CAPÍTULO 16: VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DE PEIXES, CRUSTÁCEOS E MOLUSCOS: UMA BREVE REVISÃO

CAPITULO 16: VALORACIÓN DE LOS PECES, CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS SUBPRODUCTOS: UNA REVISIÓN BREVE

CHAPTER 16: VALUATION OF FISH, CRUSTACEANS AND MOLLUSCS BY-PRODUCTS: A BRIEF REVIEW

Vagne Melo Oliveira¹; Gil Braz de Oliveira²; Klarissa Albuquerque Larocerie da Silva³; Maria Fernanda da Silva Morais⁴; Ana Lúcia Figueiredo Porto⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.227-242>

RESUMO

O aumento da produção de pescado tem levado ao aumento concomitante dos resíduos, uma vez que apenas parte do pescado é de fato aproveitado para comercialização. Quase 2/3 do pescado são descartados, acarretando danos ambientais. Tendo em vista a potencialidade desses resíduos, este trabalho objetivou realizar uma mini-revisão sobre os subprodutos de peixes, crustáceos e frutos do mar, enfatizando suas potencialidades biotecnológicas. Para tanto, foram utilizadas as bases de dado ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed, utilizando como descritores os termos: “pescado”, “frutos do mar”, “subprodutos pesqueiros”, “resíduos da pesca e aquicultura”, sem que haver nenhum tipo de restrição temporal. De acordo com as informações catalogadas, foi possível constatar que os subprodutos do pescado são considerados excelentes matéria-prima para uso industrial. Dos peixes, é possível obter uma gama de compostos com propriedades físico-químicas já estabelecidas e de interesse comercial, como colágeno, gelatina e hidrolisado proteico. Dos subprodutos de crustáceos, é possível obter quitina e seus derivados (quitosana e quitoooligossacarídeos), carotenóides e lipídios de alto valor, como ácidos graxos ômega-3, para uso nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e biomateriais. Assim, esses materiais são fontes em potencial para investigação dadas a abundância e diversidade de espécies de peixes e crustáceos, e de suas possíveis futuras aplicações biotecnológicas.

Palavras-Chave: Peixes, Crustáceos, Moluscos, Subprodutos.

RESUMEN

El aumento de la producción de pescado ha provocado un aumento concomitante de los desechos, ya que solo una parte del pescado se utiliza realmente para la comercialización. Casi 2/3 de los peces se descartan, lo que provoca daños medioambientales. En vista del potencial de estos residuos, este estudio tuvo como objetivo realizar una mini revisión de los subproductos de pescado, crustáceos y mariscos, enfatizando su potencial biotecnológico. Para ello se utilizaron las bases de datos ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer y PubMed, utilizando como términos los términos: “pescado”, “mariscos”, “subproductos pesqueros”, “residuos pesqueros y acuícolas”, sin ningún tipo de restricción de tiempo. Según la información catalogada, se encontró que los subproductos del pescado se consideran excelentes materias primas para uso industrial. A partir del pescado es posible obtener una gama de compuestos con propiedades fisicoquímicas ya establecidas y de interés comercial, como el colágeno, la gelatina y el hidrolizado de proteínas. A partir de subproductos de crustáceos, es posible obtener quitina y sus derivados (quitosano y quitoooligosacáridos), carotenoides y lípidos de alto valor, como los ácidos grasos omega-3, para su uso en las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria y biomateriales. Así, estos materiales son fuentes potenciales de investigación dada la abundancia y diversidad de especies de peces y crustáceos, y sus posibles aplicaciones biotecnológicas futuras.

Palabras Clave: Pescado, Crustáceos, Moluscos, Subproductos.

¹ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, vagne_melo@hotmail.com

² Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, gilbrazoliveira@gmail.com

³ Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, klaralarocerie@gmail.com

⁴ Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, mariafernanda.mf432@gmail.com

⁵ Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, analuporto@yahoo.com.br

ABSTRACT

The increase in fish production has led to an increase in contaminant residues, as only part of the fish is in fact used for commercialization. Almost 2/3 of the fish are discarded, leading to environmental damage. In view of the potential in these residues, this work aimed to perform a mini-review about fish, crustaceans and seafood byproducts, highlighting their biotechnological potential. For such, the databases used were ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed, using the following terms as descriptors: “fish”, “seafood”, “fishery byproducts”, “fishing and aquiculture residues”, without any date restriction. According to the cataloged information, it was possible to verify that fish byproducts are considered excellent source-material for industrial use. From fish, it is possible to obtain a number of compounds with stablished and interesting physio-chemical properties for commercial use, such as collagen, gelatin, and protein hydrolysates. From crustacean byproducts, it is possible to obtain chitin and its derivates (chitosan and chitooligosaccharides), carotenoids and high-value lipids, such as omega-3 fatty acids, for use in the pharmaceutical, cosmetic, food and biomaterials industries. Thus, these materials are potential sources for research given the abundance and diversity of species of fish and crustaceans, and their possible future biotechnological applications.

Keywords: Fish, Crustaceans, Molluscs, Byproducts.

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção global de pescado atingiu cerca de 179 milhões de toneladas em 2018. Do total, 156 milhões de toneladas foi destinado ao consumo humano, equivalendo ao abastecimento anual estimado de 20,5 kg *per capita*. As 22 milhões de toneladas restantes foram destinadas a usos não alimentares, principalmente para a produção de farinha e óleo de peixe. A aquicultura foi responsável por 46% da produção total e 52% do pescado para consumo humano. O consumo global de alimentos a base de pescado aumentou a uma taxa média anual de 3,1% de 1961 a 2017, uma taxa quase duas vezes maior do que o crescimento anual da população mundial (1,6%) no mesmo período, e maior do que a de todos os outros alimentos de proteína animal (carne, laticínios, leite, etc.), que aumentaram 2,1%/ano. O consumo *per capita* de peixes alimentares cresceu de 9,0 kg (equivalente em peso vivo) em 1961 para 20,5 kg em 2018, aproximadamente 1,5%/ano (FAO, 2020).

O aumento do consumo de pescado pela população tem sido acompanhado da geração de resíduos de peixes foi produzido de modo global, ocasionando quase sempre problemas ambientais, tornando-se cada vez mais uma questão em evidência (COPPOLA *et al.*, 2021). Por resíduos, entendem-se as partes não aproveitadas e/ou comercialmente subutilizadas, incluindo neste conceito: carcaça, cabeça, pele, escamas e vísceras internas de peixes, conchas de crustáceos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016; CARUSO, 2017). Segundo dados da FAO, em 2018, os moluscos com conchas (17,3 milhões de toneladas) representaram 56,3 por cento da produção da aquicultura marinha e costeira, enquanto os crustáceos foram de 5,7 milhões de toneladas.

Subprodutos agroindustriais podem ser aplicados na própria cadeia de beneficiamento do pescado. Uma ampla gama de subprodutos de processos vegetais, animais e industriais têm sido estudados e possuem composição de nutrientes que podem ser explorados como ingredientes dietéticos (FALAYE, 1993). Parte dos subprodutos subutilizados é gerado nas indústrias de processamento de frutos do mar, podendo ser utilizados biotecnologicamente devido sua potencialidade em fornecer inúmeros compostos bioativos de uso alimentício, biomédico, nutracêutico e/ou terapêutico (SENEVIRATHNE; KIM, 2012). Assim, este trabalho objetivou realizar uma mini-revisão sobre os subprodutos de peixes, crustáceos e frutos do mar, enfatizando suas potencialidades biotecnológicas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A produção na indústria de aquicultura está numa tendência de crescimento. De acordo com as últimas estatísticas mundiais sobre aquicultura compiladas pela FAO, a produção mundial da aquicultura atingiu outro recorde histórico de 114,5 milhões de toneladas de peso vivo em 2018, com um valor total de venda na porta da fazenda de US \$ 263,6 bilhões. A produção total consistiu em 82,1 milhões de toneladas de animais aquáticos (US \$ 250,1 bilhões), 32,4 milhões de toneladas de algas aquáticas (US \$ 13,3 bilhões) e 26 mil toneladas de conchas e pérolas ornamentais (US \$ 179 mil) (FAO, 2020).

O pescado é uma fonte rica em proteínas de alta qualidade contendo todos os aminoácidos essenciais, também fornecem gorduras essenciais (ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa), vitaminas (D, A, B), minerais (cálcio, iodo, zinco, ferro e selênio). Apesar do baixo valor tradicionalmente atribuído aos subprodutos pesqueiros, desta enorme massa de recursos não utilizados/subutilizados pode ser produzida uma quantidade significativa de compostos bioativos com reais aplicações industriais (alimentícia, farmacêutica, terapêutica, nutracêutica, entre outros), como produtos de base proteica (enzimas, colágeno, hidrolisados), lipídica, pigmentos e materiais carboidráticos como, por exemplo, a quitina extraída de crustáceos (CARUSO, 2017; WANG *et al.*, 2019; COPPOLA *et al.*, 2021).

Resíduos de espécies marinhas, como peixes menores, águas-vivas, tubarões, estrelas-do-mar e esponjas, possuem um conteúdo de colágeno muito alto. A utilização de biomassa descartada e subutilizada pode contribuir para o desenvolvimento de um processo sustentável de extração de colágeno, com impacto ambiental significativamente reduzido (COPPOLA *et al.*, 2020). Dentre os compostos bioativos extraídos, já foram identificados proteínas e óleos ricos em ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), especialmente o ácido eicosapentaenoico

(EPA) e o ácido docosaexaenoico (DHA) são particularmente interessantes por seu alto valor comercial, bem como por seu possível uso na ração de peixes (CARUSO, 2017; COPPOLA *et al.*, 2021). A alta proporção de PUFA ω -3 de cadeia longa, bem como grandes quantidades de pigmentos heme e traços metálicos como ferro e cobre, são fatores cruciais que tornam o músculo dos peixes propenso à oxidação lipídica. A oxidação de lipídios de peixes não só produz odores e sabores indesejáveis, mas também pode diminuir a qualidade nutricional e a segurança pela formação de produtos de oxidação lipídica secundária (NIKOO; BENJAKUL, 2015). Assim, como os resíduos da pesca são ricos em nutrientes de alta qualidade, há um grande potencial na indústria de bioprocessos marinhos para converter e utilizar uma grande fração desses produtos valiosos (CARUSO, 2017; COPPOLA *et al.*, 2021).

As espécies de peixes e crustáceos também resultam no desembarque de quantidades consideráveis de capturas acessórias, que não têm valor comercial devido ao seu fraco apelo ao consumidor. A sensibilidade à rápida putrefação dos resíduos da pesca tem sério impacto adverso no meio ambiente, que precisa de medidas corretivas. O processamento secundário dos resíduos tem potencial para gerar uma série de subprodutos valiosos, como de enzimas (VENUGOPAL, 2016).

Os fluxos de resíduos do processamento marinho não representam apenas um recurso abundante, eles também são enriquecidos com moléculas estruturalmente diversas que possuem um amplo painel de bioatividades, incluindo ação antioxidante, anticoagulante, antimicrobiana, antitrombótica, anticoagulante, anti-hipertensiva, antidiabética, anticâncer e imunestimulante (SULERIA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2019).

METODOLOGIA

Esta mini-revisão foi desenvolvida a partir de levantamento bibliográfico, fazendo uso de plataformas científicas, tais como: ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>), Scielo (<http://www.scielo.com/>), Elsevier (<https://www.elsevier.com/pt-br>), Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), Springer (<http://www.springer.com/>) e PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), utilizando como descritores os termos: “pescado”, “frutos do mar”, “subprodutos pesqueiros”, “resíduos da pesca e aquicultura”, sem que haver nenhum tipo de restrição temporal, nem quanto ao tipo de pesquisa (artigo original, artigo de revisão, dissertação e/ou teses) e/ou análise quantitativa/qualitativa, tendo os conceitos, definições e exemplos utilizados de acordo com o interesse dos autores.

Os recursos da pesca e da aquicultura, nos ecossistemas marinhos e de água doce, constituem uma das maiores fontes mundiais de proteína animal. A pesca é crucial para a segurança alimentar e nutricional global e oferece caminhos de desenvolvimento para contribuir para um mundo mais próspero, pacífico e igualitário (FAO, 2020). A sustentabilidade do abastecimento de frutos do mar muitas vezes só é avaliada em nível nacional e geralmente se concentra em se o abastecimento da produção dos setores de pesca de captura e aquicultura é sustentável no longo prazo, levando em consideração os objetivos biológicos, ecológicos, sociais e econômicos (GUILLEN *et al.*, 2019). Globalmente, peixes, camarões, caranguejos e lulas são alguns dos recursos marinhos comerciais mais importantes por serem fontes únicas de nutrientes (WANG *et al.*, 2019).

O processamento de grande quantidade de peixes, camarões e de outros organismos aquáticos produz uma grande quantidade correspondente de subprodutos e resíduos (ISLAM; KHAN; TANAKA, 2004). Vísceras, cabeças, peles, nadadeiras, aparas e cascas de caranguejo e camarão são descartadas, embora sejam fontes de componentes nitrogenados bioativos diversos, podendo ser usados em aplicações alimentícias e farmacêuticas (SHAVANDI *et al.*, 2019). O processamento químico, enzimático e/ou microbiano das capturas acessórias ou subprodutos da pesca permite a produção de diferentes compostos bioativos valiosos; até o momento, no entanto, a falta de estratégias de extração com boa relação custo-benefício impediu sua exploração em grande escala (CARUSO *et al.*, 2020). Os peptídeos obtidos a partir de frutos do mar podem ser usados como ingredientes bifuncionais para reduzir a reação oxidativa durante o armazenamento, além de ser usado como antioxidantes e crioprotetores, em que a oxidação de lipídios e a desnaturação de proteínas podem ser retardadas (NIKOO; BENJAKUL, 2015). O quadro 01 ilustra o potencial biotecnológico dos subprodutos de peixes, crustáceos e moluscos.

Quadro 01: Potencial biotecnológico dos subprodutos do processamento do pescado.

Subproduto	Aplicação biotecnológica
Cabeça de peixe	Hidrolisado proteico
Vísceras diversas de peixes	Meio de crescimento microbiano
Vísceras digestivas de peixes	Enzimas
Pele e escamas de peixe	Colágeno, gelatina e peptídeos
Cabeça de camarão	hidrolisado proteico, proteases, quitina, oligômeros de quitina, carotenoides
Cabeça de lula	Aminoácidos
Visceras, cabeça e pele de lula	Hidrolisado proteico

Fonte: Wang *et al.* (2019)

Peixes e crustáceos marinhos são fontes ricas de componentes nitrogenados bioativos estruturalmente diversos. Com base em evidências emergentes de benefícios potenciais à saúde, esses componentes mostram uma promessa significativa como ingredientes de alimentos funcionais, já tendo sido reportadas atividades anti-hipertensivas, antioxidantes, antimicrobianas, anticoagulantes, antidiabéticas, anticâncer, imunoestimuladora, de ligação de cálcio, hipocolesteremia e de supressão do apetite. Os componentes dos resíduos de peixes e crustáceos contêm níveis significativos de proteína de alta qualidade (10–23% (peso/peso)), o que representa uma fonte compostos biofuncionais (HARNEDY; FITZGERALD, 2012). Cudennec *et al.* (2008) investigaram a ação dos peptídeos presentes nos hidrolisados proteicos de peixe (*Micromesistius poutassou*) e de camarão (*Penaeus aztecus*) na liberação de colecistocinina (CCK) das células endócrinas intestinais (STC-1) e puderam observar pela primeira vez que o hidrolisado proteico em questão era capaz de estimular altamente a atividade de liberação de CCK das células STC-1 e que essa estimulação era devida aos peptídeos presentes no hidrolisado de peixe e camarão.

Uso de subprodutos de processamento de peixes

O termo “pescado comestível” refere-se aos destinados ao consumo humano, excluindo-se, usos não alimentares. O termo “consumo” refere-se ao consumo aparente, que é o alimento médio disponível para consumo, que, por uma série de razões (por exemplo, desperdício no nível doméstico), não é igual à ingestão de alimentos. O peixe e os produtos da pesca continuam a ser alguns dos produtos alimentares mais comercializados em todo o mundo. Segundo a FAO, em 2018, 67 milhões de toneladas, ou 38% da produção total da pesca e da aquicultura, foram comercializados internacionalmente (FAO, 2020).

O aumento da produção pesqueira é acompanhado do aumento dos resíduos. Numa perspectiva, quase 70% do total do pescado que é capturado são submetidos ao processamento adicional antes de ser colocado para comercialização, resultando na produção de grandes quantidades (em torno de 20-80%) de resíduos, dependendo do nível de processamento (evisceração, descamação, filetagem) e espécies de peixes, uma vez que cada espécie tem uma composição, tamanho, forma e química intrínseca específica. As operações pesqueiras geram descartes que incluem, principalmente, aparas de músculos (15–20%), pele e nadadeiras (1–3%), ossos (9–15%), cabeças (9–12%), vísceras (12–18%) e escamas (5%) (COPPOLA *et al.*, 2021). Os componentes dos resíduos de peixes contêm níveis significativos de proteína de alta qualidade, representando ampla fonte de peptídeos biofuncionais (WANG *et al.*, 2019). Os

peptídeos são cadeias curtas ou longas de aminoácidos que diferem em estrutura e peso molecular. Eles podem ser considerados biologicamente ativos, pois podem contribuir para funções fisiológicas em organismos com aplicações nas indústrias alimentícia e farmacêutica (UCAK *et al.*, 2021). Biopeptídeos de subprodutos de peixes com atividades antioxidantes, antimicrobianas e inibidoras da ECA foram descritos por Ghalamara *et al.* (2020). Ainda, apresentam uma ampla gama de compostos bioativos para o organismo, como descritos no quadro 02, segundo Ashraf *et al.* (2020).

Quadro 02: Alguns compostos bioativos obtidos a partir dos subprodutos de peixes.

Componentes nutracêuticos	Efeito biológico
<i>Ácidos gráxos</i>	
ômega-3	Efeitos antiinflamatórios, cardio-protetores, visuais e neurodesenvolvimento, diferentes tipos de câncer (mama, colorretal, próstata, etc.), asma, doença inflamatória intestinal, artrite reumatóide e osteoporose, melhoram a sensibilidade à insulina.
ômega-6	Reduz o risco de problemas cardiovasculares, melhora doenças como artrite e hipertensão, aumenta a expressão da molécula 1 de adesão vascular, oxidação, agregação plaquetária, vasoconstrição, síntese de eicosanóides.
<i>Aminoácidos</i>	
Histidina	Precursor de vários hormônios (hormônio liberador de tireotropina), metabólito crítico para funções renais, neurotransmissão, secreção gástrica e sistema imunológico, propriedades antioxidantes e antiinflamatórias, importantes para a regulação e metabolismo de oligoelementos e precursor da histamina.
Arginina	Necessário para a desintoxicação da amônia, nutricionalmente essencial para a espermatogênese, sobrevivência embrionária, crescimento fetal e neonatal, bem como manutenção do tônus vascular e hemodinâmica.
Isoleucina	Ajuda na formação muscular e crescimento adequado.
Lisina	Necessário para um crescimento ideal e para atuar como imunomodulador, prevenção e tratamento de herpes labial.
Metionina	Usado em vários níveis no metabolismo celular, como um constituinte de proteína, na iniciação da tradução do mRNA e como uma molécula reguladora na forma de S-adenosilmetionina.
Fenilalanina	Precursor para tirosina.
Treonina	Desempenha um papel crítico na manutenção da integridade da mucosa intestinal e função de barreira.
Tirosina	Precursor de dopamina e norepinefrina.
Valina	Síntese de proteínas, homeostase de glicose, anti-obesidade e vias de sinalização sensíveis a nutrientes.
Glutamina	Atua como substrato para a síntese de nucleotídeos (purinas, pirimidinas e amino açúcares), fosfato de dinucleotídeo de nicotinamida adenina (NADPH), antioxidantes e muitas outras vias biossintéticas envolvidas na manutenção da integridade e função celular.
Glicina	Ajuda na regulação da expressão gênica, configuração e atividade de proteínas e diversas funções biológicas, como a síntese de glutathione. Baixas concentrações de glicina plasmática têm sido relatadas de forma consistente em associação com obesidade e diabetes tipo 2

Fonte: Adaptado de Ashraf *et al.* (2020)

Dos subprodutos de peixes é possível obter proteínas de alta qualidade extraídas da musculatura (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012); colágeno extraído da cabeça, carcaça, ossos, pele, escamas (quando presentes), barbatanas e bexiga natatória com real aplicação industrial (SIONKOWSKA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021), gelatina da pele para fins industriais (LV *et al.*, 2019; RANASINGHE *et al.*, 2020); uma ampla gama de enzimas, tais como tripsina (POONSIN *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020), quimotripsina, amilase (FALCÓN-HIDALGO *et al.*, 2011), collagenases, fibrinolíticas (OLIVEIRA *et al.*, 2017) e hidrolisados proteicos das carcaças (GEVAERT *et al.*, 2016; MANGANO *et al.*, 2021).

As enzimas podem ter diversas aplicações, incluindo o isolamento e modificação de proteínas e óleos marinhos, produção de peptídeos bioativos, aceleração da fermentação tradicional, descascamento de crustáceos, descamação de peixes, remoção de membranas de ovos de peixe, extração de sabores, extensão do prazo de validade, modificação de textura, remoção de odores estranhos e para controle de qualidade diretamente ou como componentes de biossensores. Enzimas de peixes de hábitat frios são particularmente úteis, pois podem funcionar comparativamente em temperaturas mais baixas, economizando energia e protegendo os produtos alimentícios (VENUGOPAL, 2016). Wang *et al.* (2015) utilizaram hidrolisados de gelatina de pele de peixe como inibidores da dipeptidil peptidase IV e estimuladores do peptídeo 1 semelhante ao glucagon e observaram que os peptídeos provenientes desse subproduto melhoram o controle glicêmico em ratos diabéticos.

Pateiro *et al.* (2020) numa tentativa de valorizar os subprodutos da dourada, avaliaram a composição e o valor nutricional do músculo e rejeitos (espinha de peixe, guelras, vísceras, cabeças, fígado e pele), que representam aproximadamente 61% do peixe inteiro. Os autores detectaram diferenças significativas entre músculos e subprodutos para perfil de ácidos graxos, aminoácidos e conteúdo mineral. Os descartes estudados foram ricos em proteínas (10-25%), apresentando pele e espinha de peixe os maiores teores. O perfil de aminoácidos refletiu a alta qualidade de sua proteína, com 41-49% sendo aminoácidos essenciais (lisina, leucina e arginina foram os mais abundantes). Ainda, segundo os autores, intestino, fígado e pele foram os subprodutos mais gordurosos (25-35%). O alto teor de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) (31-34%), ácidos graxos (12-14%) e ácido eicosapentaenóico (EPA) + ácido docosahexaenóico (DHA) (6-8%) caracterizaram esses descartes. Por fim, a cabeça apresentou, de longe, o maior teor de cinzas (9,14%), o que se refletiu no teor de minerais, especialmente em cálcio e fósforo. Segundo os autores, esses resultados revelaram que os subprodutos da dourada podem ser usados como fonte de produtos de valor agregado, como proteínas, óleos e suplementos

Uso de subprodutos do processamento de crustáceos e moluscos

A geração de resíduos durante o processamento dos alimentos é inevitável e o descarte pode ser um dos maiores problemas para essas indústrias e para a sociedade. Especialmente se não for feito de forma adequada, pode ter impactos negativos no meio ambiente (ou seja, poluição), criar riscos para a saúde humana e uma perda de receita para o gerador de resíduos. A indústria de processamento de frutos do mar produz uma grande quantidade de subprodutos e descartes (cabeças, caudas, peles, escamas, vísceras, espinha dorsal e conchas), sendo que 75% de o peso total dos crustáceos (camarão, caranguejo, camarão, lagosta e krill). Esses materiais residuais podem ser uma excelente fonte de proteínas, lipídios, pigmentos e pequenas moléculas. Além disso, os materiais do invólucro podem ser uma fonte de materiais quitinosos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016).

Os subprodutos do marisco são uma excelente fonte de várias biomoléculas com alta perspectiva de recuperação por processos biotecnológicos e que podem aumentar a receita e melhorar os produtos de valor agregado comercializáveis (SIMPSON; ARYEE; TOLDRÁ, 2019). Os moluscos possuem papel de destaque nos recursos pesqueiros. O mercado de moluscos, embora não seja tão amplamente desenvolvido quanto os já citados, peixes, sua produção também tem crescido anualmente, no seu mercado são incluídos moluscos bivalves como amêijoas, ostras e mexilhões, como também se incluem cefalópodes como polvos e lulas. A produção mundial de moluscos atingiu a marca histórica de 17,7 milhões de toneladas, dentre os quais 17,3 milhões correspondem a produção de moluscos bivalves, superando a produção de crustáceos e representando 56,3% da aquicultura marinha e costeira. Quando abordamos a temática de pesca, temos que as espécies mais capturadas de moluscos na natureza, são a lula de Humboldt (*Dosidicus gigas*) e várias lulas das famílias Loliginidae e Ommastrephidae. Em termos de aquicultura, encontramos grandes produções de bivalves como ostras (*Crassostrea* spp), a amêijoia japonesa (*Ruditapes philippinarum*) e membros da família Pectinidae (FAO, 2020).

A lula é um exemplo de pescado de grande interesse comercial. Após o processamento de lulas, existem muitos subprodutos e resíduos, com reais possibilidades de aplicações, incluindo antioxidantes e inibidores de α -glucosidase, entre outras (WANG *et al.*, 2019). Barboza (2012) realizou estudos tecnológicos comparativos da carne e subprodutos dos moluscos *Achatina fulica* (Escargot) e *Pomacea lineata* (Aruá) e observou que os subprodutos,

também chamados de material de descarte (vísceras e conchas) na forma de farinhas demonstraram que é possível o emprego destes resíduos como matéria prima para ração, levando em consideração as exigências do controle de qualidade para a comercialização. Em geral, os resíduos de frutos do mar são jogados no mar, queimados, depositados em aterro ou simplesmente deixados de fora estragar. É crescente o volume de resíduos provenientes de camarão e caranguejo produzidos pela indústria, como descrito no quadro 01. Além das partes comestíveis, a quantidade de resíduos contendo quitina pode chegar a 60% -80% da biomassa. As cascas de camarão e caranguejo contêm quitina, proteína e uma alta proporção de sais minerais (WANG *et al.*, 2019).

Os principais componentes das cascas de crustáceos (camarão, caranguejo, lagosta, entre outros) são quitina (15-40%), proteína (20-40%), carbonato de cálcio e magnésio (20-50%), juntamente com outros componentes menores como lipídios, astaxantina e minerais. A remoção de outras substâncias (proteínas, lipídios e outras impurezas) é essencial para a produção de quitina. A quitina e seus produtos derivados são usados para produzir rações aquáticas e biofertilizantes com boa relação custo-benefício (MOHAN *et al.*, 2021).

A quitina tem uma estrutura semelhante à celulose, sendo considerado o segundo biopolímero mais abundante na natureza (a celulose é o primeiro), apresentando boa biodegradabilidade, biocompatibilidade, não toxicidade e adsorção (WANG *et al.*, 2019). A extração de quitina de conchas de crustáceos e seu uso como estão ou após processamento adicional pode ser uma forma de minimizar o desperdício e produzir compostos valiosos com propriedades biológicas notáveis e aplicação crucial em vários campos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016). A quitina pode ser extraída a partir dos exoesqueletos de crustáceos após tratamentos de desmineralização e desproteinização. Sedaghat *et al.* (2017) extraíram quitina de resíduos de camarão *Penaeus merguensis* por tratamento biológico, utilizando a *Pseudomonas aeruginosa*, uma técnica considerada simples; enquanto que Ghorbel-Bellaaj *et al.* (2013) otimizaram a extração de quitina de resíduos de camarão com *Bacillus pumilus* A1 usando metodologia de superfície de resposta.

Uma das limitações no uso deste biopolímero em larga escala é a sua insolubilidade em água. Quitina e seus derivados são compostos renováveis, biocompatíveis, biodegradáveis e não tóxicos que têm muitas propriedades biológicas, como: anticâncer, antioxidante, antimicrobiano e anticoagulante. Além disso, são utilizados como biomateriais em uma ampla gama de aplicações: para fins biomédicos, como para fins artificiais regeneração da pele, ossos e cartilagem, para preservação de alimentos, como para filmes comestíveis e para fins terapêuticos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016).

A quitosana é um polissacarídeo catiônico obtido pela N-desacetilação da quitina sob condições alcalinas ou hidrólise enzimática na presença de uma quitina desacetilase. Quitina, quitosana e seus derivados, como os quitoooligossacarídeos (produtos despolimerizados de quitosana, com graus de polimerização menos de 20 e um peso molecular médio inferior a 3900) (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016), são aplicados em vários segmentos industriais (alimentício, agrícola, biomédico, cosmético, farmacêutico, e têxtil, por exemplo) pelas suas propriedades: biocompatibilidade, biodegradabilidade, antitumoral, hemostática, anti-hipertensivas, anticâncer, anticoagulantes, cicatrizantes (WANG *et al.*, 2019), antimicrobiana e antioxidante (MAHETY SAMAR *et al.*, 2013). O quadro 03 traz as principais aplicações da quitina e de seus derivados segundo Hamed; Özogul; Regenstein (2016).

Quadro 03: Aplicações da quitina e de seus derivados extraídos de crustáceos

Indústria	Aplicações biotecnológicas
Alimentícia	<ul style="list-style-type: none"> - Barreira protetora contra a deterioração de alimentos; - Aditivos conservantes de alimentos e formação de biofilme (embalagens comestíveis); - Compostos estabilizantes e espessantes; - Ingredientes prebióticos (fibras dietéticas).
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> - Agentes de revestimento de sementes; - Melhoria das defesas das plantas e proteção contra pragas e microorganismos; - Substituição de pesticidas químicos; - Aceleração da germinação de sementes.
Biomédica	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricação de andaimes para regeneração de tecidos; - Barreira de curativo à base de quitina para infecções microbianas; - Desenvolvimento de pontos cirúrgicos.
Cosméticos	<ul style="list-style-type: none"> - Transportadores ativos de produtos cosméticos; - Produtos para pele, cabelo e higiene bucal; - Agentes hidratantes e anti-envelhecimento.
Farmacêuticas	<ul style="list-style-type: none"> - Vetores não virais para entrega de genes; - Encapsulamento e proteção de genes e constituintes ativos; - Liberação gradual de drogas; - Melhorar a chegada de ácidos nucleicos aos alvos terapêuticos.
Papel	<ul style="list-style-type: none"> - Confere resistência ao papel contra umidade; - Embalagem biodegradável para embalagem de alimentos.
Têxtil	<ul style="list-style-type: none"> - Fibras antimicrobianas e não alergênicas; - Agentes coagulantes e floculantes para remoção de corantes e produtos químicos de águas residuais têxteis; - Agente quelante que elimina metais pesados da água poluída.

Fonte: Adaptado de Hamed; Özogul; Regenstein (2016).

O desenvolvimento de processos de valorização “verdes” viabilizou a recuperação de compostos bioativos dos subprodutos do processamento do camarão (AHMADKELAYEH; HAWBOLDT, 2020). Dos resíduos dos crustáceos também é possível obter pigmentos para fins industriais. A astaxantina é um pigmento solúvel em gordura vermelho aprovado pela Food

and Drug Administration e pela Comissão Europeia como corante e corante alimentar em rações para animais e peixes. A astaxantina (3,3'-diidroxib- β '-caroteno-4-4'-diona) é o principal cetocarotenóide responsável pela cor vermelho-laranja em salmonídeos e crustáceos, sendo sua quantidade dependente da espécie, estação e condições ambientais de cultivo (ÖZOGUL *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Subprodutos do pescado são considerados excelentes matéria-prima para uso industrial. Dos peixes, é possível obter uma gama de compostos com propriedades físico-químicas já estabelecidas e de interesse comercial, como colágeno, gelatina e hidrolisado proteico. Dos subprodutos de crustáceos, é possível obter quitina e seus derivados (quitosana e quitooligossacarídeos), carotenoides e lipídios de alto valor, como ácidos graxos ômega-3, para uso nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e biomateriais. Assim, esses materiais são fontes potenciais para investigação dadas a quantidade de abundância e diversidade de espécies e aplicações biotecnológicas ainda para serem investigados. A valorização dos subprodutos de peixes, crustáceos e moluscos passa, primordialmente, pela iniciativa de reutilização desses materiais em processos biotecnológicos mais sustentáveis possíveis ou com risco mínimo para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AHMADKELAYEH, S. HAWBOLDT, K. Extraction of lipids and astaxanthin from crustacean by-products: A review on supercritical CO₂ extraction. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.94-108, 2020.

ASHRAF, S.A.; ADNAN, M.; PATEL, M.; SIDDIQUI, A.J.; SACHIDANANDAN, M.; SNOUSSI, M.; HADI, S. Fish-based Bioactives as Potent Nutraceuticals: Exploring the Therapeutic Perspective of Sustainable Food from the Sea. **Marine drugs**, v.18, n.5, Artigo 265, 2020.

BARBOZA, S.H.R. **Estudos tecnológicos comparativos da carne e subprodutos dos moluscos *Achatina fulica* (Escargot) e *Pomacea lineata* (Aruá)**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/88434>. Acesso: 30/04/2021.

CARUSO, G. Fishery Wastes and By-products: A Resource to Be Valorised. **Journal of FisheriesSciences.com**, v.10, n.1, p.012-015, 2016.

CARUSO, G.; FLORIS, R.; SERANGELI, C.; DI PAOLA, L. Fishery Wastes as a Yet Undiscovered Treasure from the Sea: Biomolecules Sources, Extraction Methods and Valorization. **Marine drugs**, v.18, n.12, Artigo 622, 2020.

COPPOLA, D.; OLIVIERO, M.; VITALE, G.A.; LAURITANO, C.; D'AMBRA, I.; IANNACE, S.; PASCALE, D. Marine Collagen from Alternative and Sustainable Sources: Extraction, Processing and Applications. **Marine drugs**, v.18, n.4, Artigo 214, 2020.

COPPOLA, D.; LAURITANO, C.; PALMA ESPOSITO, F.; RICCIO, G.; RIZZO, C.; PASCALE, D. Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. **Marine drugs**, v.19, n.2, Artigo 116, 2021.

CUDENNEC, B.; RAVALLEC-PLÉ, R.; COUROIS, E.; FOUCHEREAU-PERON, M. Peptides from fish and crustacean by-products hydrolysates stimulate cholecystokinin release in STC-1 cells. **Food Chemistry**, v.111, n.4, p.970–975, 2008.

FALAYE, A.E. **Utilization of agro-industrial wastes as fish feedstuffs in Nigeria**. In: 10th Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria (FISON), 16-20 November 1992, Abeokuta, Nigeria, p.47-57, 1993.

FALCÓN-HIDALGO, B.; FORRELLAT-BARRIOS, A.; CARRILLO FARNÉS, O.; KENIA UBIETA HERNÁNDEZ, K.U. Digestive enzymes of two freshwater fishes (*Limia vittata* and *Gambusia punctata*) with different dietary preferences at three developmental stages. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.158, n.2, p.136-141, 2011.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Iália: Rome, 244p., 2020.

GEVAERT, B.; VERYSER, L.; VERBEKE, F.; WYNENDAELE, E.; DE SPIEGELEER, B. Fish Hydrolysates: A Regulatory Perspective of Bioactive Peptides. **Protein and peptide letters**, v.23, n.12, p.1052–1060, 2016. 10.2174/0929866523666161102122637

GHALAMARA, S.; SILVA, S.; BRAZINHA, C.; PINTADO, M. Valorization of Fish by-products: Purification of Bioactive Peptides from Codfish Blood and Sardine Cooking Wastewaters by Membrane Processing. **Membranes**, v.10, n.3, Artigo 44, 2020.

GHORBEL-BELLAAJ, O.; HAJJI, S.; YOUNES, I.; CHAABOUNI, M.; NASRI, M.; JELLOULI, K. Optimization of chitin extraction from shrimp waste with *Bacillus pumilus* A1 using response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.61, p.243–250, 2013.

GUILLEN, J.; NATALE, F.; CARVALHO, N.; CASEY, J.; HOFHERR, J.; DRUON, J.N.; FIORE, G.; GIBIN, M.; ZANZI, A.; MARTINSOHN, J.T. Global seafood consumption footprint. **Ambio**, v.48, n.2, p.111–122, 2019.

HAMED, I.; OZOGUL, F.; REGENSTEIN, J.M. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitoooligosaccharides): A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.48, p.40-50, 2016.

HARNEDY, P.A.; FITZGERALD, R.J. Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. **Journal of Functional Foods**, v.4, n.1, p.6–24, 2012.

ISLAM, M.S.; KHAN, S.; TANAKA, M. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. **Marine pollution bulletin**, v.49, n.1-2, p.103–110, 2004.

LIMA, M.M.; MUJICA, P.I.C.; LIMA, A.M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.41-46, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012005000031>. Acesso: 29/04/2021.

LV, L.-C.; HUANG, Q.-Y.; DING, W.; XIAO, X.-H.; ZHANG, H.-Y.; XIONG, X.X. Fish gelatin: The novel potential applications. **Journal of Functional Foods**, v.63, Artigo 103581, 2019.

MAHDY SAMAR, M.; EL-KALYOUNI, M.H.; KHALAF, M.M.; ABD EL-RAZIK, M.M. Physicochemical, functional, antioxidant and antibacterial properties of chitosan extracted from shrimp wastes by microwave technique. **Annals of Agricultural Sciences**, v.58, n.1, p.33–41, 2013.

MANGANO, V.; GERVASI, T.; ROTONDO, A.; DE PASQUALE, P.; DUGO, G.; MACRÌ, F.; SALVO, A. Protein hydrolysates from anchovy waste: purification and chemical characterization. **Natural product research**, v.35, n.3, p.399–406, 2021.

MOHAN, K.; MURALISANKAR, T.; JAYAKUMAR, R.; RAJEEVGANDHI, C. A study on structural comparisons of α -chitin extracted from marine crustacean shell waste. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v.2, Artigo 100037, 2021.

NIKOO, M.; BENJAKUL, S. Potential application of seafood-derived peptides as bifunctional ingredients, antioxidant–cryoprotectant: A review. **Journal of Functional Foods**, v.19, p.753–764, 2015.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; HERCULANO, P.N.; CAVALCANTI, M.T.H.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v.43, p. 52-64, 2017b. 10.20950/1678-2305.2017v43n1p52

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.J.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Recovery of fibrinolytic and collagenolytic enzymes from fish and shrimp byproducts: potential source for biomedical applications. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 45, p.1-10, 2019.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; COSTA, B.A.M.; NERI, R.C.A.; DUARTE DO MONTE, F.T.; FREITAS, H.M.S.C.V.; FRANÇA, R.C.P.; SANTOS, J.F.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Physical, biochemical, densitometric and spectroscopic techniques for characterization collagen from alternative sources: a review based on the sustainable valorization of aquatic by-products. **Journal of Molecular Structure**, v.1224, p.1-28, Artigo 129023, 2021.

ÖZOGUL, F.; HAMED, I.; ÖZOGUL, Y.; REGENSTEIN, J.M. **Crustacean By-products**. In:

MELTON, L.; SHAHIDI, F.; VARELIS, P. Encyclopedia of Food Chemistry, p.33-38, 2019.

PATEIRO, M.; MUNEKATA, P.; DOMÍNGUEZ, R.; WANG, M.; BARBA, F.J.; BERMÚDEZ, R.; LORENZO, J.M. Nutritional profiling and the value of processing by-products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Marine drugs**, v.18, n.2, Artigo 101, 2020.

POONSIN, T.; SIMPSON, B.K.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; YOSHIDA, A.; KLOMKLAO, S. Albacore tuna spleen trypsin: Potential application as laundry detergent additive and in carotenoprotein extraction from Pacific white shrimp shells. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.17, p.638-646, 2019.

RANASINGHE, R.A.S.N. *et al.* Functional and Bioactive Properties of Gelatin Extracted from Aquatic Bioresources – A Review. **Food Reviews International**, p.1-44, 2020.

SANTOS, D.M.R.C.; SANTOS, C.W.V.; SOUZA, C.B.; ALBUQUERQUE, F.S.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEREIRA, H.J.V. Trypsin purified from *Coryphaena hippurus* (common dolphinfish): Purification, characterization, and application in commercial detergents. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.25, Artigo 101584, 2020.

SEDAGHAT, F.; YOUSEFZADI, M.; TOISERKANI, H.; NAJAFIPOUR, S. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: An alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.104, p.883–888, 2017.

SENEVIRATHNE, M.; KIM, S.K. Utilization of seafood processing by-products: medicinal applications. **Advances in food and nutrition research**, v.65, p.495–512, 2012.

SHAVANDI, A.; HOU, Y.; CARNE, A.; MCCONNELL, M.; BEKHIT, A. Marine Waste Utilization as a Source of Functional and Health Compounds. **Advances in food and nutrition research**, v.87, p.187–254, 2019.

SIMPSON, B.K.; ARYEE, A.N.A.; TOLDRÁ, F. **Byproducts from Shellfish Harvesting and Processing**. In: SIMPSON, B.K.; ARYEE, A.N.A.; TOLDRÁ, F. Byproducts from Agriculture and Fisheries: Adding Value for Food, Feed, Pharma, and Fuels, p.219–257, 2019.

SIONKOWSKA, A.; ADAMIAK, K.; MUSIAŁ, K.; GADOMSKA, M. Collagen Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. **Materials (Basel, Switzerland)**, v.13, n.19, Artigo 4217, 2020.

SULERIA, H.A.; MASCI, P.; GOBE, G.; OSBORNE, S. Current and potential uses of bioactive molecules from marine processing waste. **Journal of the science of food and agriculture**, v.96, n.4, p.1064–1067, 2016.

UCAK, I.; AFREEN, M.; MONTESANO, D.; CARRILLO, C.; TOMASEVIC, I.; SIMAL-GANDARA, J.; BARBA, F.J. Functional and Bioactive Properties of Peptides Derived from Marine Side Streams. **Marine drugs**, v.19, n.2, Artigo 71, 2021.

VENUGOPAL, V. Enzymes from Seafood Processing Waste and Their Applications in Seafood Processing. **Advances in food and nutrition research**, v.78, p.47–69, 2016.

WANG, T.-Y.; HSIEH, C.-H.; HUNG, C.-C.; JAO, C.-L.; CHEN, M.-C.; HSU, K.-C. Fish skin gelatin hydrolysates as dipeptidyl peptidase IV inhibitors and glucagon-like peptide-1 stimulators improve glycaemic control in diabetic rats: A comparison between warm- and cold-water fish. **Journal of Functional Foods**, v.19, p.330–340, 2015.

WANG, C.-H.; DOAN, C.T.; NGUYEN, V.B.; NGUYEN, A.D.; WANG, S.-L. Reclamation of Fishery Processing Waste: A Mini-Review. **Molecules** 2019.