	65,8 \pm 0,1
	a*	13,8 \pm 0,1
	b*	9,2 \pm 0,0
	“chroma”	16,6 \pm 0,1
	“hue”	33,7 \pm 0,1
	“whiteness”	62,0 \pm 0,1
Textura		
	Deformação à rutura (mm)	8,1 \pm 2,5
	Força à rutura (N)	5,7 \pm 2,2
	Força de gel (N.mm)	48,5 \pm 26,6
	Elasticidade	36,7 \pm 3,4
	Dureza (N)	60,9 \pm 8,2
	Coabilidade	0,6 \pm 0,0
	Gomosidade (N)	39,1 \pm 3,6
	“Springiness”	0,9 \pm 0,0
	Mastigabilidade	37,2 \pm 3,7
	Distância à rutura (mm)	20,1 \pm 0,0
	Força à rutura (N)	144,5 \pm 16,1

APÊNDICE 4

TABELAS DE APOIO AOS RESULTADOS DO 2º OBJETIVO

Tabela 1. Valores de pH e CRA medidos nos fiambres obtidos com as formulações propostas. Valores médios \pm DP ($n=4$)

Fiambre/Formulação	pH	CRA (%)
1 % KGM	7,2 ^{a1} \pm 0,0	95,2 ^{b12} \pm 0,7
1 % Fibrulose e 0 % Pisane	6,6 ^{bC2} \pm 0,0	97,0 ^{aA12} \pm 0,5
1 % Fibrulose e 0,5 % Pisane	6,6 ^{B2} \pm 0,0	97,3 ^{A1} \pm 0,2
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	6,6 ^{A2} \pm 0,0	96,9 ^{A12} \pm 0,4
Fiambre da perna extra de porco	6,1 ³ \pm 0,0	94,2 ² \pm 3,1

Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas nos fiambres com 1 % de Fibrulose e diferentes adições de Pisane. Números indicam diferenças significativas entre os fiambres das diferentes formulações em estudo no 2º objetivo, incluindo o fiambre de perna extra de porco.

Tabela 2. Parâmetros de cor medidos nos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo. Valores médios \pm DP ($n=4$)

Fiambre/ Formulação	Parâmetros de cor					
	L*	a*	b*	Chroma	Hue	whiteness
1 % KGM	73,5 ^{a1} \pm 0,1	1,3 ^{b1} \pm 0,0	13,7 ^{a1} \pm 0,0	13,7 ^{a2} \pm 0,0	84,7 ^{a1} \pm 0,1	70,2 ^{b1} \pm 0,1
1 % Fibrulose 0 % Pisane	72,6 ^{bA2} \pm 0,2	5,2 ^{aA2} \pm 0,0	9,2 ^{bC4} \pm 0,0	10,6 ^{bC5} \pm 0,0	60,5 ^{bB3} \pm 0,1	70,6 ^{aA1} \pm 0,2
1 % Fibrulose 0,5 % Pisane	72,8 ^{A2} \pm 0,3	4,7 ^{C4} \pm 0,0	10,2 ^{B3} \pm 0,1	11,2 ^{B4} \pm 0,1	65,5 ^{A2} \pm 0,2	70,6 ^{A1} \pm 0,3
1 % Fibrulose 1 % Pisane	72,6 ^{A2} \pm 0,3	4,8 ^{B3} \pm 0,0	10,6 ^{A2} \pm 0,1	11,6 ^{A3} \pm 0,1	65,5 ^{A2} \pm 0,1	70,2 ^{A1} \pm 0,2
Fiambre da perna extra de porco	65,8 ³ \pm 0,1	13,8 ¹ \pm 0,1	9,2 ⁴ \pm 0,0	16,6 ¹ \pm 0,1	33,7 ⁴ \pm 0,1	62,0 ² \pm 0,1

Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas nos fiambres com 1 % de Fibrulose e diferentes adições de Pisane. Números indicam diferenças significativas entre os fiambres das diferentes formulações em estudo no 2º objetivo, incluindo o fiambre de perna extra de porco.

Tabela 3. Parâmetros de textura medidos nos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Fiambres/Formulações	Deformação à rutura (mm)	Força à rutura (N)	Força de gel (N.mm)	Trabalho à rutura ($\times 10^{-3}$ J)
1 % KGM	8,0 ^{b1} \pm 0,5	2,3 ^{b2} \pm 0,2	18,6 ^{b2} \pm 2,7	10,1 ^{b2} \pm 1,4
1 % Fibrulose	9,4 ^{aA1} \pm 0,4	3,0 ^{aA2} \pm 0,2	28,1 ^{aA2} \pm 2,6	14,3 ^{aA2} \pm 1,8
1 % Fibrulose e 0,5 % Pisane	9,1 ^{AB1} \pm 0,2	2,6 ^{B2} \pm 0,1	23,9 ^{B2} \pm 1,5	12,9 ^{AB2} \pm 1,4
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	8,9 ^{B1} \pm 0,5	2,5 ^{B2} \pm 0,2	22,2 ^{B2} \pm 1,9	11,4 ^{B2} \pm 0,9
Fiambre da perna extra de porco	8,1 ¹ \pm 2,5	5,1 ¹ \pm 1,0	48,5 ¹ \pm 26,6	25,4 ¹ \pm 14,5

Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas nos fiambres com 1 % de Fibrulose e diferentes adições de Pisane. Números indicam diferenças significativas entre os fiambres das diferentes formulações em estudo no 2º objetivo, incluindo o fiambre de perna extra de porco.

Tabela 4. Parâmetros de textura medidos nos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Fiambres/Formulações	Elasticidade (%)	Dureza (N)	Coabilidade	Gomosidade (N)
1 % KGM	54,7 ^{b1} \pm 1,6	118,3 ^{a1} \pm 5,7	0,5 ^{b3} \pm 0,0	54,2 ^{a1} \pm 1,9
1 % Fibrulose	56,3 ^{aA1} \pm 0,3	101,1 ^{bA2} \pm 5,2	0,5 ^{aB2} \pm 0,0	51,4 ^{bA1} \pm 2,1
1 % Fibrulose e 0,5 % Pisane	56,1 ^{A1} \pm 0,2	88,6 ^{B3} \pm 4,8	0,5 ^{A2} \pm 0,0	47,1 ^{B2} \pm 1,9
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	55,5 ^{B1} \pm 0,5	89,1 ^{B3} \pm 6,0	0,5 ^{A2} \pm 0,0	46,8 ^{B2} \pm 2,5
Fiambre da perna extra de porco	37,0 ² \pm 3,0	60,9 ⁴ \pm 8,2	0,6 ¹ \pm 0,0	39,1 ³ \pm 3,6

Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas nos fiambres com 1 % de Fibrulose e diferentes adições de Pisane. Números indicam diferenças significativas entre os fiambres das diferentes formulações em estudo no 2º objetivo, incluindo o fiambre de perna extra de porco.

Tabela 5. Parâmetros de textura medidos nos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Fiambres/Formulações	“Springiness”	Mastigabilidade	Distância à rutura (mm)	Força à rutura (N)
1 % KGM	0,9 ^{a2} \pm 0,0	47,2 ^{a1} \pm 1,4	18,8 ^{b2} \pm 0,7	222,5 ^{a1} \pm 7,5
1 % Fibrulose	0,9 ^{aA2} \pm 0,0	45,1 ^{bA1} \pm 1,8	19,8 ^{aA1} \pm 0,1	238,1 ^{aA1} \pm 28,3
1 % Fibrulose e 0,5 % Pisane	0,9 ^{A2} \pm 0,0	41,1 ^{B2} \pm 2,0	19,8 ^{A1} \pm 0,1	221,5 ^{A1} \pm 11,3
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	1,0 ^{A2} \pm 0,0	41,0 ^{B2} \pm 2,4	19,8 ^{A1} \pm 0,0	220,5 ^{A1} \pm 7,8
Fiambre da perna extra de porco	0,9 ¹ \pm 0,0	37,2 ³ \pm 3,6	20,1 ¹ \pm 0,0	144,5 ² \pm 16,1

Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas nos fiambres com 1 % de Fibrulose e diferentes adições de Pisane. Números indicam diferenças significativas entre os fiambres das diferentes formulações em estudo no 2º objetivo, incluindo o fiambre de perna extra de porco.

Tabela 6. Parâmetros da avaliação sensorial realizada aos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Formulação	Cor	Aroma			Textura			
		Fiambre	Peixe	Desagradável	Dureza	Elasticidade	Suculência	Coabilidade
1 % KGM	4,3 ^a \pm 1,7	3,7 \pm 2,0	2,3 \pm 2,6	0,8 \pm 1,2	6,7 ^a \pm 2,1	6,7 \pm 3,3	4,9 \pm 2,5	8,5 \pm 1,6
1 % Fibrulose	2,7 ^b \pm 1,4	4,8 \pm 2,8	2,9 \pm 2,2	3,2 \pm 3,8	3,2 ^b \pm 1,6	5,7 \pm 3,2	6,7 \pm 1,7	7,8 \pm 2,0
1 % Fibrulose e 0,5% Pisane	2,3 \pm 0,7	5,3 \pm 2,9	1,8 \pm 1,7	3,0 \pm 3,4	3,6 \pm 1,3	5,3 \pm 3,5	6,8 \pm 1,5	7,8 \pm 2,0
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	2,7 \pm 1,4	4,4 \pm 2,4	2,9 \pm 2,4	2,3 \pm 2,6	3,1 \pm 1,2	5,2 \pm 3,4	6,1 \pm 2,2	7,1 \pm 2,7

Letra minúscula diferente indica diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose

Tabela 7. Parâmetros da avaliação sensorial realizada aos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo, Valores médios \pm DP ($n=8$)

Formulação	Sabor						
	Salgado	Doce	Ácido	Amargo	Fiambre	Peixe	Desagradável
1 % KGM	2,2 \pm 1,8	2,5 \pm 2,9	1,0 \pm 1,2	0,9 \pm 1,6	4,2 \pm 2,8	1,8 \pm 1,9	1,2 \pm 1,9
1 % Fibrulose	3,6 \pm 2,0	1,6 \pm 1,2	0,9 \pm 0,8	0,9 \pm 0,8	3,8 \pm 2,3	3,5 \pm 2,4	2,1 \pm 2,3
1 % Fibrulose e 0,5% Pisane	3,4 \pm 2,2	1,7 \pm 1,3	0,8 \pm 0,7	1,4 \pm 2,4	4,2 \pm 2,4	3,5 \pm 2,4	1,6 \pm 2,2
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	2,8 \pm 2,2	2,0 \pm 1,8	0,7 \pm 0,6	1,1 \pm 1,4	3,7 \pm 2,6	3,0 \pm 2,4	1,5 \pm 1,8

Letra minúscula diferente indica diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose

Tabela 8. Parâmetros da avaliação sensorial realizada aos fiambres de corvina capturada no inverno das diferentes formulações em estudo, Valores médios \pm DP ($n=8$)

Formulação	Sensação residual			Apreciação global
	Salgado	Adstringência	Ácido	
1 % KGM	1,1 ^b \pm 1,1	1,1 \pm 1,5	0,5 \pm 1,0	6,6 \pm 2,3
1 % Fibrulose	3,5 ^a \pm 2,3	1,9 \pm 0,9	1,0 \pm 0,7	5,5 \pm 2,1
1 % Fibrulose e 0,5% Pisane	3,2 \pm 2,2	1,6 \pm 0,7	1,0 \pm 0,7	5,8 \pm 1,9
1 % Fibrulose e 1 % Pisane	3,1 \pm 2,4	1,8 \pm 1,0	1,0 \pm 0,6	5,1 \pm 2,3

Letra minúscula diferente indica diferenças significativas entre o fiambre com 1 % de KGM e o fiambre com 1 % Fibrulose

Tabela 9. Valores *F* e níveis de significância obtidos nas diferentes comparações entre os parâmetros medidos nos fiambres com as diferentes formulações.

Parâmetros analisados		One-way ANOVA		
		Substituição de KGM por Fibrulose	Efeito da adição de Pisane em fiambres com 1 % de fibrulose	Todos os fiambres
pH		39629***	41***	1342***
CRA (%)		17**	1 ^{ns}	4*
Cor	L*	51***	1 ^{ns}	6683*
	a*	39796***	260***	46027***
	b*	36329***	274***	2411***
	Chroma	15453***	145***	3285***
	Hue	97586***	17383*	68339***
	Whiteness	11*	3 ^{ns}	1066***
Textura	Deformação à rutura (mm)	40***	5*	2 ^{ns}
	Força à rutura (N)	53***	23***	46***
	Força de gel (N.mm)	52***	18***	7***
	Trabalho à rutura (x 10 ⁻³ J)	28***	9**	7***
	Elasticidade (%)	9*	9**	203***
	Dureza (N)	40***	14***	94***
	Coabilidade	53***	6**	112***
	Gomosidade (N)	8*	11***	42***
	“Springiness”	2 ^{ns}	0 ^{ns}	59***
	Mastigabilidade	7*	10***	22***
	Distância à rutura (mm)	15**	0 ^{ns}	17***
	Força à rutura (N)	2 ^{ns}	2 ^{ns}	38***
	Análise sensorial	Aspeto - cor	5*	0 ^{ns}
Aroma a fiambre		0,9 ^{ns}	0 ^{ns}	
Aroma a peixe		0,3 ^{ns}	1 ^{ns}	
Aroma desagradável		3 ^{ns}	0 ^{ns}	
Dureza		15**	0 ^{ns}	
Elasticidade		0 ^{ns}	0 ^{ns}	
Suculência		3 ^{ns}	0 ^{ns}	
Coabilidade		1 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor salgado		2 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor doce		1 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor ácido		0 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor amargo		0 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor a fiambre		0 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor a peixe		3 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sabor desagradável		1 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sensação residual a salgado		8*	0 ^{ns}	
Sensação residual adstringente		2 ^{ns}	0 ^{ns}	
Sensação residual ácida		2 ^{ns}	0 ^{ns}	
Apreciação global		1 ^{ns}	0 ^{ns}	

ns: não significativo; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

APÊNDICE 5

TABELAS DE APOIO AOS RESULTADOS DO 3º OBJETIVO

Tabela 1. Valores de CRA e de cor medidos nos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação. Valores médios \pm DP ($n=4$)

Tratamentos			CRA	Cor						
				L*	a*	b*	"chroma"	"whiteness"	"hue"	ΔE^*
Pasteurização	110 min	82 °C	97,3 ^{ab} \pm 1,1	68,6 ^a \pm 0,1	4,5 ^a \pm 0,0	9,2 ^b \pm 0,0	10,3 ^{bc} \pm 0,0	67,0 ^a \pm 0,1	64,1 ⁱ \pm 0,0	---
200 MPa	10 min	10 °C	97,2 ^{ab} \pm 0,9	62,5 ^g \pm 0,4	3,1 ^c \pm 0,0	10,2 ^a \pm 0,2	10,6 ^{ab} \pm 0,2	61,0 ^f \pm 0,4	72,9 ^b \pm 0,2	6,4 ^b \pm 0,4
		30 °C	97,6 ^a \pm 0,6	61,9 ^h \pm 0,1	3,3 ^b \pm 0,1	10,3 ^a \pm 0,1	10,8 ^a \pm 0,1	60,4 ^g \pm 0,1	72,2 ^{cde} \pm 0,2	6,9 ^a \pm 0,1
	20 min	10 °C	97,2 ^{ab} \pm 0,3	61,7 ^h \pm 0,1	3,4 ^b \pm 0,1	9,6 ^b \pm 0,3	10,2 ^c \pm 0,3	60,4 ^g \pm 0,1	70,7 ^h \pm 0,3	7,0 ^a \pm 0,1
		30 °C	97,3 ^{ab} \pm 0,6	62,4 ^g \pm 0,2	3,2 ^c \pm 0,0	10,1 ^a \pm 0,0	10,5 ^{ab} \pm 0,0	60,9 ^f \pm 0,2	72,5 ^{bcd} \pm 0,2	6,4 ^b \pm 0,2
350 MPa	10 min	10 °C	97,1 ^{ab} \pm 0,7	64,5 ^{ef} \pm 0,1	2,6 ^{fg} \pm 0,0	8,1 ^{de} \pm 0,1	8,5 ^{ef} \pm 0,1	63,5 ^e \pm 0,1	71,9 ^{def} \pm 0,3	4,7 ^{cd} \pm 0,1
		30 °C	96,4 ^{ab} \pm 1,3	64,8 ^e \pm 0,1	2,8 ^e \pm 0,0	8,6 ^c \pm 0,1	9,0 ^d \pm 0,1	63,6 ^e \pm 0,1	71,8 ^{ef} \pm 0,1	4,3 ^e \pm 0,1
	20 min	10 °C	96,0 ^{ab} \pm 0,1	64,1 ^f \pm 0,0	3,0 ^d \pm 0,0	7,8 ^{ef} \pm 0,1	8,3 ^{fg} \pm 0,1	63,2 ^e \pm 0,1	69,2 ⁱ \pm 0,1	5,0 ^c \pm 0,0
		30 °C	95,9 ^{ab} \pm 1,1	64,6 ^{ef} \pm 0,1	2,9 ^{de} \pm 0,1	8,4 ^{cd} \pm 0,1	8,8 ^{de} \pm 0,1	63,5 ^e \pm 0,1	71,2 ^{gh} \pm 0,2	4,5 ^{de} \pm 0,1
500 MPa	10 min	10 °C	96,8 ^{ab} \pm 0,9	66,2 ^d \pm 0,1	2,7 ^f \pm 0,1	7,6 ^f \pm 0,0	8,0 ^{gh} \pm 0,0	65,3 ^d \pm 0,1	70,7 ^h \pm 0,3	3,5 ^f \pm 0,0
		30 °C	94,6 ^{ab} \pm 2,3	67,5 ^b \pm 0,1	2,3 ^{jl} \pm 0,0	8,0 ^{de} \pm 0,1	8,4 ^{fg} \pm 0,1	66,4 ^b \pm 0,1	73,8 ^a \pm 0,1	2,7 ^g \pm 0,1
	20 min	10 °C	96,3 ^{ab} \pm 0,5	66,6 ^{cd} \pm 0,2	2,5 ^{gi} \pm 0,0	7,5 ^f \pm 0,1	7,9 ^h \pm 0,1	65,7 ^{cd} \pm 0,2	71,3 ^{fg} \pm 0,3	3,3 ^f \pm 0,1
		30 °C	94,3 ^b \pm 1,6	66,9 ^c \pm 0,1	2,4 ^{ij} \pm 0,0	7,8 ^{ef} \pm 0,1	8,2 ^{fgh} \pm 0,1	65,9 ^c \pm 0,1	72,6 ^{bc} \pm 0,1	3,1 ^{fg} \pm 0,0

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 2. Valores de textura medidos nos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Tratamentos			Textura				
			Deformação à rutura (mm)	Força à rutura (N)	Força de gel (N mm)	Trabalho à rutura ($\times 10^{-3}$ J)	Elasticidade (%)
Pasteurização	110 min	82 °C	8,7 ^e \pm 0,5	2,0 ^{bc} \pm 0,1	17,5 ^{ef} \pm 1,5	7,7 ^{def} \pm 0,5	65,2 ^c \pm 0,7
200 MPa	10 min	10 °C	14,2 ^a \pm 0,8	1,0 ^e \pm 0,1	13,6 ^f \pm 2,1	5,4 ^g \pm 0,9	48,5 ^g \pm 1,0
		30 °C	13,2 ^{ab} \pm 0,6	2,2 ^{ab} \pm 0,1	29,2 ^{ab} \pm 2,8	11,6 ^{ab} \pm 1,2	58,1 ^e \pm 0,2
	20 min	10 °C	12,1 ^{bc} \pm 0,2	1,2 ^e \pm 0,0	14,2 ^f \pm 0,6	6,1 ^{fg} \pm 0,6	53,4 ^f \pm 2,8
		30 °C	13,4 ^{ab} \pm 1,0	2,4 ^a \pm 0,2	31,6 ^a \pm 4,2	12,3 ^a \pm 1,5	62,1 ^d \pm 0,6
350 MPa	10 min	10 °C	12,1 ^{bc} \pm 0,5	1,7 ^{cd} \pm 0,0	20,5 ^{cde} \pm 0,8	7,7 ^{def} \pm 0,3	69,8 ^b \pm 0,5
		30 °C	11,0 ^{cd} \pm 0,3	2,3 ^{ab} \pm 0,1	25,1 ^{bc} \pm 0,9	9,9 ^{bc} \pm 0,5	73,4 ^a \pm 0,3
	20 min	10 °C	10,7 ^{cd} \pm 0,7	1,8 ^{cd} \pm 0,2	18,8 ^{def} \pm 3,3	7,6 ^{ef} \pm 1,0	70,0 ^b \pm 0,2
		30 °C	10,7 ^{cd} \pm 0,3	2,3 ^{ab} \pm 0,1	24,0 ^{bcd} \pm 1,8	9,7 ^{bcd} \pm 0,6	73,2 ^a \pm 0,8
500 MPa	10 min	10 °C	10,7 ^{cd} \pm 0,3	1,6 ^d \pm 0,1	16,8 ^{ef} \pm 1,4	6,5 ^{fg} \pm 0,4	68,9 ^b \pm 0,2
		30 °C	10,0 ^{de} \pm 1,4	2,2 ^{ab} \pm 0,1	22,3 ^{cde} \pm 4,3	9,1 ^{cde} \pm 1,3	71,3 ^{ab} \pm 0,9
	20 min	10 °C	10,6 ^{cd} \pm 0,2	1,6 ^d \pm 0,1	17,0 ^{ef} \pm 1,0	6,7 ^{fg} \pm 0,3	69,7 ^b \pm 0,6
		30 °C	10,8 ^{cd} \pm 0,5	2,3 ^{ab} \pm 0,1	24,9 ^{bc} \pm 2,0	10,1 ^{bc} \pm 0,6	73,0 ^a \pm 0,5

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 3. Valores de textura medidos nos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação. Valores médios \pm DP ($n=8$)

Tratamentos			Textura				
			Dureza (N)	Coesividade	Gomosidade (N)	"Springiness"	Mastigabilidade (N)
Pasteurização 200 MPa	110 min	82 °C	64,2 ^a \pm 10,8	0,5 ^c \pm 0,0	35,0 ^{ab} \pm 1,3	0,8 ^{bcd} \pm 0,0	29,6 ^{abc} \pm 0,9
		10 °C	19,3 ^e \pm 2,1	0,7 ^{ab} \pm 0,0	13,0 ^d \pm 1,1	0,8 ^d \pm 0,0	11,1 ^f \pm 0,9
200 MPa	10 min	30 °C	34,4 ^{cd} \pm 2,0	0,7 ^{ab} \pm 0,0	24,0 ^c \pm 0,9	0,8 ^{bcd} \pm 0,0	20,3 ^{de} \pm 0,9
		20 min	10 °C	23,6 ^{de} \pm 2,8	0,7 ^{ab} \pm 0,0	16,3 ^d \pm 1,5	0,8 ^{cd} \pm 0,0
	20 min	30 °C	40,3 ^{bc} \pm 0,2	0,7 ^{ab} \pm 0,0	28,4 ^{bc} \pm 1,2	0,8 ^{bcd} \pm 0,0	24,2 ^{bcd} \pm 1,1
		350 MPa	10 min	10 °C	34,9 ^{cd} \pm 4,5	0,7 ^a \pm 0,0	24,7 ^c \pm 3,2
350 MPa	10 min	30 °C	49,8 ^{ab} \pm 3,3	0,7 ^{ab} \pm 0,0	34,0 ^{ab} \pm 2,1	0,9 ^{ab} \pm 0,0	30,0 ^{abc} \pm 1,9
		20 min	10 °C	44,4 ^{bc} \pm 5,0	0,7 ^{ab} \pm 0,0	30,9 ^{abc} \pm 3,5	0,9 ^{ab} \pm 0,0
	20 min	30 °C	53,4 ^{ab} \pm 4,6	0,7 ^a \pm 0,0	37,6 ^a \pm 1,8	0,9 ^{ab} \pm 0,0	33,0 ^a \pm 2,0
		500 MPa	10 min	10 °C	45,7 ^{bc} \pm 8,8	0,6 ^b \pm 0,0	29,2 ^{bc} \pm 4,4
500 MPa	10 min	30 °C	51,8 ^{ab} \pm 2,6	0,7 ^{ab} \pm 0,0	34,5 ^{ab} \pm 2,0	0,9 ^a \pm 0,0	31,0 ^{ab} \pm 2,9
		20 min	10 °C	40,0 ^{bc} \pm 11,8	0,7 ^{ab} \pm 0,0	26,4 ^c \pm 6,4	0,9 ^{abc} \pm 0,0
	20 min	30 °C	46,1 ^{bc} \pm 3,4	0,7 ^{ab} \pm 0,0	31,6 ^{abc} \pm 2,1	0,9 ^{ab} \pm 0,0	27,6 ^{abcd} \pm 2,2

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 4. Dados obtidos na análise de componentes principais da CRA e textura dos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9	Fator 10
CRA	0,442827	-0,169408	0,710004	-0,519600	0,025230	0,021279	-0,003016	0,003965	0,000906	0,000212
Deformação à rutura	0,688602	-0,638628	0,051940	0,072654	-0,284729	-0,168026	-0,000933	0,018236	-0,019138	0,001170
Força à rutura	-0,829277	-0,519464	0,099681	0,079015	0,141395	0,035033	-0,052314	0,038501	-0,028925	0,001293
Força de gel	-0,440031	-0,880285	0,133094	0,078141	0,010592	-0,056485	-0,035189	-0,044872	0,033127	0,000115
Trabalho à rutura	-0,482918	-0,841031	0,176085	0,118069	0,075372	0,053501	0,076737	0,008697	-0,001327	-0,001259
Elasticidade	-0,845538	0,067046	-0,335991	-0,309820	0,126066	-0,235605	0,016570	0,000981	-0,003691	0,000122
Dureza	-0,896528	0,317600	0,281764	0,035059	-0,108428	0,010413	0,008023	-0,036663	-0,035375	0,014902
Coesividade	0,246692	-0,616371	-0,656566	-0,322136	-0,060010	0,142677	-0,002993	-0,013552	-0,014291	0,005042
Gomosidade	-0,970378	0,105104	0,026819	-0,097091	-0,184912	0,047862	-0,002576	-0,007700	-0,009863	-0,022965
Mastigabilidade	-0,966031	0,118039	-0,033744	-0,094935	-0,194570	0,043806	0,000404	0,035298	0,039496	0,010819

Tabela 5. Valores de CRA e textura medidos nos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação, com diferentes adições de MTGase. Valores médios \pm DP ($n=4$ e $n=8$ respectivamente)

Tratamentos / % MTGase	CRA	Textura					
		Deformação à rutura (mm)	Força à rutura (N)	Força de gel (N mm)	Trabalho à rutura ($\times 10^{-3}$ J)	Elasticidade (%)	
Pasteurização	0,00	96,2 ^{abcd} \pm 0,5	6,7 ^f \pm 0,2	2,1 ^b \pm 0,1	13,7 ^d \pm 1,0	7,6 ^e \pm 0,5	64,3 ^e \pm 0,1
	0,25	96,8 ^{ab} \pm 0,2	9,8 ^a \pm 0,1	2,7 ^a \pm 0,1	25,9 ^a \pm 0,8	13,4 ^a \pm 0,3	66,9 ^d \pm 0,4
	0,50	98,0 ^a \pm 0,5	8,7 ^b \pm 0,1	2,3 ^{ab} \pm 0,1	19,8 ^{bc} \pm 1,0	10,7 ^{abc} \pm 0,4	69,0 ^c \pm 1,0
350 MPa/10 min/30 °C	0,00	96,4 ^{abcd} \pm 0,5	8,6 ^{bc} \pm 0,1	0,9 ^c \pm 0,1	7,5 ^e \pm 1,4	4,2 ^f \pm 0,5	60,3 ^f \pm 0,5
	0,25	96,4 ^{abcd} \pm 1,2	8,7 ^b \pm 0,3	2,1 ^{ab} \pm 0,5	18,4 ^{bcd} \pm 3,9	10,2 ^{cde} \pm 2,1	70,5 ^b \pm 0,6
	0,50	95,5 ^{bcd} \pm 0,7	8,3 ^{bcd} \pm 0,3	2,3 ^{ab} \pm 0,4	18,7 ^{bcd} \pm 3,7	10,2 ^{cde} \pm 2,2	76,5 ^a \pm 0,4
350 MPa/20 min/30 °C	0,00	95,7 ^{bcd} \pm 0,6	7,6 ^{de} \pm 0,3	0,9 ^c \pm 0,1	6,5 ^e \pm 0,4	3,5 ^f \pm 0,3	58,6 ^g \pm 0,5
	0,25	96,5 ^{abc} \pm 0,6	8,3 ^{bcd} \pm 0,4	2,8 ^a \pm 0,1	22,9 ^{ab} \pm 1,0	13,0 ^{ab} \pm 0,5	70,6 ^b \pm 0,4
	0,50	94,9 ^{bcd} \pm 0,2	7,7 ^{cde} \pm 0,0	2,1 ^b \pm 0,3	16,1 ^{cd} \pm 2,7	8,7 ^{de} \pm 1,1	76,1 ^a \pm 0,4
500 MPa/10 min/30 °C	0,00	94,6 ^{cd} \pm 1,0	7,1 ^{ef} \pm 0,5	0,9 ^c \pm 0,2	6,1 ^e \pm 1,4	3,2 ^f \pm 0,7	58,2 ^g \pm 0,7
	0,25	94,4 ^d \pm 1,0	7,6 ^{de} \pm 0,5	2,0 ^b \pm 0,4	14,9 ^{cd} \pm 2,4	8,4 ^{de} \pm 1,3	69,4 ^{bc} \pm 0,9
	0,50	94,6 ^{cd} \pm 0,6	8,1 ^{bcd} \pm 0,5	2,8 ^a \pm 0,3	22,4 ^{ab} \pm 2,9	12,0 ^{ab} \pm 1,9	75,6 ^a \pm 0,1

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 6. Valores de textura medidos nos fiambres submetidos a diferentes tratamentos de gelificação, com diferentes adições de MTGase. Valores médios \pm DP (n=8)

Tratamentos/% MTGase		Textura				
		Dureza (N)	Coesividade	Gomosidade (N)	“Springiness”	Mastigabilidade (N)
Pasteurização	0,00	52,8 ^a \pm 3,5	0,5 ^f \pm 0,0	25,5 ^{bc} \pm 0,6	0,8 ^{cd} \pm 0,0	21,4 ^{de} \pm 0,9
	0,25	54,2 ^a \pm 1,3	0,5 ^{def} \pm 0,0	29,5 ^{abc} \pm 0,9	0,8 ^{cd} \pm 0,0	24,8 ^{bcd} \pm 1,1
	0,50	41,9 ^{bc} \pm 2,0	0,6 ^{cde} \pm 0,0	25,2 ^{bc} \pm 1,0	0,9 ^{cd} \pm 0,0	21,4 ^{de} \pm 1,1
350 MPa/10 min/30 °C	0,00	29,5 ^{de} \pm 3,3	0,5 ^{def} \pm 0,1	15,7 ^d \pm 1,6	0,8 ^{cd} \pm 0,0	13,3 ^{fg} \pm 1,5
	0,25	40,5 ^{bc} \pm 4,8	0,6 ^{bcd} \pm 0,1	25,4 ^{bc} \pm 5,2	0,9 ^{bc} \pm 0,0	22,1 ^{cde} \pm 5,2
	0,50	49,6 ^{ab} \pm 4,0	0,7 ^a \pm 0,0	35,5 ^a \pm 2,3	0,9 ^{ab} \pm 0,0	32,1 ^a \pm 2,2
350 MPa/20 min/30 °C	0,00	19,8 ^{ef} \pm 0,9	0,5 ^f \pm 0,0	10,1 ^d \pm 0,5	0,8 ^d \pm 0,0	8,2 ^g \pm 0,4
	0,25	50,2 ^{ab} \pm 4,8	0,7 ^{abc} \pm 0,0	33,1 ^a \pm 3,0	0,9 ^{abc} \pm 0,0	29,1 ^{ab} \pm 2,9
	0,50	45,8 ^{ab} \pm 4,3	0,7 ^{abc} \pm 0,0	31,4 ^{ab} \pm 3,3	0,9 ^{ab} \pm 0,0	28,3 ^{abc} \pm 3,3
500 MPa/10 min/30 °C	0,00	19,0 ^f \pm 1,2	0,5 ^{ef} \pm 0,0	9,9 ^d \pm 0,4	0,8 ^d \pm 0,0	8,1 ^g \pm 0,3
	0,25	33,9 ^{cd} \pm 4,2	0,7 ^{abc} \pm 0,0	23,0 ^c \pm 1,4	0,8 ^{cd} \pm 0,0	19,5 ^{ef} \pm 1,6
	0,50	41,3 ^{bc} \pm 8,2	0,7 ^{ab} \pm 0,0	28,9 ^{abc} \pm 5,7	0,9 ^a \pm 0,0	26,5 ^{abcd} \pm 5,8

Tabela 7. Dados obtidos na análise de componentes principais da CRA e textura dos fiambres com diferentes quantidades de MTGase e submetidos a diferentes tratamentos de gelificação.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9	Fator 10
CRA	0,117109	0,863121	0,264456	-0,195640	-0,363020	0,036177	0,000401	-0,001606	-0,000356	0,000441
Deformação à rutura	0,457013	0,606373	-0,517109	-0,326659	0,220641	-0,022895	-0,008055	-0,002519	0,007835	-0,001865
Força à rutura	0,925604	0,108447	-0,022841	0,352495	-0,071054	0,006853	-0,020829	-0,019615	0,027452	-0,007303
Força de gel	0,917226	0,265394	-0,161136	0,245141	0,014998	0,000530	0,011246	-0,033403	-0,026294	0,006701
Trabalho à rutura	0,924407	0,238223	-0,147956	0,250298	-0,030697	-0,000607	0,020428	0,053031	-0,002803	0,000835
Elasticidade	0,874337	-0,345793	-0,006375	-0,163892	-0,175965	-0,240995	-0,004050	-0,000531	-0,001529	-0,000108
Dureza	0,860799	0,113000	0,435460	-0,053454	0,225753	0,004862	-0,051145	0,009684	-0,001765	0,008552
Coesividade	0,685434	-0,564068	-0,330788	-0,162332	-0,233923	0,143436	-0,030024	0,003718	-0,002198	0,004534
Gomosidade	0,947672	-0,157881	0,205753	-0,153562	0,080586	0,062697	0,009281	-0,000661	-0,014522	-0,018781
Mastigabilidade	0,936871	-0,214438	0,185237	-0,175260	0,069976	0,052037	0,056642	-0,009268	0,016954	0,008609