

Joana Teresa Vieira da Rocha Morais Barbosa

Valorização dos subprodutos da indústria pesqueira: sua aplicação nas indústrias
alimentar, farmacêutica e cosmética

Faculdade de Ciências da Saúde
Universidade Fernando Pessoa
Porto, 2020

Joana Teresa Vieira da Rocha Morais Barbosa

Valorização dos subprodutos da indústria pesqueira: sua aplicação nas indústrias
alimentar, farmacêutica e cosmética

Faculdade de Ciências da Saúde
Universidade Fernando Pessoa
Porto, 2020

Joana Teresa Vieira da Rocha Morais Barbosa

Valorização dos subprodutos da indústria pesqueira: sua aplicação nas indústrias
alimentar, farmacêutica e cosmética

Joana Teresa Vieira da Rocha Morais Barbosa

(assinatura)

Trabalho apresentado à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para obtenção de grau de Mestre em
Ciências Farmacêuticas.

Resumo

As indústrias agroalimentares, incluindo a indústria pesqueira, produzem anualmente grandes quantidades de subprodutos cuja valorização ainda é mínima ou praticamente nula. Atualmente sabe-se que apenas uma pequena parte é reaproveitada para a alimentação direta de animais ou para compostagem. Tendo em conta que esses subprodutos contêm importantes teores de nutrientes e de compostos bioativos, são aqui referidas algumas vias alternativas de aproveitamento dos subprodutos provenientes da indústria pesqueira, nomeadamente para a indústria farmacêutica e cosmética.

Não obstante, deve-se ter em conta a importância da sustentabilidade visto ser um conceito bastante complexo que envolve o desenvolvimento económico e social, sem provocar grandes danos ao ambiente e aos recursos naturais. Atualmente existem inúmeros casos de aproveitamento e consequente valorização de materiais que no passado eram rejeitados pelas indústrias agroalimentares e que devem servir de exemplo para todos os processos de produção alimentar, potenciando outras indústrias, como a farmacêutica. Assim, a utilização de recursos subaproveitados, com o objetivo de aumentar a produtividade e criar riqueza, terá de merecer, cada vez mais, maior atenção. A nível nacional, um dos setores mais importantes é o da pesca. Atendendo à importância que a indústria pesqueira exerce a nível nacional e internacional, tentou-se, neste trabalho, caracterizar e valorizar os subprodutos gerados por esta atividade, através de uma descrição detalhada da caracterização nutricional, química e das propriedades biológicas dos constituintes presentes nestes resíduos e que podem beneficiar, num futuro próximo, a indústria farmacêutica e cosmética.

Palavras-chave: Indústria pesqueira; subprodutos; nutrientes; compostos bioativos; propriedades biológicas; indústria farmacêutica; cosmética.

Abstract

The food industries, including the fishing industry, annually can produce large quantities of by-products whose valuation is still minimal or practically null. Currently, it is known that only a small part is reused for direct feeding of animals or for composting. Given that these by-products contain significant levels of nutrients and bioactive compounds, some alternative ways of using by-products from the fishing industry are mentioned in this work, namely for the pharmaceutical and cosmetic industry.

Nevertheless, the importance of sustainability must be taken into account, since it is a concept quite complex involving the economic and social development, without causing major damage to the environment and natural resources. Currently there are numerous cases of exploitation and consequent recovery of natural materials, which in the past were rejected by the food industries, and should serve as an example for all food production processes, boosting other industries, including pharmaceuticals. Thus, the use of underutilized resources, with the aim of increasing productivity and creating wealth, will have to deserve more and more attention. For instance, at national level, one of the most important sectors is fishing. Given the importance that the fishing industry plays a national and international level, this study tried to characterize and enhance the products generated by this industry through a detailed description of the nutritional characterization, chemical and biological properties of the constituents present in these food residues that may benefit, in the near future, the pharmaceutical and cosmetic industry.

Keywords: Fishing industry; by-products; nutrients; bioactive compounds; biological properties; pharmaceutical industry; cosmetics.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, o meu sincero agradecimento à Professora Doutora Ana Vinha, pela orientação, pela disponibilidade e pela partilha de conhecimentos científicos, que foi essencial para que eu fosse capaz de concluir este projeto.

Agradeço também à Professora Doutora Carla Sousa e Silva pela coorientação na elaboração desta dissertação.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe e à minha irmã, por toda a ajuda incondicional desde o primeiro dia e que foi essencial para que este objetivo se concretizasse.

Um agradecimento especial à Dr.^a Sandra Morais Caldas, diretora técnica, e ao Dr. Almeida Santos, proprietário da Farmácia Gaia Nova, por me permitirem iniciar este desafio e por todo o apoio durante todo este processo.

A todos os meus amigos e colegas de trabalho, em especial à Cristina Moreira, à Rita Martins e à Cátia Gomes por me acompanharam nesta jornada, pela ajuda e pelas palavras de incentivo quando tudo parecia impossível, deixo o meu obrigada por nunca duvidarem do meu sucesso.

Um último agradecimento a todos os que me acompanharam na Universidade Fernando Pessoa, em particular a todas as colegas de curso, pela força e apoio mútuo.

Índice

Resumo	v
Abstract	vi
Agradecimentos	vii
Índice de Figuras	ix
Abreviaturas	x
I. Introdução	1
II. Desenvolvimento	3
1. Indústria Pesqueira	3
1.1. Indústria <i>versus</i> impacto ambiental	5
1.2. Desperdícios e subprodutos alimentares.....	6
2. Peixe	8
2.1. Anatomia do peixe	8
2.2. Processamento do peixe	9
2.3. Valorização dos subprodutos do pescado	10
3. Subprodutos do pescado	14
3.1. Farinha de peixe	15
3.2. Molho de peixe	16
3.3. Óleo de peixe	16
3.4. Proteínas	20
3.4.1. Aminoácidos	23
3.4.2. Enzimas	24
3.4.3. Colagénio e gelatina	25
3.5. Quitina e quitosano	28
3.6. Minerais	29
III. Conclusão	31
Bibliografia	32

Índice de Figuras

Figura 1. Aproveitamento de resíduos de várias partes do pescado	11
Figura 2. Esquema demonstrativo da escala entre a matéria necessária e o lucro obtido dos subprodutos do pescado	14

Abreviaturas

DHA – Ácido docosa-hexaenóico (do inglês *Docosahexaenoic Acid*)

ECA – Enzima de Conversão da Angiotensina

EPA – Ácido eicosapentaenóico (do inglês *Eicosapentaenoic Acid*)

HDL – Lipoproteínas de alta densidade (do inglês *High-density Lipoproteins*)

LDL – Lipoproteínas de baixa densidade (do inglês *Low-density Lipoproteins*)

PIB – Produto Interno Bruto

PUFA – Ácidos gordos poli-insaturados (do inglês *Polyunsaturated Fatty Acids*)

UE – União Europeia

UV – Ultravioleta

VAB – Valor Acrescentado Bruto

I. INTRODUÇÃO

A temática do reaproveitamento de subprodutos industriais abrange várias áreas importantes, incluindo investigação, social, económica e, não menos importante, a ambiental. Na verdade, é do conhecimento geral que a indústria agroalimentar produz uma elevada quantidade de subprodutos com importante impacto económico e ambiental, sendo que na sua maioria continuam sem solução de valorização implementada face à inexistência de uma abordagem integrada.

Atualmente, a eliminação de resíduos sólidos agroindustriais é um problema persistente e generalizado nas áreas urbanas e rurais em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento (Abdel-Shafy & Mansour, 2018).

O plano de ação da União Europeia (UE) para a dinamização da economia através da redução do desperdício agroalimentar inclui uma abordagem estratégica baseada na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, aumentando o valor e, conseqüentemente, a vida útil de produtos, materiais e recursos naturais (European Commission, 2015). O reaproveitamento de subprodutos agroindustriais pode representar uma fonte renovável para alguns constituintes alimentares, farmacêuticos e cosméticos já em uso, ou mesmo originar novos ingredientes de valor acrescentado com compostos e propriedades funcionais (Szabo *et al.*, 2018). Face ao exposto, a dinâmica no âmbito da investigação científica tem aumentado, focando-se na valorização de subprodutos e desperdícios alimentares, reportando dados nutricionais e composição química dos mesmos, de forma a que estes produtos despertem interesse para as suas integrações nas áreas alimentar, farmacêutica e cosmética (Faustino *et al.*, 2019).

Por outro lado, o aumento da população e do nível de vida previstos para as próximas décadas, pressupõem um acréscimo na procura de fontes de nutrientes e não-nutrientes importantes para a população mundial. Com o desenvolvimento sustentável em perspectiva, as indústrias nacionais e internacionais terão de planear as produções futuras tendo em conta variáveis como a disponibilidade atual de alimentação animal, as mudanças necessárias nas condições de cultivo, a gestão dos recursos naturais, o impacto ambiental, a eficiência energética e as alterações climáticas. A atenção a todas estas variáveis vai contribuir para a criação de novos recursos naturais de elevada

qualidade, sustentáveis e assentes em estratégias de modernização e progresso tecnológico. Nesta produção de novos alimentos que se quer integrada, estruturada e planeada, surgem os subprodutos da indústria agroalimentar, ou por outras palavras, os resíduos provenientes da produção. Enquanto responsável pela produção de elevadas quantidades de subprodutos, as indústrias agroalimentares, onde se inclui a indústria pesqueira, podem vir a desempenhar um papel relevante nas próximas décadas. Basta para isso que os subprodutos passem a receber tratamentos diferenciados, que os tornem em novas matérias-primas de valor acrescentado e, igualmente importante, com capacidade de comercialização e rentabilização.

Para cumprir os objetivos propostos neste trabalho, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema supracitado, tendo-se realizado uma pesquisa entre os meses de outubro de 2019 e outubro de 2020, através das fontes de pesquisa científicas: PubMed, Science Direct e b-On e em motores de busca tais como: o Google Académico e o AltaVista Search. Os critérios utilizados na seleção dos artigos resultantes da pesquisa científica foram: o interesse para o tema, limitando a pesquisa para artigos científicos e estudos escritos em inglês e português, com data de publicação de um período de 10 anos, ou de anos anteriores se o conteúdo se manifestou relevante ou com evidências experimentais acerca do tema. De uma maneira geral, algumas das palavras-chave utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram: subprodutos; pescado; indústria pesqueira, resíduos agroindustriais; nutrientes; compostos bioativos; propriedades biológicas.

II. DESENVOLVIMENTO

Ao valorizar os subprodutos alimentares no sentido de desenvolver novos ingredientes para a alimentação animal, produtos farmacêuticos e/ou cosméticos, estamos a impulsionar a sustentabilidade. Recorrer a um processo de valorização integrado, permite conjugar os volumes dos subprodutos gerados pelas indústrias e ajustar logísticas de abastecimento entre as empresas. É ainda expectável que as parcelas resultantes dos subprodutos tenham aplicação em vários setores, visto que o potencial nutricional e funcional de cada subproduto vai ter um aproveitamento quase integral. Isto também quer dizer que muitas das matérias-primas de menor valor para a alimentação humana podem ser rentabilizadas. Neste sentido, este capítulo irá focar a importância da indústria pesqueira, geração de subprodutos e futura integração dos mesmos no setor farmacêutico e cosmético.

1. Indústria pesqueira

Até 2050, a produção mundial de alimentos deverá duplicar para dar resposta ao aumento da população e aos hábitos alimentares em evolução. Ao mesmo tempo, o mundo confronta-se com as consequências das alterações climáticas para a biodiversidade, a qualidade dos solos e da água e as exigências do mercado global. A indústria pesqueira constitui um grande setor exportador de peixe e de outros produtos marinhos (Ghaly *et al.*, 2013). Em todo o mundo, o peixe pode ser obtido através da captura e/ou da aquicultura. Com aproximadamente 1200 portos, a UE apresenta a maior superfície marítima mundial e, conseqüentemente, a maior frota mercante (Comissão Europeia, 2017). A via marítima representa 90% do seu comércio externo e 40% do comércio interno. A pesca marítima de captura mundial representa mais de 50% de toda a produção mundial de pescado. No ano de 2018 foram capturados no mar cerca de 84,4 milhões de toneladas de peixe e o valor total de produção derivada da captura e da aquicultura foi de 178,5 milhões de toneladas (FAO, 2020). Aproximadamente 85% da captura foi usada diretamente como alimento e os restantes 15% foram subutilizados como iscas vivas para a pesca, produtos ornamentais (pérolas, conchas), alimentação

para espécies agrícolas carnívoras e como minhocas marinas (Ghaly et al., 2013). Tem havido um crescimento sustentável no fornecimento de peixe nos últimos 50 anos, com uma taxa média de crescimento de 3,2% por ano, que é maior que a taxa de crescimento da população mundial (1,7%). Assim, o fornecimento de peixe *per capita* aumentou 17,5% num período de 10 anos (Ghaly et al., 2013). Nos últimos anos, o peixe representou cerca de ~16,6% do consumo mundial de proteína animal e ~6,5% do teor proteico total a nível mundial (Béné et al., 2015; Ghaly et al., 2013).

Em Portugal, o setor da pesca é uma atividade económica relevante que tem uma importância significativa no produto interno bruto (PIB) e no valor acrescentado bruto (VAB) nacional. Portugal destaca-se, entre os países da UE, pela sua localização periférica e pela sua vasta zona económica exclusiva, resultante de uma extensa linha de costa continental e, também, dos arquipélagos da Madeira e dos Açores. A pesca constitui uma importante fonte de subsistência das populações ribeirinhas (Direcção-Geral das Pescas e Aquicultura, 2013). Segundo o Instituto Nacional de Estatística, a produção nacional da aquicultura em 2016, informação mais recente disponível, foi de 11 259 toneladas e gerou uma receita de 75,2 milhões de euros, que refletiu aumentos de 17,8% em quantidade e de 38,9% em valor, relativamente a 2015 (INE, 2017). No ano de 2010, as capturas portuguesas atingiram 222.246 toneladas, das quais 180.182 foram provenientes de águas nacionais e 42.064 de águas externas. Portugal ocupa, em volume de capturas, a 7ª posição a nível da UE e a 47ª posição a nível mundial (Monteiro, 2012).

Portugal é o maior consumidor de produtos da pesca a nível da UE (55,6 Kg/*per capita*/ano) e o 3º maior consumidor a nível mundial, logo após a Islândia (90,9 Kg) e o Japão (61,2 Kg). Este consumo elevado explica-se, devido ao facto dos portugueses consumirem elevadas quantidades de bacalhau salgado seco. Com efeito, para preparar um Kg de bacalhau salgado seco, são necessários, aproximadamente, 3 Kg de bacalhau à saída da água. E, em termos estatísticos, para este fim, o que é contabilizado é o peso do peixe no momento da captura e não o peso do peixe depois de passar pelo processo de salga e seca, o que justifica os valores supracitados (Monteiro, 2012).

A pesca nacional e internacional também é responsável pela criação, valorização e internacionalização das indústrias transformadoras. A indústria transformadora nacional tem-se adaptado às novas exigências mundiais, quer do âmbito higiosanitário, quer do mercado económico. Essa tendência deve, contudo, consolidar-se e aprofundar-se apostando mais na transformação de produtos da pesca e aquicultura nacionais, como

forma de criar mais valor e reduzir a dependência de matéria-prima importada. Assim, e como objetivos prioritários podem identificar-se a verticalização da produção, a internacionalização das empresas nacionais, impulsionando o aumento das exportações e a abertura de novos mercados e o investimento em fatores intangíveis de competitividade, tais como a formação profissional, a criação de marcas próprias e o marketing (Monteiro, 2012).

Face ao exposto, com o incremento da indústria pesqueira e, conseqüentemente, com a indústria transformadora, surge um novo tema – reaproveitamento e valorização dos subprodutos e desperdícios alimentares.

1.1. Indústria *versus* impacto ambiental

Segundo Godfray (2013), a população global já ultrapassou os 7 mil milhões em 2011 e prevê-se que atinja os 9,3 mil milhões em 2050, sendo necessário um aumento de alimentos na ordem dos 50 a 70%. Por outro lado, 868 milhões de pessoas estão desnutridas cronicamente, o que equivale a uma em cada oito pessoas no mundo. No entanto, estima-se que mais de um terço dos alimentos produzidos globalmente para consumo humano sejam desperdiçados (Bond *et al.*, 2013).

Além do crescimento da população mundial, o aumento da urbanização agrava a exigência de recursos alimentares mais diversificados e intensivos, o que inclui maior consumo de carne e peixe. A maior procura por alimentos, acompanhada pelas alterações climáticas, está a esgotar cada vez mais os recursos disponíveis, o que inclui a terra, a água, a energia, os fertilizantes e os ecossistemas, dos quais as sociedades dependem para viver (Bond *et al.*, 2013).

A Europa, tal como outras partes do mundo, está atualmente a enfrentar grandes alterações climáticas que abrangem a perda e degradação de habitats, eventos climáticos extremos, contaminação ambiental devido à urbanização, intensificação agrícola e aumento do consumo dos recursos naturais. Estas alterações ambientais são consequência da atividade humana e estão a originar perda da biodiversidade, aumento dos desastres naturais, ameaça ao acesso ao alimento, água e energia, impacto na saúde humana e degradação da qualidade ambiental. A Agência Europeia do Ambiente tem salientado como áreas de maior preocupação, o impacto ambiental e os riscos para a saúde que os químicos e as alterações climáticas provocam. Esta agência refere também

que, apesar das emissões industriais poluentes na Europa terem diminuído devido à implementação de políticas mais rigorosas, ainda causam danos ao ambiente e à saúde humana (Brink *et al.*, 2019; Lang & Mason, 2018).

A biodiversidade é essencial ao bem-estar humano e oferece inúmeros benefícios. Uma vez que os ecossistemas são adaptados para corresponder às necessidades do ser humano (como, por exemplo, o fornecimento de água, a produção alimentar, a obtenção de matérias-primas, etc.), deve existir um equilíbrio entre a proteção da integridade do ecossistema e a garantia do bem-estar humano. O desafio social e político é decidir que ecossistemas são desejados em determinados habitats num certo período de tempo (Brink *et al.*, 2019).

O desenvolvimento sustentável envolve uma abordagem integrada de dimensões sociais, económicas e ambientais, e depende também de esforços consideráveis em termos de inovação. Consiste num desenvolvimento que permita alcançar as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras atingirem as suas necessidades, sendo essencial para a continuação da vida no planeta (Seppänen, 2017).

1.2. Desperdícios e subprodutos alimentares

O desperdício alimentar é um tema de extrema importância para a sociedade atual, uma vez que provoca um elevado impacto negativo a nível social, económico e ambiental. Por isso, a redução da perda e do desperdício alimentar é um dos maiores objetivos a ser alcançado a nível mundial. A utilização de alimentos não consumidos normalmente e/ou o uso de subprodutos alimentares é uma prática que tem vindo a ganhar elevada importância no combate à perda dos mesmos e, conseqüentemente, objetivando-se a sua redução (Kim, 2014). O desperdício alimentar refere-se a produtos alimentares comestíveis, que têm o objetivo de consumo humano, mas que são rejeitados, perdidos, degradados ou consumidos por pragas, não estando aqui incluídas as partes não comestíveis ou indesejáveis dos produtos alimentares. O desperdício alimentar pode ser classificado como perda alimentar quando ocorre durante as primeiras fases da cadeia de fornecimento alimentar, e como desperdício alimentar quando ocorre nas últimas fases da cadeia (Bond *et al.*, 2013). A perda alimentar ocorre na produção, armazenamento, transporte e processamento, que são as fases da cadeia com menor

retorno. Por outro lado, o desperdício alimentar ocorre no final da cadeia de fornecimento alimentar, o que inclui as vendas e o consumo final, sinónimo de maior potencial na cadeia de valor, o que representa maiores custos (Bond *et al.*, 2013). Desta forma, a redução das perdas ao longo do sistema alimentar vai permitir aumentar a disponibilidade de alimentos no futuro e é, assim, um importante passo para alcançar a segurança alimentar global. A segurança alimentar global ocorre quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso a alimentos suficientes, seguros e nutritivos, que lhes permitam manter um estilo de vida saudável e ativo (Conrad *et al.*, 2018; Bond *et al.*, 2013).

Sob esse ponto de vista, ganha uma particular relevância a educação das pessoas no que toca a um melhor aproveitamento dos alimentos e seus subprodutos, como, por exemplo, fazer o uso de partes de alimentos que não seriam consumidos, seja por falta de costume ou por falta de técnicas apropriadas para a utilização dos mesmos. Neste contexto, fica claro que "o investimento no conhecimento deste tema é a primeira condição para uma estratégia eficaz de combate ao desperdício alimentar" (Baptista *et al.*, 2012).

O setor de processamento de alimentos, como outras indústrias de processamento baseadas em recursos naturais, produz elevadas quantidades de resíduos e subprodutos alimentares. Devido ao tipo de compostos presentes em subprodutos e resíduos alimentares, o objetivo é isolar e utilizar componentes de alto valor biológico, como proteínas, péptidos, polissacáridos, fibras, aromatizantes, fitoquímicos e ingredientes farmacológicos (Sadiq *et al.*, 2017; Vinha *et al.*, 2020). Face ao exposto, os próximos capítulos irão focar-se nos subprodutos da indústria pesqueira, visando o seu potencial aproveitamento e as aplicações nas áreas alimentar, farmacêutica e cosmética.

2. Peixe

2.1. Anatomia do peixe

Independentemente dos avanços técnicos e tecnológicos na conversão de subprodutos marinhos em produtos reutilizáveis, os parâmetros económicos, sociais, políticos e ambientais devem ser levados em consideração para entender a forma e aplicação das diferentes técnicas de bioconversão dos subprodutos dos peixes. Por um lado, não deve ser ocultado que o setor do pescado tem enfrentado vários problemas, sendo de referir a redução das reservas de peixes selvagens, ao mesmo tempo que a quantidade de peixe de cativeiro aumenta (Šilovs, 2018). Estes parâmetros afetam e complicam a definição de uma estratégia rigorosa de aplicação específica para os subprodutos, pois estes dependem diretamente da qualidade da matéria-prima processada.

Os peixes são animais aquáticos vertebrados, cuja anatomia geral inclui:

- **Cérebro:** o seu córtex contém várias e diferentes populações de neurónios que se alinham em camadas e que podem receber diferentes estímulos (conexões aferentes) e enviar outros estímulos (conexões eferentes). Os núcleos são pequenos grupos de corpos celulares neuronais similares conectados. Os cérebros dos peixes compreendem uma região do cérebro posterior caudal, uma região intermediária chamada mesencéfalo e um prosencéfalo (Farrell *et al.*, 2011).

- **Esqueleto:** pode ser composto por osso ou por elementos longos endosqueléticos, feitos de cartilagem. Muitos animais vertebrados têm esqueletos ósseos, com cartilagem restringida às articulações e estruturas flexíveis. Os peixes cartilagosos (como tubarões, batoideas e quimeras) têm o endosqueleto composto integralmente por cartilagem. Além disso, nos tubarões e nas batoideas, a maior parte da cartilagem que forma o esqueleto é disposta em mosaico. Por outro lado, a maior parte do esqueleto ósseo é calcificada durante o crescimento. O esqueleto destes peixes ósseos é composto por centenas de ossos individuais e de componentes cartilagosos que variam consideravelmente na forma e espécie (Farrell *et al.*, 2011).

- **Músculos:** Os músculos cranianos dos peixes são os responsáveis por ativarem os mecanismos de fome e respiração (Farrell *et al.*, 2011).

- **Pele:** a pele separa e protege o peixe do meio ambiente e também fornece os meios que são necessários para o contacto com o meio exterior. É um órgão extenso e multifuncional e os seus componentes apresentam importantes papéis na proteção,

comunicação, percepção sensorial, locomoção, respiração, regulação iônica, excreção e regulação térmica. A pele apresenta duas camadas: a camada externa ou epiderme que inclui um epitélio com multicamadas e que normalmente inclui células especializadas. A camada interna ou derme é uma estrutura fibrosa com relativamente poucas células, apesar de poder conter escamas, nervos, vasos sanguíneos, tecido adiposo e células de pigmento. A coloração e os padrões da pele e a sua capacidade de mudança exercem papéis importantes na vida do peixe, como camuflagem e sinalização social (Farrell *et al.*, 2011).

2.2. Processamento do peixe

O processamento do peixe inclui várias etapas: morte do peixe, classificação, remoção do lodo, decapitação, lavagem, escamação, evisceração, corte de barbatanas, separação do osso e filetagem. Cerca de 70% do peixe é processado antes da venda final e, durante estas etapas, é gerada uma quantidade significativa de desperdícios, que pode variar entre 20 a 80%, dependendo do nível de processamento e do tipo de peixe. Além disso, uma parte da captura da aquicultura é rejeitada (Ghaly *et al.*, 2013).

A maior parte dos desperdícios do peixe são depositados no oceano. As bactérias aeróbias presentes na água destroem a matéria orgânica na presença de oxigênio, levando a uma redução considerável de oxigênio na água. Para além disso, esses resíduos promovem o aumento quantitativo de fósforo e azoto nos recursos hídricos (Ghaly *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2012). Os desperdícios destas indústrias rondam as 20 milhões de toneladas, o que é equivalente a 25% da produção mundial da pesca de captura marinha. Estes desperdícios podem ser usados para produzir concentrados de proteínas de peixe, óleos de peixe e enzimas (como pepsina e quimotripsina), assim como outros produtos de valor acrescentado (Ghaly *et al.*, 2013).

A nível industrial, os resíduos e subprodutos do pescado promovem custos elevados para as indústrias, incluindo o armazenamento em câmaras frigoríficas e o transporte dos mesmos, antes de serem encaminhados para aterros (Martins, 2011). Esta quantidade significativa de resíduos orgânicos, produzidos durante as diversas etapas da cadeia produtiva da pesca, é constituída por matéria-prima barata e de elevada qualidade, que pode ser utilizada futuramente (Nunes *et al.*, 2013).

A composição do peixe pode variar dependendo da espécie, do género, da idade, do estado nutricional, da altura do ano e da saúde do animal. De uma forma generalista, o peixe é constituído maioritariamente por proteínas (~15-30%), gorduras (0-25%) e água (~50-80%) (Ghaly *et al.*, 2013). Contudo é importante referir que estes valores são muito variáveis e que as suas quantidades não são equitativas nos subprodutos gerados no decurso do processamento industrial. Também são reconhecidos por conterem componentes funcionais que não estão presentes nos organismos terrestres. Esses componentes incluem ácidos gordos essenciais (n-3-poliinsaturados), como ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosa-hexaenóico (DHA), que auxiliam na prevenção de doenças ateroscleróticas e trombóticas (Nichols *et al.*, 2014). Também estão presentes hidratos de carbono (glicogénio e constituintes químicos dos nucleótidos), compostos azotados, vitaminas e minerais (Hosomi *et al.*, 2012).

Os desperdícios sólidos incluem a cabeça, cauda, pele, vísceras, barbatanas e esqueleto. Estes desperdícios da indústria do processamento de peixe podem ser uma valiosa fonte de produtos de valor acrescentado, como proteínas, aminoácidos, colagénio, gelatina, óleo, enzimas, minerais, entre outros (Ghaly *et al.*, 2013).

2.3. Valorização dos subprodutos do pescado

Com o crescimento das áreas urbanas, surge o crescimento inerente dos problemas relacionados com a produção, acumulação e tratamento dos resíduos sólidos alimentares. Neste contexto a reciclagem de resíduos, seja de origem agrícola ou industrial, torna-se uma das maneiras mais eficientes e economicamente viáveis para diminuir os impactos causados pelos resíduos oriundos das mais diversas cadeias produtivas, cujos descartes indevidos podem causar impactos negativos ao ambiente, como é o caso dos resíduos provenientes da indústria pesqueira, que põem em risco a saúde pública pela proliferação de vetores e diminuição dos índices de qualidade da água e solo.

De uma maneira geral, os subprodutos do pescado não costumam ser comercializados com facilidade devido à sua baixa aceitação por parte dos consumidores ou devido aos regulamentos sanitários restritos impostos e relativos com a obtenção, transporte, armazenamento, manuseamento, processamento e uso dos subprodutos. No passado, os

subprodutos do pescado eram considerados de baixo valor, no entanto, nos últimos anos têm ganho atenção devido ao possível uso para vários propósitos. Segundo Nunes (2012) as vísceras, a cabeça, as espinhas, os filetes (pedaços resultantes da “serradura”), a pele, as barbatanas e as escamas constituem uma biomassa com ampla gama de utilizações, incluindo: produção de farinha de peixe (apenas a partir de peixe selvagem); óleo de peixe; pasta de peixe; tiras de peixe; fertilizantes; rações animais; ensilados; bioensilados; hidrolisados proteicos; gelatina; sulfato de condroitina; peles; moléculas com interesse farmacológico, cosmético e nutracêutico (ácidos gordos ômega 3 como EPA e DHA, minerais importantes (cálcio), colagénio, peptonas, ácido hialurónico, entre outras); biocombustível (fração de gordura). Dos produtos referidos, alguns permitem uma conversão quase completa dos desperdícios, concretamente a farinha de peixe e os hidrolisados proteicos (Vaz-Pires & Coimbra, 2013); no entanto, todas as partes do peixe são suscetíveis de ser usadas para aproveitamento para outros fins e outras áreas industriais (Figura 1).

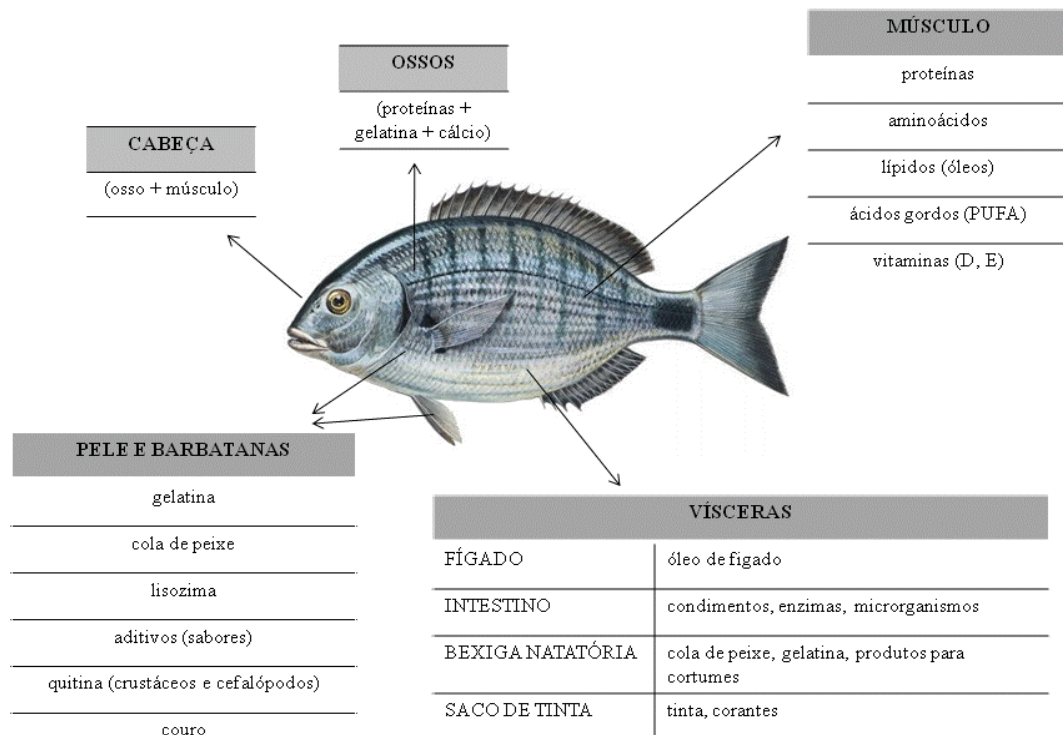


Figura 1. Aproveitamento de resíduos de várias partes do pescado (adaptado de Vaz-Pires & Coimbra, 2013).

De acordo com a Figura 1, pode-se constatar que todas as partes hipoteticamente descartáveis pela indústria do pescado podem e devem ser valorizadas. Por exemplo, as cabeças e tiras/filetes podem ser aproveitadas diretamente como alimentos para consumo humano (salsichas, bolos, gelatina e molhos de peixe) (Välímaa *et al.*, 2019), enquanto outros subprodutos podem incorporar rações, fertilizantes, biogás, produtos dietéticos (quitosano) (Madende & Hayes, 2020), farmacêuticos (moléculas e óleos) (Välímaa *et al.*, 2019), pigmentos naturais e cosméticos (colagénio) (Alves *et al.*, 2017). Por outro lado, outros subprodutos, como as vísceras e outros órgãos internos, necessitam de ser processados rapidamente devido à sua elevada perecibilidade, podendo vir a fornecer hidrolisados proteicos ou constituir uma fonte natural de enzimas específicas (pepsina, tripsina, quimotripsina, colagenases e lipases) (Pylak *et al.*, 2019). A cartilagem e os ossos poderão integrar produtos farmacêuticos (pós, cremes e cápsulas) devido ao seu elevado conteúdo de colagénio, cálcio e fósforo (Halim *et al.*, 2016).

Face ao supracitado, as alternativas para a valorização dos subprodutos da indústria pesqueira são diversificadas. Contudo torna-se relevante referir que a escolha de um determinado resíduo é fulcral para a sua incorporação num outro produto final, uma vez que se deve ter em conta o estado de deterioração desses subprodutos: na maioria dos casos, quanto mais deteriorado o peixe, pior qualidade terão os produtos finais dele resultantes.

Tal como já foi referido, um outro problema dos desperdícios e/ou subprodutos da indústria pesqueira é o seu processo de conservação, pois estes têm que ser conservados apropriadamente para o fim a que se destinam, e da forma economicamente mais adequada, não existindo nenhum método completamente seguro e sendo preciso ter em consideração outros aspetos consequentes destes meios, os quais influenciam a qualidade, a degradação e a posterior facilidade de processamento do pescado. Dos vários métodos de conservação, a refrigeração implica alguns gastos, a preservação pelo uso de nitrato de sódio, formaldeído, sal, entre outros, apresenta algumas desvantagens a nível da alteração dos compostos químicos inicialmente presentes, e a congelação pode levar a uma posterior dificuldade de manuseamento, para além dos custos elevados. Face ao exposto, torna-se necessário efetuar uma análise cuidada no sentido de direcionar o destino final dos desperdícios e subprodutos, garantindo o balanço económico e produtividade industrial (Pylak *et al.*, 2019).

Segundo Khawli *et al.* (2019), as atividades ligadas ao setor da pesca produzem quantidades substanciais de subprodutos que, embora sejam muitas vezes rejeitados ou utilizados como ingredientes de baixo valor na alimentação animal, são considerados como uma potencial fonte proeminente de compostos bioativos, com importantes propriedades funcionais que podem ser isoladas ou concentradas, dando-lhes um valor agregado em mercados de ponta, como por exemplo, nutracêuticos e cosméticos. Esta valorização dos subprodutos do pescado tem sido potenciada pela crescente sensibilização dos consumidores para a relação entre alimentação e saúde, exigindo novos produtos da pesca com melhores propriedades nutricionais e funcionais. Para obter biocompostos derivados de subprodutos de peixe com propriedades organolépticas boas, funcionais e aceitáveis, a seleção de métodos de extração adequados para cada ingrediente bioativo é de extrema importância. Por outro lado, e de acordo com a Figura 1, os subprodutos de peixe podem ser classificados em dois tipos: um que inclui produtos facilmente degradáveis com alto teor de enzimas, como vísceras e sangue, e um segundo que inclui os produtos mais estáveis (ossos, cabeças e pele) (Kundam *et al.*, 2018; Rustad *et al.*, 2014), fatores relevantes para a garantia dos recursos e reaproveitamento dos mesmos.

3. Subprodutos do pescado

Existem duas grandes vertentes da produção de subprodutos de pescado: i) exploração em massa, onde os resíduos são reaproveitados em escala industrial (fertilizantes, energia, constituintes de rações); ii) exploração de baixo volume, onde são produzidos subprodutos de valor acrescentado (moléculas para as áreas de nutrição, saúde, cosmética e farmacêutica) (Penven *et al.*, 2013). A principal diferença entre estas duas vertentes consiste na capacidade de absorção do mercado e no rendimento adicionado pelo mercado, o que pode ser observado na Figura 2.

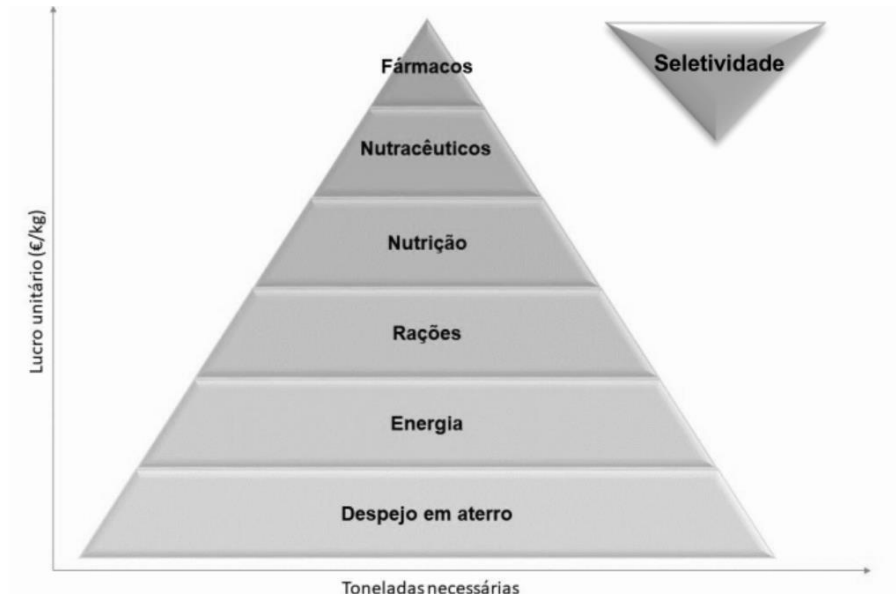


Figura 2. Esquema demonstrativo da escala entre a matéria necessária e o lucro obtido dos subprodutos de pescado (adaptado de Penven *et al.*, 2013).

De acordo com a Figura 2, encontram-se, no topo da pirâmide, os setores correspondentes à exploração de pequeno volume, ou seja, as explorações que não necessitam de grandes volumes de matéria-prima, mas que apresentam um valor acrescido e que são mais restritas no que toca ao controlo de qualidade (seleção e rastreabilidade). No fundo da pirâmide encontram-se os subprodutos sujeitos a menos restrições de qualidade, permitindo o seu uso sem uma seleção tão exigente e onde as especificações são mais flexíveis, sendo também necessários maiores volumes de matéria-prima para a produção (Penven *et al.*, 2013).

Os subprodutos do processamento do pescado podem ser transformados em vários tipos de itens, como alimentos, produtos farmacêuticos e biotecnológicos. O mercado consumidor acostumou-se com a introdução de novos produtos inovadores, o que força as empresas produtoras a projetar novas linhas de produtos e a usar tecnologias de processamento atualizadas. Assim, face ao supracitado, e de acordo com o objetivo deste trabalho, os subcapítulos seguintes irão incidir em compostos e ingredientes resultantes dos desperdícios/subprodutos da indústria pesqueira, numa perspectiva de valorizar e dar a conhecer a importância do recurso a estes em aplicações diversas nas áreas alimentares, farmacêuticas e cosmética.

3.1. Farinha de peixe

A farinha de peixe, ou farinha de pescado, é um produto proteico obtido através do processamento industrial de subprodutos da indústria pesqueira, incluindo peixes sem interesse comercial, vísceras, cabeças, espinhas e restos do processamento do peixe. A produção da farinha de peixe envolve seis passos: aquecimento, compressão, separação, evaporação, secagem e trituração. Quando o peixe é aquecido, a proteína coagula e ocorre a rutura nos depósitos de gordura, provocando a libertação de óleo e de água. O peixe é então comprimido, levando à remoção de líquido do material cru. O líquido é recolhido para se separar o óleo da água. A parte aquosa é evaporada até ficar um xarope espesso contendo 30 a 40% de sólidos. Posteriormente, é submetida a secagem para se obter uma farinha estável. Esta farinha é triturada de acordo com o tamanho de partículas desejado (Ghaly *et al.*, 2013). A farinha de peixe é largamente usada na indústria alimentar animal, correspondendo à maior fonte disponível de proteína aquática para alimentação animal (Ghaly *et al.*, 2013). Igualmente, esta farinha pode servir como ingrediente para o processamento de outros produtos alimentares. Existem alguns trabalhos publicados sobre o uso de peixes e subprodutos dos mesmos na forma de farinha em produtos panificados. Por exemplo, Fasasi *et al.* (2007) estudaram as características funcionais de uma farinha de milho com farinha de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) provando que este novo ingrediente, face ao seu aporte nutricional, poderia ser efetivamente incorporado nos sistemas alimentares de áreas de alta produção de peixes. Bastos *et al.* (2014) investigaram o conteúdo mineral aprimorado de zinco, ferro, potássio e cálcio em pães de trigo processados a partir de

farinhas de resíduos de filetagem de peixe, tendo concluído que houve um aumento significativo destes minerais neste pão (4,2%, 8,4%, 12,6% e 16,8%, respectivamente) comparativamente aos teores encontrados nos pães de trigo controle. Um outro estudo provou que a farinha de espinha do atum (*Thunnus albacares*) contém elevados teores de macro e micro minerais, podendo ser usado como ingrediente alternativo para fornecer minerais para quem é alérgico a laticínios (Talib & Zailani, 2017). Segundo os mesmos autores, os teores de cálcio são tão elevados que poderiam ser usados para fins terapêuticos. Contudo, a espinha de peixe de atum ainda não foi utilizada como ingrediente em medicamentos para a terapia da osteoporose (Talib & Zailani, 2017).

3.2. Molho de peixe

Alimentos fermentados, incluindo molho de soja e molho de peixe, são molhos chineses populares no sudeste e Ásia Oriental (Giri *et al.*, 2010; O'toole, 2019). Atualmente, inúmeros produtos marinhos são consumidos em todo o mundo, particularmente no Japão, tendo os seus hábitos alimentares diversificados sido “adotados” por outros povos e culturas, o que permitiu o desenvolvimento de novos produtos alimentares, atualmente comercializados mundialmente (Takano *et al.*, 2012). O molho de peixe pode ser usado como tempero em refeições vegetais e apresenta um elevado valor nutricional devido à presença de aminoácidos essenciais. O molho de peixe fermentado tem várias atividades biológicas, incluído a atividade inibidora de conversão da angiotensina e atividade de secreção-estimulação de insulina (Ghaly *et al.*, 2013).

3.3. Óleo de peixe

Um dos produtos resultantes do processamento do peixe é o seu óleo. O óleo de peixe pode ser extraído de peixes inteiros, vísceras, peles ou durante o processamento de produção de farinha de peixe (igualmente produzida a partir de subprodutos do pescado). Segundo Prentice-Hernández (2011), o óleo de peixe é composto por 90% de lípidos neutros (ácidos gordos livres, triacilgliceróis) e lípidos polares (fosfolípidos, esfingolípidos e lípidos oxidados). Habitualmente, a obtenção do óleo bruto provém das etapas de cozimento e de prensagem, ou por centrifugação a 80°C do líquido removido

da farinha. A quantidade e a qualidade do óleo geralmente dependem do conteúdo de gordura da espécie, contudo, ~50% da quantidade de desperdício do processamento do pescado pode ser uma fonte de óleo de peixe de boa qualidade. A farinha e o óleo de peixe são produtos obtidos simultaneamente, em escala industrial, a partir de subprodutos do processamento de peixes. A maior parte dos óleos de peixe são derivados da região hepática, sendo que o teor de ácidos gordos polinsaturados varia mediante a espécie e o meio de cultura, ou seja, os teores de ácidos gordos essenciais no óleo de peixes marinhos são significativamente superiores aos encontrados em óleos de peixes de água doce e aquicultura (Durmuş, 2019; Huang *et al.*, 2018).

O óleo de peixe contém dois principais ácidos gordos: ácido eicosapentaenóico (EPA, 22:5 ω 3) e ácido docosa-hexaenóico (DHA, 22:6 ω 3) (Cholewski *et al.*, 2018), classificados como ácidos gordos essenciais ω -3 (Huang *et al.*, 2018). No entanto, o óleo de peixe apresenta outros ácidos gordos, incluindo ácidos gordos saturados (ácido mirístico (14:0), ácido palmítico (16:0), ácido esteárico (18:0) e ácido beénico (22:0)), ácidos gordos mono-insaturados (ácido miristoleico (14:1 ω 5), ácido palmitoleico (16:1 ω 7), ácido oleico (18:1 ω 9), ácido eicosenóico (20:1 ω 9), ácido gadoleico (20:1 ω 11), ácido erúcico (22:1 ω 9) e ácido catoleico (22:1 ω 11)) e outros ácidos gordos polinsaturados (ácido linoleico (LA, 18:2 ω 6), ácido α -linoleico (ALA, 18:3 ω 3)) (Spalvins & Blumberga, 2018).

Shepherd & Jackson (2013) reportaram que a determinação exata do teor destes ácidos presentes em óleos de peixe, é de extrema importância, uma vez que estes são muito utilizados como alimentos, produtos farmacêuticos, ou como ingredientes de rações animais, podendo ter aplicação em produtos agrícolas e na própria indústria da aquicultura.

O efeito biológico dos óleos de peixe na prevenção e controlo de doenças é um facto já do conhecimento geral. São encontradas grandes quantidades de ácidos gordos poli-insaturados (PUFA) nos extratos de óleo de peixe. Os suplementos à base de óleo de peixe são os mais frequentemente usados em adultos com mais de 65 anos, além das vitaminas e dos minerais (Huang *et al.*, 2018). Estes ácidos provaram ser benéficos para o tratamento de várias patologias, como artrite reumatoide, psoríase, colite ulcerosa, asma, doença de Parkinson, osteoporose, diabetes *mellitus*, doenças cardiovasculares, neoplasias e depressão (Gammone *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2018). Também mostraram

atividade benéfica no desenvolvimento dos sistemas nervoso, imunitário, visual e cutâneo em bebês (Huang *et al.*, 2018; Senevirathne & Kim, 2012).

A deficiência em DHA ocorre durante o envelhecimento e prejudica a memória, a aprendizagem e promove as doenças neurodegenerativas relacionadas com a idade, incluindo a doença de Alzheimer. Está reportado que o DHA tem a capacidade de inibição de formação de tumores e de quimioprevenção contra cancro do cólon, cancro da próstata, cancro do pâncreas e cancro da mama (Biswas, 2016; Ulven *et al.*, 2011). O EPA está também envolvido na prevenção ou tratamento de doenças neurodegenerativas devido à sua atividade anti-inflamatória e neuroprotetora (Huang *et al.*, 2018). Os ácidos gordos ómega-3 estão envolvidos em vários mecanismos cardioprotetores. A nível do ritmo cardíaco, pensa-se que os ácidos gordos ómega-3 estabilizam a atividade elétrica dos miócitos cardíacos, conseguindo prolongar o período refratário relativo. O efeito antitrombótico e antiplaquetário deve-se à capacidade do EPA inibir a prostaglandina tromboxano A₂, que causa agregação plaquetária e vasoconstrição. O consumo de óleo de peixe mostrou a diminuição da produção de radicais livres de oxigénio nos neutrófilos, aumentando assim a biodisponibilidade de óxido nítrico. Este composto tem efeito vasodilatador (Jain *et al.*, 2015). O consumo de EPA e DHA tem também mostrado um papel importante na prevenção da aterosclerose, uma vez que conseguem reduzir a síntese de células do músculo liso e macrófagos, que são duas importantes células para o desenvolvimento de placas ateroscleróticas. Relativamente ao metabolismo dos lípidos, o consumo de EPA demonstra a redução das concentrações sanguíneas de colesterol total e de triglicéridos, através da inibição da síntese de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e de triglicérideos no fígado. Além disso, a ingestão de ácidos gordos ómega-3 resultou numa alteração favorável ao metabolismo das lipoproteínas de alta densidade (HDL) (Huang *et al.*, 2018; Jain *et al.*, 2015).

A nível farmacológico, o uso deste óleo manifesta-se promissor na indústria farmacêutica e cosmética. O óleo de peixe e os seus ativos, nomeadamente os PUFA ómega-3 e 6 demonstram ser importantes substâncias na manutenção da homeostase da pele e na melhoria de várias patologias cutâneas. Estes melhoram a função barreira da pele, inibem a inflamação e hiperpigmentação induzidas pelos raios ultravioleta (UV), atenuam a pele seca e o prurido causados pela dermatite, aceleram o processo de cicatrização de feridas e previnem o desenvolvimento de cancro da pele. Todos estes benefícios podem ser alcançados por diferentes vias de administração, incluindo suplementação oral e aplicação tópica. Outras substâncias presentes no óleo de peixe,

como a vitamina A, a vitamina D e o selênio, entre outras, contribuem para a bioatividade deste (Huang *et al.*, 2018). As utilizações recentes dos ácidos gordos encontrados no óleo de peixe em doenças relacionadas com a pele incluem terapias para fotoenvelhecimento, cancro, dermatite, cicatrização de feridas e melanogênese. O uso dos PUFA melhora os sintomas das doenças de pele. Alguns ácidos gordos têm sido aprovados para uso clínico ou estão em estudo clínico para uso preventivo ou terapêutico (Huang *et al.*, 2018). A dermatite é caracterizada por um estado inflamatório da pele que tem como sintomas prurido intenso, pápulas eritematosas com escoriação, vesículas, placas espessas de pele, entre outros. Estes sintomas da dermatite podem causar alterações na função barreira da pele, provocando invasão de bactérias e alergénios, assim como perda de água e gordura. O óleo de peixe e os ácidos gordos são vantajosos no tratamento dos sintomas da dermatite e atuam particularmente na restauração da função barreira e na hidratação da pele (Dini & Laneri, 2019; Huang *et al.*, 2018). Segundo os mesmos autores, crê-se que o uso tópico e oral dos PUFA presentes no óleo de peixe são vantajosos na prevenção e tratamento do envelhecimento cutâneo (Dini & Laneri, 2019; Huang *et al.*, 2018). O uso destes ácidos gordos em produtos farmacêuticos e cosméticos já é conhecido, contudo, o uso do óleo de peixe (numa perspetiva de valorização dos subprodutos da indústria pesqueira), poderia ser igualmente integrado na formulação, até porque para além dos PUFA, o óleo também contém minerais, vitaminas A e D.

Vários estudos epidemiológicos mostraram que o consumo insuficiente de PUFA ómega-3 está associado a um maior risco de deficiência cognitiva ou demência, especialmente para a doença de Alzheimer. O DHA é o componente primário da membrana de fosfolípidos no cérebro, especialmente no córtex, mitocôndria, sinaptossomas e vesículas sinápticas (Shahidi & Ambigaipalan, 2018). O mecanismo de ação dos PUFA na função cerebral está relacionado com o controlo e a atividade do crescimento dos neurotransmissores e dos fatores neuronais. Alguns suplementos alimentares, habitualmente usados em associação com tratamentos antidepressivos ou como preventivos da doença de Alzheimer, já existem no mercado.

Vários estudos epidemiológicos têm demonstrado a associação do consumo de PUFA ómega-3 com a saúde materna durante a gravidez e a saúde infantil. Estes compostos têm influência na longevidade da gestação, nascimento prematuro, peso do recém-nascido, depressão pré-parto, hipertensão gestacional e pré-eclampsia, padrões de

crescimento pós-natal, desenvolvimento neurológico, desenvolvimento cognitivo, distúrbios do espectro de autismo, doença de hiperatividade com déficit de atenção, alterações de aprendizagem, dermatite atópica, alergias e distúrbios respiratórios. Assim, recomenda-se a ingestão de suplementos alimentares com DHA durante e após a gravidez, uma vez que este ácido graxo essencial atravessa a placenta e passa para o leite materno. Nas fórmulas de leite infantil, é também adicionado DHA de forma a promover o melhor desenvolvimento do bebê (Shahidi & Ambigaipalan, 2018; Innis, 2008).

3.4. Proteínas

O peixe apresenta um valor nutricional reconhecido, muito devido ao conhecimento do mesmo como uma fonte primordial de proteínas de elevado valor biológico. Contudo, existem outros constituintes que se provaram benéficos na alimentação humana, nomeadamente, gorduras insaturadas do tipo ómega-3 e fosfolípidos, o que fez aumentar ainda mais o interesse pelo pescado e pelos subprodutos da indústria do mesmo. Na indústria de pescado, os subprodutos são normalmente aproveitados para fazer farinha de peixe (sub-capítulo 3.1), que é grandemente utilizada para incorporação em *pet food*. No entanto, não é um produto que represente grandes retornos económicos, o que fez com que as empresas começassem a avaliar outras potencialidades dos subprodutos para os tornar numa mais-valia económica.

Conforme já foi referido anteriormente, a composição nutricional do peixe depende da espécie, idade, género, saúde, estado nutricional e época do ano (Khawli *et al.*, 2019). De uma maneira geral, diferentes estudos referem que a sua composição média caracteriza-se por apresentar teores consideráveis de proteínas (15%-30%), lípidos (0%-25%) e elevados teores de água (50%-80%) (Erkan & Özden, 2007; Kundam *et al.*, 2018; Pateiro *et al.*, 2020). Assim, e dependendo do teor de gordura, encontram-se peixes magros, como bacalhau e pescada, com composições de 20% de proteína, 80% água e níveis bastante baixos de lípidos (0,5%-3%); peixes gordos, como cavala e salmão, com um teor proteico similar, mas maior teor de gordura (10%-18%) e, portanto, menor teor de água (62%-70%) (Kundam *et al.*, 2018). Os compostos saudáveis presentes na composição dos peixes também fazem parte dos seus subprodutos. Portanto, torna-se necessário analisar esses subprodutos, principalmente

quanto às frações proteicas e lipídicas. Isso vai permitir uma caracterização mais detalhada desses resíduos, identificando-se as substâncias ativas que podem estar presentes, e assim determinar o valor desses produtos (Franco *et al.*, 2020; Villamil *et al.*, 2017).

O peixe apresenta dois tipos de músculo: o claro e o escuro. A proporção de músculo escuro é baixa em peixes brancos, como o bacalhau (género *Gadus*) e o eglefim (*Melanogrammus aeglefinus*). Por outro lado, nos peixes mais gordos, como o arenque (*Clupea*) e a cavala (*Scomber scombrus*), a percentagem de músculo escuro é maior e os músculos contêm mais vitaminas e gorduras. De facto, o músculo claro é o mais abundante e contém maior teor proteico (18-23%) (Ghaly *et al.*, 2013). Cerca de 70-80% do músculo dos peixes é constituído por proteínas estruturais e os restantes 20-30% é composto por proteínas sarcoplasmáticas com 2-3% de proteínas insolúveis do tecido conjuntivo (Ghaly *et al.*, 2013). As proteínas miofibrilares são as proteínas primárias alimentares que os peixes produzem, representado 66-77% do conteúdo total em proteína no músculo. Estas proteínas contêm 50-60% de miosina e 15-30% de actina (Ghaly *et al.*, 2013).

No que toca aos subprodutos do pescado, sabe-se que os ossos do peixe podem conter quantidades consideráveis de proteínas musculares (Pateiro *et al.*, 2020). Estas proteínas musculares do peixe são altamente nutritivas e de fácil digestão e podem ser extraídas por hidrólise enzimática (ácida e alcalina). Além disso, são nutricionalmente valiosas e superiores em relação às de origem vegetal, uma vez que apresentam melhor equilíbrio nos aminoácidos essenciais (Ghaly *et al.*, 2013; Senevirathne & Kim, 2012).

As proteínas do peixe contêm muitos péptidos bioativos que são facilmente absorvidos e podem ser usados para várias atividades metabólicas. Vários péptidos foram referidos como inibidores da enzima de conversão da angiotensina (ECA), mostrando um papel importante no tratamento da hipertensão arterial. Estes péptidos são uma alternativa natural e mais segura em relação aos compostos artificiais inibidores da ECA, que apresentam alguns efeitos secundários (Senevirathne & Kim, 2012).

Vários estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de reaproveitar os peixes não edíveis e os subprodutos dos peixes edíveis para a produção de produtos comercialmente enriquecidos (Sarmadi & Ismail, 2010). Assim, as proteínas hidrolisadas e extraídas dos desperdícios industriais mostram ser uma boa alternativa como compostos bioativos e/ou ingredientes naturais, pois tornam-se um produto concentrado e purificado. Segundo Wangkheirakoam *et al.* (2019), as proteínas

hidrolisadas provenientes de peixes não utilizados para consumo direto ou os resíduos de peixes comestíveis podem conferir estabilidade a produtos alimentares, fármacos nobres e nutracêuticos. Atualmente já existem diversas aplicações de proteínas hidrolisadas em uma variedade de indústrias alimentares, incluindo-se a produção de substitutos do leite, intensificadores de sabor em produtos de confeitaria, estabilizadores de bebidas, suplementos de proteína, ração animal e meios microbianos. Estes podem ser usados como um ingrediente funcional na indústria alimentar. Apresentam várias propriedades como capacidade de retenção de água, absorção de óleo, atividade gelificante, capacidade de formar espuma e propriedades de emulsificação (Ghaly *et al.*, 2013; Senevirathne & Kim, 2012). Além disso, está descrito que as proteínas hidrolisadas previnem a oxidação lipídica dos alimentos durante o processamento e o armazenamento dos mesmos (Gajanan *et al.*, 2016). Alguns estudos sobre hidrolisados proteicos obtidos dos subprodutos do pescado focam as propriedades emulsificantes e referem que estes são afetados pelo grau de hidrólise. De acordo com Gbogouri *et al.* (2004) a melhor estabilidade da emulsão é obtida com um baixo grau de hidrólise da proteína do salmão (*Salmo salar*, família Salmonidae). Da mesma forma, o hidrolisado obtido a partir da sardinha (*Sardina*, família Clupeidae) tem maior capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão quando o grau de hidrólise é baixo (Ghaly *et al.*, 2013). Os péptidos isolados de proteínas hidrolisadas de vários peixes mostraram também outras atividades biológicas, como antioxidante, anti-trombótica e imunomoduladora. Testes *in vitro* demonstraram que os péptidos apresentam propriedades anticoagulantes, anti-plaquetárias e a capacidade de exercer potentes atividades antioxidantes em diferentes sistemas oxidativos (Senevirathne & Kim, 2012). Assim, recorrendo-se a hidrólises enzimáticas, os subprodutos do pescado podem fornecer proteínas de elevado valor biológico, uma vez que as proteínas derivadas de peixes têm uma qualidade superior de aminoácidos essenciais quando comparadas com outras fontes de proteína animal (Wangkheirakpam *et al.*, 2019). Face ao exposto, a hidrólise enzimática promove um elevado rendimento de extrato proteico obtido a partir dos subprodutos da indústria pesqueira, bem como uma elevada qualidade do produto final, garantindo-se um maior controlo das características organolépticas do mesmo (sabor, textura) e propriedades funcionais desejáveis. Para isso, basta ter em consideração a seleção da enzima para uma determinada matéria-prima, permitindo alcançar-se os resultados desejados.

3.4.1. Aminoácidos

As proteínas do peixe têm uma composição equilibrada de aminoácidos. O peixe é composto por 16-18 aminoácidos dependendo da espécie e das variações sazonais. É composto por oito aminoácidos essenciais e oito não essenciais. Devido ao rico conteúdo em aminoácidos, é usado como refeição, molho de peixe, fertilizante, alimentação animal e silagem de peixe (Ghaly *et al.*, 2013). Os aminoácidos podem ser produzidos através da hidrólise de proteínas, sendo que os métodos mais usados são os químicos e biológicos. O objetivo do processo de hidrólise é libertar e recuperar os aminoácidos sem que sejam afetadas as suas propriedades químicas e funcionais (Ghaly *et al.*, 2013).

As proteínas de peixe hidrolisadas apresentam variações na composição de aminoácidos, que depende de vários fatores como a matéria-prima, composição de enzimas e condições de hidrólise. De acordo com Chalamaiah *et al.* (2012), as proteínas hidrolisadas a partir do músculo do peixe, da cabeça, da pele e das vísceras apresentam elevado conteúdo em aminoácidos essenciais e não essenciais. De todos os aminoácidos, o glutamato e o aspartato foram os encontrados em maior quantidade nos hidrolisados de proteínas (Chalamaiah *et al.*, 2012).

Os aminoácidos apresentam um vasto valor nutricional e são essenciais para a síntese de uma ampla variedade de proteínas com funções importantes, incluindo o transporte de oxigênio, vitaminas, enzimas e proteínas estruturais (Chalamaiah *et al.*, 2012). São usados como aditivos alimentares, em aplicações farmacêuticas e como suplementos alimentares (Park, *et al.*, 2016). Os aminoácidos como a arginina, glicina, glutamato e histidina são usados em proteínas farmacêuticas como excipiente para o desenvolvimento de medicamentos (Ghaly *et al.*, 2013). Além disso, são também usados na indústria farmacêutica como purificadores de proteínas, formulações farmacêuticas e na produção de antibióticos. Alguns aminoácidos, como o glutamato, a alanina, o aspartato e a arginina, também são largamente utilizados na indústria alimentar, como aditivos intensificadores de sabores (Ghaly *et al.*, 2013).

3.4.2. Enzimas

Os desperdícios do peixe como as vísceras, fígado, cabeça e conchas são fontes ricas de enzimas, cujas propriedades catalíticas têm sido aproveitadas em diversas áreas industriais (Venugopal, 2016). A utilização de enzimas derivadas do peixe no processamento industrial apresenta várias vantagens, em comparação com os métodos químicos, como melhor controle do processo, maior segurança toxicológica e ambiental e, ainda, menor gasto de energia (Venugopal, 2016). Além disso, a sua extração pode ser aplicada nas indústrias alimentar, cosmética, farmacêutica e, ainda, na produção de proteínas de peixe hidrolisadas (Castro-Ceseña *et al.*, 2012).

As proteases do peixe e dos invertebrados aquáticos podem ser divididas em quatro grupos, nomeadamente as proteases do ácido aspártico (como a pepsina), proteases de serina (como a tripsina e a quimotripsina), proteases de cisteína (como a calpaína e a catepsina B, H, L) e metaloproteinases (como a colagenase) (Venugopal, 2016). As proteases são enzimas que clivam as ligações peptídicas das proteínas e são consideradas as enzimas mais importantes e mais utilizadas na indústria alimentar, apesar das proteases de origem marinha ainda serem usadas com limitações (Rasmussen & Morrissey, 2007). As proteases são usadas na recuperação das proteínas dos desperdícios do peixe, como é o caso da colagenase para extrair o colagénio de várias espécies de peixes. Outras proteases, como a tripsina, quimotripsina e pepsina, cuja principal fonte são as vísceras do peixe, são também usadas para a obtenção de hidrolisados de proteína de peixe, que consiste em pequenos péptidos e aminoácidos. Além disso, os hidrolisados são uma boa fonte de péptidos bioativos, que apresentam atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-hipertensora, imunomoduladora, entre outras. As proteases alcalinas derivadas das vísceras do peixe são eficazes na extração eficiente da quitina (Ghaly *et al.*, 2013; Rasmussen & Morrissey, 2007; Venugopal, 2016).

Enquanto que a maior parte das enzimas usadas na indústria alimentar são responsáveis pela quebra de ligações específicas, as transglutaminases são capazes de modificar funções de proteínas, promovendo ligações cruzadas entre elas (Rasmussen & Morrissey, 2007). As transglutaminases estão envolvidas na regulação do crescimento celular, diferenciação celular, coagulação sanguínea, queratinização epidérmica e no endurecimento da membrana do eritrócito. Estas enzimas são utilizadas na indústria

alimentar como modificadoras da textura nos produtos processados do pescado (Venugopal, 2016).

As lipases englobam diversas enzimas que catalisam a hidrólise das ligações éster em substratos como triglicerídeos, fosfolípidos, ésteres de colesterol e ésteres de vitaminas. Estas enzimas podem ser usadas para o enriquecimento dos óleos de peixe em EPA e DHA, uma vez que são muito específicas, ao contrário das lipases não marinhas (Rasmussen & Morrissey, 2007; Venugopal, 2016).

As carbohidrases incluem as quitinases, cuja função é clivar as ligações glicosídicas da quitina. Estas são usadas principalmente para converter a quitina em quitosano por desacetilação da quitina (Venugopal, 2016).

3.4.3. Colagénio e gelatina

Durante as operações de processamento de peixe, a remoção de produtos com colagénio e gelatina pode chegar a 30% do total dos subprodutos obtidos após a filetagem (Blanco *et al.*, 2017). O desperdício da pele do peixe é uma boa fonte de colagénio e gelatina, que são regularmente usados nas indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética. O colagénio e a gelatina são duas formas diferentes da mesma macromolécula (Ghaly *et al.*, 2013). O colagénio é uma proteína estrutural do tecido conjuntivo (pele, cartilagem, tendões e ossos) e é produzido no tecido conjuntivo por fibroblastos em numerosas células epiteliais. O colagénio representa cerca de 30% da massa proteica do corpo e é fundamental na estrutura de diferentes tipos de tecidos, conferindo rigidez e integridade aos ossos e à pele. Existem muitos tipos de colagénio, sendo que os principais são o tipo I, II e III. Os fibroblastos dérmicos produzem elastina e colagénio tipo I e III, juntamente com outras proteínas da matriz extracelular (Lupu *et al.*, 2020). Uma vez que a derme fornece nutrientes à pele, através dos vasos sanguíneos, e proporciona estrutura de suporte à epiderme, é necessário manter a estrutura da camada dérmica para manter o funcionamento das células da pele. Por outro lado, a cartilagem contém colagénio tipo II e III. O colagénio hidrolisado é rico em aminoácidos como glicina e prolina e, após digestão, é acumulado na cartilagem ou na pele e ajuda a manter a sua estabilidade e regeneração (Lupu *et al.*, 2020; Dini & Laneri, 2019; Rodríguez *et al.*, 2017).

A matriz extracelular é principalmente composta por proteoglicanos de colagénio, que têm influência na resistência, filtração molecular, hidratação cutânea, comportamento das células e interações célula-matriz. São uma fonte importante de citocinas e fatores de crescimento, e podem influenciar significativamente a homeostase dos tecidos (Lupu *et al.*, 2020). As indústrias farmacêutica, cosmética e alimentar preferem o colagénio de origem marinha, em relação ao de origem animal, uma vez que o colagénio obtido de fontes marinhas é mais facilmente absorvido, tem menor peso molecular e apresenta menos reações inflamatórias e menor número de contaminantes. Além disso, a utilização de colagénio de origem bovina apresenta o risco de transmissão da doença encefalopatia espongiiforme bovina. O colagénio marinho é semelhante ao de origem bovina ou suína a nível de biocompatibilidade e conteúdo em aminoácidos. Este composto é muito usado no tratamento de feridas, queimaduras e úlceras e também como protetor antimicrobiano, prevenindo a perda de hidratação e calor do tecido ferido (Lupu *et al.*, 2020; Ghaly *et al.*, 2013). Na indústria farmacêutica, o colagénio é também utilizado como transportador de moléculas para medicamentos, proteínas e genes, uma vez que tem a capacidade de manter a concentração sanguínea de medicamentos durante um longo intervalo de tempo e ainda permite a libertação controlada em locais alvo (Senevirathne & Kim, 2012).

O envelhecimento da pele pode ocorrer devido ao processo normal ou intensificado por exposição à radiação solar. São vários os fatores que levam ao envelhecimento cutâneo, como alterações na camada dérmica, alterações e modificações na matriz extracelular, aumento dos marcadores inflamatórios e diminuição do fluxo sanguíneo. Ao longo do tempo, os depósitos de colagénio e elastina diminuem. Desta forma, a indústria cosmética tenta encontrar soluções para melhorar a aparência da pele do rosto e pescoço. O colagénio é um ingrediente importante dos produtos farmacêuticos, cosméticos e alimentares e atua nos tecidos conjuntivos da pele, tendões e ligamentos. Os péptidos de colagénio são usados como suplementos dietéticos em casos de desnutrição ou outras doenças degenerativas para recuperar a densidade óssea. São vários os efeitos benéficos dos péptidos de colagénio na elasticidade da pele, como redução das rugas e aumento do depósito de colagénio na derme. No entanto, de forma a que este consiga ter ação nas camadas mais profundas da pele, o colagénio hidrolisado deve entrar na corrente sanguínea, atravessando a barreira intestinal (Lupu *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2017).

O colagénio hidrolisado é cada vez mais usado em suplementos alimentares e na indústria farmacêutica, uma vez que muitos estudos clínicos têm mostrado vários benefícios, como biodisponibilidade, rápida absorção gastrointestinal, passagem para a corrente sanguínea na forma de pequenos péptidos e acumulação na pele 96 horas após ingestão. Após a ingestão de colagénio hidrolisado, são encontrados na corrente sanguínea a prolina e a hidroxiprolina. Estes péptidos do colagénio apresentam baixo peso molecular e rápida absorção e são distribuídos em diferentes tecidos, como na pele, onde estes peptídeos têm mostrado a sua eficácia e benefícios (Lupu *et al.*, 2020).

Os fibroblastos ativados pelo colagénio hidrolisado levam à produção de colagénio, ácido hialurónico e elastina. Atualmente existem vários suplementos alimentares ou cosméticos baseados em colagénio comercializados, como por exemplo:

- suplemento alimentar Arkoflex Dolexpert® da Arkopharma – contém colagénio hidrolisado e colagénio tipo II e é usado para problemas nas articulações;
- suplemento alimentar Colagenius Beauty® da Uriach – contém colagénio hidrolisado e é utilizado para prevenção do envelhecimento cutâneo.

O processo de envelhecimento da pele está muito relacionado com o metabolismo molecular e as modificações da matriz extracelular da derme, resultando em modificações da estrutura e funcionalidade das fibras de colagénio, elastina e ácido hialurónico. As manifestações clínicas deste processo incluem aumento da flacidez, fragilidade, secura cutânea e aparecimento de rugas. O consumo de colagénio hidrolisado apresenta vários benefícios no corpo humano, tais como alívio das dores nas articulações, aumento da hidratação cutânea, aumento da formação de massa muscular, diminuição do tempo de recuperação e aumento da formação de creatina. Também é usado em suplementos para cabelo e unhas. O colagénio hidrolisado pode ser associado a vitaminas e outros tipos de nutrientes (Lupu *et al.*, 2020; Dini & Laneri, 2019).

A gelatina consiste na hidrólise das moléculas de colagénio de forma irreversível, em que a hidrólise resulta na redução de fibrilas de proteína em péptidos mais pequenos. A desnaturação pelo calor facilmente converte o colagénio em gelatina. A gelatina tem aplicações em vários campos devido às suas propriedades químicas e físicas únicas, em comparação com as proteínas do músculo dos peixes. As propriedades físico-químicas e funcionais da gelatina de peixe têm sido muito estudadas, especialmente em relação às suas propriedades reológicas, emulsificantes, formadores de espuma, formação de película e características sensoriais (Duan *et al.*, 2018; Senevirathne & Kim, 2012). A

sua composição é rica em aminoácidos não polares, como a glicina, a alanina, a valina e a prolina. As gelatinas são produzidas em grande escala a partir da pele e dos ossos de mamíferos terrestres, principalmente de origem bovina e suína, por extração alcalina ou ácida (Duan *et al.*, 2018). Mais recentemente, o uso de pele e ossos de peixe para produção de gelatina tem ganhado mais interesse devido à maior segurança, uma vez que não há o risco de transmissão de doenças. Uma vez que é feita a partir de subprodutos da indústria do processamento do peixe, a gelatina de origem marinha evita o desperdício e poluição causados por esta indústria. Além disso, as gelatinas derivadas do peixe são aceitas em algumas áreas geográficas devido a objeções religiosas relacionadas com a origem animal (Duan *et al.*, 2018; Senevirathne & Kim, 2012).

Os péptidos de gelatina têm uma sequência repetida e única de aminoácidos glicina-prolina-alanina na sua estrutura e pensa-se que as suas propriedades antioxidantes e anti-hipertensoras são derivadas desta estrutura. A gelatina possui a propriedade de se dissolver na boca e, por isso, é usada em várias aplicações nas indústrias alimentares e farmacêutica (Ait Boulahsen *et al.*, 2018; Ghaly *et al.*, 2013; Senevirathne & Kim, 2012).

3.5. Quitina e quitosano

Os desperdícios das conchas dos crustáceos e do marisco são outra categoria importante de subprodutos resultantes da indústria de processamento do peixe. A quitina é um dos maiores componentes estruturais destas conchas e possui polissacáridos biologicamente ativos, podendo assim apresentar várias aplicações. Os desperdícios das conchas são atualmente usados para produção comercial de quitina e quitosano em larga escala (Senevirathne & Kim, 2012).

A quitina é um polímero linear e o quitosano é um polissacárido derivado da quitina. Estes têm ganhado muita importância devido a não apresentarem toxicidade, possuindo diversas propriedades biológicas (Ait Boulahsen *et al.*, 2018; Senevirathne & Kim, 2012).

O quitosano e os seus derivados apresentam atividade antioxidante, através da captação de vários radicais livres, incluindo radicais de oxigénio, e são referidos também como bons agentes antimicrobianos (Senevirathne & Kim, 2012). Acredita-se que a ação antibacteriana é devida à adsorção dos grupos amónio quaternários, carregados

positivamente, à superfície e na membrana da célula bacteriana, com carga negativa, o que origina o rebotamento da membrana. Muitos estudos provaram que o quitosano e os seus derivados mostraram atividade antibacteriana, antifúngica e antivírica (Senevirathne & Kim, 2012).

A quitina, o quitosano e os seus derivados também possuem atividade inibitória da ECA (Senevirathne & Kim, 2012). Muitos estudos mostraram que o quitosano tem atividade imunoestimulatória e consegue diminuir os níveis de colesterol total e triglicéridos plasmáticos. Além disso, tem sido mostrado que o quitosano tem a capacidade de reduzir o risco de doenças cardiovasculares (Senevirathne & Kim, 2012).

A quitina é largamente usada para imobilizar enzimas e células. A imobilização de enzimas pode ser usada na indústria alimentar para clarificar sumos de fruta e no processamento do leite. As suas propriedades antibacterianas, de biodegradabilidade, não toxicidade, de hidrofília, de capacidade de formação de gel, de afinidade para proteínas, além de serem fisiologicamente inerte, têm aplicações em várias áreas, como na alimentar e farmacêutica. A quitina é usada no tratamento de feridas e na libertação controlada de fármacos. Também é usada como excipiente e transportador de medicamentos na forma de gel ou pó para aplicações que envolvem mucoadesividade. O quitosano é um polímero pseudocatiónico natural, e devido a esta característica, é apropriado para aplicações cosméticas, especialmente para cuidado do cabelo (Ait Boulahsen *et al.*, 2018; Senevirathne & Kim, 2012).

3.6. Minerais

Os ossos dos peixes são normalmente separados após remoção das proteínas musculares e contêm 60 a 70% de minerais, incluindo cálcio, fósforo e zinco maioritariamente (Abbey *et al.*, 2017).

Os ossos obtidos do desperdício do processamento podem ser usados como uma importante fonte de cálcio inorgânico, cuja extração pode ser aplicada na indústria alimentar. Este mineral pode ser usado para fortificar leite em pó e outros alimentos (Ghaly *et al.*, 2013; Senevirathne & Kim, 2012). Os ossos são, igualmente, uma boa fonte de hidroxiapatite, que consiste num mineral de cálcio fosfatado e pode ser usado como material de enxerto ósseo em aplicações médicas e dentárias (Shi *et al.*, 2018). As propriedades mais importantes da hidroxiapatite incluem a biocompatibilidade e a

bioatividade, a composição inorgânica semelhante à do osso natural, o facto de não se partir em condições fisiológicas, a estabilidade termodinâmica a pH fisiológico e a contribuição para fortalecer a ligação óssea (Shi *et al.*, 2018; Ghaly *et al.*, 2013;).

Nos últimos anos, têm sido usados biomateriais baseados em fosfato de cálcio, especialmente hidroxiapatite, para a reparação de fraturas ósseas, devido às suas propriedades osteoindutivas e osteocondutoras (Pon-on *et al.*, 2016). A hidroxiapatite é também bastante atrativa como substituo do osso por ser não-tóxica e não imunogénica, ter a força mecânica e propriedades de superfície desejáveis para a regeneração óssea. É, desta forma, usada em aplicações ortopédicas e dentárias (Pon-on *et al.*, 2016).

Atualmente, é possível produzir hidroxiapatite de forma sintética, através de métodos químicos, no entanto as vantagens da hidroxiapatite com origem no osso do peixe são mais semelhanças com o osso humano, maior atividade biológica, melhores propriedades físico-químicas, nomeadamente suporte e força e, ainda, menores custos de produção (Shi *et al.*, 2018; Pon-on *et al.*, 2016).

O peixe é também considerado uma boa fonte de selénio, zinco e magnésio (Larsen *et al.*, 2011; Välimaa *et al.*, 2019). O selénio tem propriedades antioxidantes e o seu consumo tem sido relacionado com a proteção contra vários cancros, proteção cardiovascular e neurológica (Larsen *et al.*, 2011; Välimaa *et al.*, 2019).

No entanto, nem todos os minerais estão presentes em todas as espécies de peixes, nem nas mesmas concentrações, sendo por isso importante selecionar a espécie e o subproduto da mesma para se obter o mineral desejado (Erkan & Özden, 2007).

III. CONCLUSÃO

As indústrias do pescado produzem, diariamente, quantidades significativas de resíduos sólidos orgânicos, material que por muitas vezes não é aproveitado devido à escassez de conhecimentos sobre o setor pesqueiro, mais concretamente sobre os procedimentos tecnológicos e sanitários necessários para o reaproveitamento e aplicabilidade desses resíduos.

A indústria pesqueira tem um grande impacto em Portugal e, atendendo às necessidades crescentes de implementar medidas de sustentabilidade ambiental e de redução do desperdício alimentar, torna-se cada vez mais fundamental a valorização e o aproveitamento dos resíduos e dos subprodutos das indústrias agroalimentares. Atualmente uma grande parte dos subprodutos do processamento do peixe é desperdiçada ou usada para produção de produtos de baixo valor económico. No entanto, verifica-se que há um grande potencial para reduzir a quantidade de desperdícios desta indústria e usá-los na produção de substâncias de valor acrescentado para consumo humano. De facto, ao longo dos anos, tem havido uma aposta cada vez maior na produção e utilização dos subprodutos da indústria pesqueira, sendo que estes produtos têm vindo a ganhar terreno nas áreas alimentar, farmacêutica e cosmética.

Face ao exposto, esta revisão bibliográfica permite reconhecer e enaltecer o interesse em estudar e utilizar as peles, os ossos, as barbatanas e até partes edíveis do peixe, mas desperdiçadas pela indústria pesqueira, referindo os principais produtos (compostos e ingredientes) com valor acrescentado que se podem obter e as aplicações concretas dos mesmos. Os investimentos nestas áreas têm sido crescentes e promissores, o que impulsiona o conceito de sustentabilidade.

Bibliografia

- Abbey, L., et al. (2017). Nutrient content of fish powder from low value fish and fish byproducts. *Food Science and Nutrition*, 5(3), pp. 374–379.
- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), pp. 1275–1290.
- Ait Boulahsen, M., et al. (2018). Optimization and characterization of gelatin and chitosan extracted from fish and shrimp waste. *E3S Web of Conferences*, 37, pp. 6–13.
- Alves, A. L., et al. (2017). Cosmetic Potential of Marine Fish Skin Collagen. *Cosmetics*, 4(39), pp. 1–16.
- Baptista, P., et al. (2012). *Do Campo ao Garfo: Desperdício Alimentar em Portugal*. Lisboa, Cestras.
- Bastos, S. C., et al. (2014). Fish filleting residues for enrichment of wheat bread: chemical and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), pp. 2240–2245.
- Béné, C., et al. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7(2), pp. 261–274.
- Biswas, S. K. (2016). Does the Interdependence between Oxidative Stress and Inflammation Explain the Antioxidant Paradox? *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, pp. 17–19.
- Blanco, M., Vázquez, R. I. P.-M., & Sotelo, C. G. (2017). Hydrolysates of Fish Skin Collagen: An Opportunity for Valorizing Fish Industry Byproducts. *Marine Drugs*, 15(131), pp. 1–15.
- Bond, M., et al. (2013). Food waste within global food systems. In *Global Food Security Programme*. [Em linha] Disponível em www.foodsecurity.ac.uk. [Consultado em 08/03/2020]
- Brink, P. J. et al. (2019). Towards Sustainable Environmental Quality: Priority Research Questions for Europe. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(9), pp. 1–28.
- Castro-Ceseña, A. B., Sánchez-Saavedra, M. del P., & Márquez-Rocha, F. J. (2012). Characterisation and partial purification of proteolytic enzymes from sardine by-products to obtain concentrated hydrolysates. *Food Chemistry*, 135, pp. 583–589.

- Chalamaiah, M., et al. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*, 135(4), pp. 3020–3038.
- Cholewski, M., Tomczykowa, M., & Michal, T. (2018). A Comprehensive Review of Chemistry, Sources and Bioavailability of Omega-3 Fatty Acids. *Nutrients*, 10(1662). pp. 1-33.
- Comissão Europeia. (2017). Agricultura. In *Compreender as políticas da União Europeia*. Bélgica.
- Dini, I., & Laneri, S. (2019). Nutricosmetics: A brief overview. *Phytotherapy Research*, pp. 1–10.
- Direcção-Geral das Pescas e Aquicultura. (2013). *Plano Estratégico Nacional para a pesca 2007–2013*. Lisboa.
- Duan, R., et al. (2018). The functional properties and application of gelatin derived from the skin of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Food Chemistry*, 239, pp. 464–469.
- Durmuş, M. (2019). Fish oil for human health: Omega-3 fatty acid profiles of marine seafood species. *Food Science and Technology*, 39, pp. 454–461.
- Erkan, N., & Özden, Ö. (2007). Proximate composition and mineral contents in aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by ICP-MS. *Food Chemistry*, 102(3), pp. 721–725.
- European Commission. (2015). *Closing the Loop-An EU Action Plan for the Circular Economy*. Brussels, Belgium.
- FAO. (2020). *The state of world fisheries and aquaculture* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Farrell, A. P., et al. (2011). Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. In *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Italy, Elsevier Inc.
- Fasasi, O. S., Adeyemi, I. A., & Fagbenro, O. A. (2007). Functional and Pasting Characteristics of Fermented Maize and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Flour Diet. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(4), pp. 304–309.
- Faustino, M., et al. (2019). Agro-Food Byproducts as a New Source of Natural Food Additives. *Molecules*, 24(6), pp. 1–23.
- Franco, D., et al. (2020). Application of pulsed electric fields for obtaining antioxidant extracts from fish residues. *Antioxidants*, 9(2), pp. 1–14.

- Gajanan, P. G., Elavarasan, K., & Shamasundar, B. A. (2016). Bioactive and functional properties of protein hydrolysates from fish frame processing waste using plant proteases. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(24), pp. 24901–24911.
- Gammone, M. A., et al. (2019). Omega-3 polyunsaturated fatty acids: Benefits and endpoints in sport. *Nutrients*, 11(1), pp. 1–16.
- Gbogouri, G. A., et al. (2004). Influence of hydrolysis degree on the functional properties of salmon byproducts hydrolysates. *Journal of Food Science*, 69(8), pp. 615–622.
- Ghaly, A. E., et al. (2013). Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 5(4), pp. 107–129.
- Giri, A., et al. (2010). Olfactometric characterization of aroma active compounds in fermented fish paste in comparison with fish sauce, fermented soy paste and sauce products. *Food Research International*, 43(4), pp. 1027–1040.
- Godfray, C. (2013). O desafio de alimentar nove mil milhões de pessoas em 2050. In *O futuro da alimentação, ambiente, saúde e economia*. Fundação Calouste Gulbenkian. pp. 18–32.
- Halim, N. R. A., Yusof, H. M., & Sarbon, N. M. (2016). Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 51, pp. 24–33.
- Hosomi, R., Yoshida, M., & Fukunaga, K. (2012). Seafood Consumption and Components for Health. *Global Journal of Health Science*, 4(3), pp. 72–86.
- Huang, T., et al. (2018). Cosmetic and Therapeutic Applications of Fish Oil's Fatty Acids on the Skin. *Marine Drugs*, 16(256), pp. 1–20.
- INE. (2017). *Estatísticas da Pesca - 2017*. Instituto Nacional de Estatística.
- Innis, S. M. (2008). Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain. *Brain Research*, 37, pp. 35–43.
- Jain, A. P., Aggarwal, K. K., & Zhang, P.-Y. (2015). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 19, pp. 441–445.
- Khawli, F. et al. (2019). Innovative Green Technologies of Intensification for Valorization of Seafood and Their By-Products. *Marine Drugs*, 17(689), pp. 1–20.
- Kim, J. Y. (2014). *Food Loss and Waste a Barrier to Poverty Reduction*. [Em linha].

- Disponível em <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/02/27/food-loss-waste-barrier-poverty-reduction> [Consultado em 03/06/2020]
- Kundam, D. N., Acham, I. O., & Girgih, A. T. (2018). Bioactive Compounds in Fish and Their Health Benefits. *Asian Food Science Journal*, 4(4), pp. 1–14.
- Lang, T., & Mason, P. (2018). Sustainable diet policy development: Implications of multi-criteria and other approaches, 2008-2017. *Proceedings of the Nutrition Society*, 77(3), pp. 331–346.
- Larsen, R., Eilertsen, K. E., & Elvevoll, E. O. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, 29(5), pp. 508–518.
- Lupu, M. A., et al. (2020). Beneficial effects of food supplements based on hydrolyzed collagen for skin care. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 20, pp. 12–17.
- Madende, M., & Hayes, M. (2020). Fish By-Product Use as Biostimulants: An Overview of the Current State of the Art, Including Relevant Legislation and Regulations within the EU and USA. *Molecules*, 25(1122). pp. 1-20.
- Martins, W. S. (2011). *Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil*. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- Monteiro, E. (2012). *As pescas portuguesas*. Academia das Ciências de Lisboa.
- Nichols, P. D., et al. (2014). Recent Advances in Omega-3: Health Benefits, Sources, Products and Bioavailability. *Nutrients*, 6, pp. 3727–3733.
- Nunes, M. L. (2012). *Valorização de rejeições e subprodutos do processamento de pescado*. Lisboa: Fundação Champalimaud.
- Nunes, R. M., et al. (2013) Aproveitamento de resíduos de pescado na região dos Lagos: uma questão ambiental. *Revista Saúde, Copro, Ambiente & Cuidado*.
- O'toole, D. K. (2019). The role of microorganisms in soy sauce production. In *Advances in Applied Microbiology*, 1st ed., Vol. 108.
- Park, S. Y., et al. (2016). Partial purification and identification of three antioxidant peptides with hepatoprotective effects from blue mussel (*Mytilus edulis*) hydrolysate by peptic hydrolysis. *Journal of Functional Foods*, 20, pp. 88–95.
- Pateiro, M., et al. (2020). Nutritional Profiling and the Value of Processing By-Products from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*). *Marine Drugs*, 18(101), pp. 1–18.
- Penven, A., Gálvez, R. P., & Bergé, J. (2013). By-products from Fish Processing: Focus

- on French Industry. In R. P. Galvez & J.-P. Berge (Eds.), *Utilization of Fish Waste*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Pon-on, W., et al. (2016). Hydroxyapatite from fish scale for potential use as bone scaffold or regenerative material. *Materials Science & Engineering C*, 62, pp. 183–189.
- Prentice-Hernández, C. (2011). Óleo de pescado. In *Tecnologia do Pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação*. São Paulo. Atheneu.
- Pylak, M., Oszust, K., & Frac, M. (2019). Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 5, pp. 597–616.
- Rasmussen, R. S., & Morrissey, M. T. (2007). Marine Biotechnology for Production of Food Ingredients. *Advances in Food and Nutrition Research*, 52(06), pp. 237–292.
- Rodríguez, M. I. A., Barroso, L. G. R., & Sánchez, M. L. (2017). Collagen: A review on its sources and potential cosmetic applications. *Journal of Cosmetic Dermatology*, pp. 1–7.
- Rustad, T., Storrø, I., & Slizyte, R. (2014). Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, pp. 2001–2014.
- Sadiq, M. B., Singh, M., & Anal, A. K. (2017). Application of food by-products in medical and pharmaceutical industries. In A. K. Anal (Ed.), *Food Processing By-Products and their Utilization*, 1st ed, Wiley.
- Sarmadi, B. H., & Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31(10), pp. 1949–1956.
- Senevirathne, M., & Kim, S. (2012). Utilization of Seafood Processing By-products: Medicinal Applications. In *Advances in Food and Nutrition Research*, 1st ed., Vol. 65. Elsevier Inc.
- Seppänen, L. (2017). Learning challenges and sustainable development: A methodological perspective. *Work*, 57(3), pp. 315–324.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, pp. 1–37.
- Shepherd, C. J., & Jackson, A. J. (2013). Global fishmeal and fish-oil supply: Inputs, outputs and markets. *Journal of Fish Biology*, 83(4), pp. 1046–1066.
- Shi, P., et al. (2018). Characterization of natural hydroxyapatite originated from fish bone and its biocompatibility with osteoblasts. *Materials Science & Engineering*

C, 90, pp. 706–712.

- Šilovs, M. (2018). Fish processing by-products exploitation and innovative fish-based food production. *Research for Rural Development*, 2, pp. 210–215.
- Spalvins, K., & Blumberga, D. (2018). Production of Fish Feed and Fish Oil from Waste Biomass Using Microorganisms: Overview of Methods Analyzing Resource Availability. *Environmental and Climate Technologies*, 22(1), pp. 149–164.
- Szabo, K., Cătoi, A. F., & Vodnar, D. C. (2018). Bioactive Compounds Extracted from Tomato Processing by-Products as a Source of Valuable Nutrients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(4), pp. 268–277.
- Takano, T., et al. (2012). Quality of fish sauce products from recycled by-products from fish gel and kamaboko processing. *Journal of Food Quality*, 35, pp. 217–227.
- Talib, A., & Zailani, K. (2017). Extraction and Purification of Yellowfin Tuna Fishbone Flour as an Ingredient of Future Traditional Medicine. *Journal of Pharmacy*, 7(11), pp. 8–14.
- Ulven, S. M., et al. (2011). Metabolic effects of krill oil are essentially similar to those of fish oil but at lower dose of EPA and DHA, in healthy volunteers. *Lipids*, 46(1), pp. 37–46.
- Välímää, A., et al. (2019). Fish and fish side streams are valuable sources of high-value components. *Food Quality and Safety*, 3, pp. 209–226.
- Vaz-Pires, P., & Coimbra, R. (2013). *Valorization of Marine By-Products in Portugal - a Review*. 43rd WEFTA Conference. 9-11 Outubro. Tromsø, Norway.
- Venugopal, V. (2016). Enzymes from Seafood Processing Waste and Their Applications in Seafood Processing. In *Marine Enzymes Biotechnology: Production and Industrial Applications, Part I - Production of Enzymes*. 1st ed., Vol. 78. Elsevier Inc.
- Villamil, O., Váquiro, H., & Solanilla, J. F. (2017). Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*, 224, pp. 160–171.
- Vinha, A. F., Sousa, C., & Oliveira, M. B. P. P. (2020). *Food waste and by-products recovery: nutraceutical and health potential of carotenoids as natural pigments*. 1st ed. Lambert Academic Publishing.
- Wang, X., et al. (2012). Discharge of nutrient wastes from salmon farms: Environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*, 2(3), pp. 267–283.

Wangkheirakoam, M. R., et al. (2019). Fish waste Utilization with Reference to Fish Protein Hydrolysate - A Review. *Fishery Technology*, 56(8), pp. 169–178.