



Inovações na extração de ácido hialurônico de fontes pesqueiras: uma análise panorâmica das patentes

Innovations in hyaluronic acid extraction from fish sources: a patent landscape review

Elida Virna Rodrigues Barbosa¹, Maria Priscila Sá Matos Ribeiro¹, Jan Filipe Andrade Santos², Hilton Costa Louzeiro¹, Mikele Cândida Sousa De Sant' Anna¹, Danilo Francisco Corrêa Lopes¹

¹ Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil

² Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, Brasil

Contato: elida.vrb@academico.ufs.br

Keyword

processo de extração
resíduo de peixe
indústria farmacêutica
indústria cosmética
prospecção tecnológica

RESUMO

O ácido hialurônico (AH) é um polissacarídeo essencial para a hidratação e manutenção da estrutura dos tecidos, apresentando propriedades significativas devido à sua capacidade de retenção de água. Devido a essas características, o ácido hialurônico despertou grande interesse nas indústrias, sendo amplamente comercializado para produtos farmacêuticos (tratamento de olho seco, osteoartrite, osteogênese, cicatrização de feridas) e cosméticos (preenchimentos dérmicos). Considerando a crescente produção de ácido hialurônico para formulações farmacêuticas e cosméticas, buscam-se alternativas mais seguras e sustentáveis. O AH, quando extraído de fontes pesqueiras, apresenta menor risco associado a contaminantes de origem animal e bacteriana. Além disso, o uso de resíduos pesqueiros para valorizar peixes descartados e extrair subprodutos é um aspecto louvável e apreciável desse processo. Por esse motivo, esta revisão de patentes teve como objetivo identificar documentos de patentes relacionados à extração de ácido hialurônico de resíduos de peixes. Assim, o European Patent Office, Espacenet, foi usado como banco de dados para esta revisão. Após pesquisar e selecionar as patentes disponíveis, foram selecionados quatro documentos que abordavam métodos de extração para a obtenção de ácido hialurônico. As espécies utilizadas nas extrações descritas nas patentes selecionadas incluem atum, peixe-espada, esturjão e peixes de lago. As partes dos peixes utilizadas nos processos de extração foram a pele, o humor vítreo, as arteríolas e a cartilagem. A combinação de métodos de extração eficientes com esta matéria-prima pode resultar em inovações significativas na produção de ácido hialurônico, tornando possível a obtenção de um produto com alto valor agregado.

Palavras-Chave

extraction process
fish waste
pharmaceutical industry
cosmetics industry
technological prospection

ABSTRACT

Hyaluronic acid (HA) is a polysaccharide essential for hydration and maintenance of tissue tension, presenting significant properties due to its water retention capacity. Due to these characteristics, hyaluronic acid aroused great interest in industries, widely marketed for pharmaceutical products (treating dry eye, osteoarthritis, osteogenesis, wound healing) and cosmetics (dermal fillers). Considering the increasing production of hyaluronic acid for pharmaceutical and cosmetic formulations, safer and more sustainable alternatives are sought. HA, when extracted from fish sources, has a lower risk associated with contaminants of animal and bacterial origin. Moreover, using fish waste to valorize discarded fish and extract by-products is a commendable and appreciable aspect of this process. For this reason, this patent review aimed to identify patent documents related to extracting hyaluronic acid from fish waste. Thus, the European Patent Office, Espacenet, was used as a database for this review. After searching and screening the available patents, four documents were selected that addressed extraction methods for obtaining hyaluronic acid. The species used in the extractions described in the selected patents include tuna, swordfish, sturgeon, and lake fish. The parts of the fish used in the extraction processes were the skin, vitreous humor, arterioles, and cartilage. Combining efficient extraction methods with this raw material can result in significant innovations in producing hyaluronic acid, making obtaining a product with high added value possible.

Informações do artigo

Recebido: 25 de agosto, 2025

Aceito: 18 de dezembro, 2025

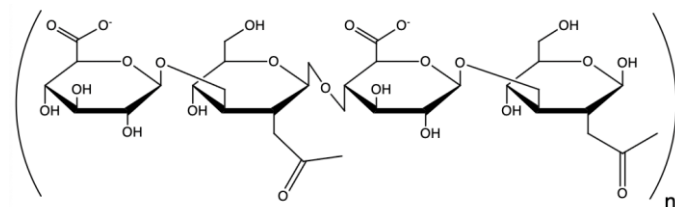
Publicado: 30 de dezembro, 2025

Introdução

O Ácido Hialurônico (AH) é um polímero natural formado por unidades repetidas do dissacarídeo N-acetil-D-glicosamina e ácido glicurônico, pertencendo ao grupo dos heteropolissacarídeos (Figura 1). Esse composto pode ser encontrado em vários tecidos humanos e animais, além de fontes microbianas (Graça *et al.*, 2020). A estrutura característica do AH, bem como suas propriedades físicas, químicas e biológicas, permitem sua variedade de aplicações, sobretudo nas áreas farmacêutica, médica, dental, cosmética e biomédica (Al-Khateeb; Olszewska-Czyz, 2020; Iaconisi *et al.*, 2023; Trivedi *et al.*, 2016). AH nessas áreas está associado a sua habilidade em promover rejuvenescimento facial, estimular a produção de colágeno e aumentar o volume tecidual (Salwowska *et al.*, 2016; Yasin *et al.*, 2022). Ademais, AH é conhecido por sua boa disponibilidade e alta afinidade em meio aquoso, características que o tornam uma substância hidratante natural com diversas aplicações, principalmente na otorrinolaringologia e tratamento de pele (Ahmadian *et al.*, 2020; Jurovčík *et al.*, 2023). AH também é utilizado nos processos fisiológicos e protetores, incluindo tratamento para queimaduras e feridas (Graça *et al.*, 2020; Zamboni *et al.*, 2018).

AH é comercialmente produzido por extração animal e fermentação bacteriana com modificação genética (Liu *et al.*, 2011; Putri; Nugraha; Christy, 2020). Como mencionado anteriormente, o ácido hialurônico (AH) pode ser obtido por diversas fontes, incluindo tecido animal, microrganismos, e sistemas acelulares, como o uso de enzimas, ilustrado na Figura 2. É interessante analisar que a produção industrial de AH é predominantemente baseada em tecidos de animais vertebrados, sobretudo as regiões com altas concentrações da substância, como pele, olhos, fluido sinovial de articulações e cordão umbilical (Boeriu *et al.*, 2013).

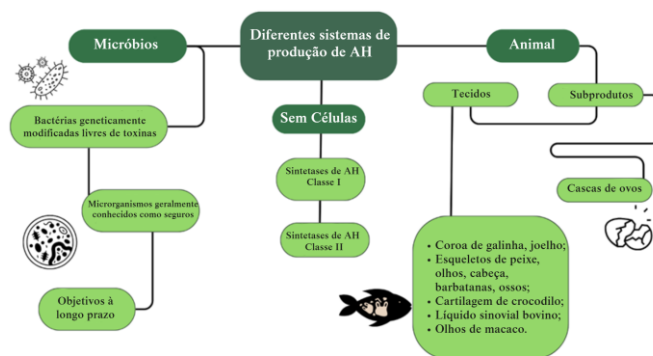
Figura 1. Estrutura Química do ácido hialurônico



Fonte: Autores (2025)

No entanto, o principal desafio associado com o AH se dá pelo processo de extração e purificação, caracterizado pela complexidade e rigor das etapas envolvidas. Como resposta a esses empecilhos, observa-se um crescimento em alternativas para a extração tradicional do AH. Resíduos de biomassa de peixe para a síntese de produtos com AH está sendo extensivamente investigados nas décadas recentes, por conta dos benefícios ambientais e econômicos, sendo uma das fontes renováveis mais abundantes no composto (Chang *et al.*, 2010; Trivedi *et al.*, 2016).

Figura 2. Vários materiais usados para obter ácido hialurônico



Fonte: Autores (2025)

Além disso, tecidos animais, fontes de AH, podem ser obtidos através de resíduos animais e subprodutos, o que promove benefícios econômicos e ambientais (Abdallah *et al.*, 2020). Em contraste, é estimado que mais de 50% dos tecidos de peixes, como cabeça, barbatana, pele e olhos, são descartados como resíduo, o que cria problemas acerca do manejo de lixo e causa impactos no meio-ambiente (Caruso, 2016).

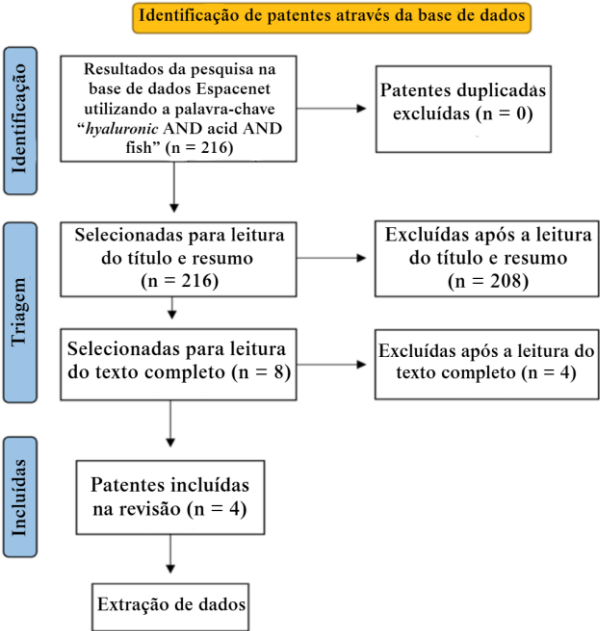
Nesse cenário, estratégias práticas e viáveis economicamente são essenciais para obter AH que são de alta qualidade, pureza, capacidade de produção, alto peso molecular e uniformidade. Portanto, essa revisão busca investigar patentes associadas à extração de ácido hialurônico de resíduos de peixe, destacando avanços recentes na área. Por fim, essa revisão apresenta as estratégias mais inovadoras, eficientes e econômicas para extração e purificação de AH.

Material e métodos

A busca de patentes foi realizada usando as bases de dados gratuitas do *European Patent Office (Espacenet)*. A pesquisa usou como palavras-chave “hyaluronic AND acid AND fish” no título ou resumo, sem restrição de ano de publicação. A seleção foi feita por dois avaliadores (MPS Ribeiro e EVR Barbosa). Inicialmente, as patentes identificadas foram revisadas de acordo com os títulos e os resumos, excluindo aqueles que não condiziam com os critérios de interesse, sobretudo os que não envolviam métodos de extração de ácido hialurônico de peixes.

De início, 216 patentes foram selecionadas para análise preliminar. Após a leitura dos resumos, 208 documentos foram eliminados, incluindo formulações contendo ácido hialurônico, porém que não abordavam o processo de produção. As patentes restantes foram selecionadas para leitura completa, com os conteúdos classificados por país, ano e tipo de aplicante. Depois da leitura completa, quatro patentes que descreviam metodologias para extrair ácido hialurônico de fontes de peixe foram selecionadas. A Figura 3 ilustra as instruções da pesquisa e triagem usadas nessa revisão de patentes, baseadas na metodologia PRISMA.

Figura 3. Fluxograma da pesquisa e seleção de patentes.

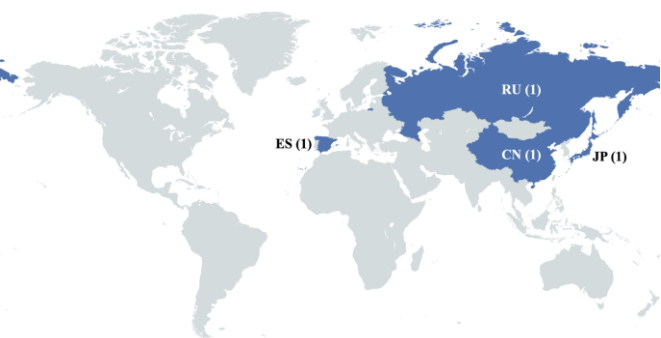


Fonte: Autores (2025)

Resultados e discussão

Os países de origem das patentes selecionadas nessa revisão são China, Espanha, Japão e Rússia (Figura 4). A predominância de patentes desses países pode estar relacionada a alguns fatores, como investimentos em pesquisa e desenvolvimento nas áreas de biotecnologia e química industrial (Barragán-Ocaña *et al.*, 2019), o que promove uma tradição estabelecida na inovação de métodos de processamento para subprodutos na indústria do peixe. Esses países demonstram um comprometimento contínuo com inovação sustentável, investindo em técnicas de extração que aumentam a eficiência da produção de AH e contribuem para a redução de desperdício e preservação ambiental (Graciela *et al.*, 2023). Portanto, o panorama das patentes identificadas reflete as demandas de ácido hialurônico do mercado global e uma tendência a práticas industriais mais responsáveis e voltadas para sustentabilidade (Baumann *et al.*, 2021; Jiang; Shi; Jefferson, 2020). Tabela 1 apresenta as patentes que descrevem os métodos de extração do ácido hialurônico usando resíduos de peixe.

Figura 4. Distribuição das patentes por país de aplicação.



Legenda: CN: China; ES: Espanha; JP: Japão; RU: Rússia.

Fonte: Autores (2025)

Nas extrações descritas, foram utilizadas espécies como o atum (JP), o peixe-espada (ES), o esturjão (CN) e peixes de lago (RU). As partes residuais dessas espécies foram utilizadas como matéria-prima, uma vez que o processamento gera uma quantidade significativa de resíduos normalmente não utilizados, o que os torna abundantes e facilmente disponíveis para os processos de extração. As partes dos peixes utilizadas nos processos de extração incluíram a pele (RU), o humor vítreo (ES), as arteríolas (JP) e a cartilagem (CN).

O rendimento da extração de AH do humor vítreo do atum pode ser superior ao extraído do humor vítreo de fontes animais marinhas e terrestres, porém com um rendimento inferior quando comparado com o obtido do líquido sinovial de bovinos, ovinos e suínos (Elhiss *et al.*, 2024).

O estudo de Murado *et al.* (2012) destaca que o globo ocular de peixes como o peixe-espada contém concentrações de AH que poderiam ser utilizadas para extração, contribuindo para a redução da poluição costeira, além de promover um AH de qualidade e preço adequado. Porém, o principal obstáculo à extração de AH é a eliminação de proteínas. Com relação ao humor vítreo do peixe-espada, a proporção proteína/AH, que consiste em um valor inicial de ~ 45 para um valor final de ~ 0,01, é relevante para a obtenção de ácido hialurônico de boa qualidade (Murado *et al.*, 2012).

O esturjão é um peixe essencial com alto valor econômico no mercado global, sendo conhecido pelo consumo de caviar e carne. Durante o processamento, uma grande quantidade de material na forma de pele, cartilagem e barbatanas é descartada como resíduo (Atef *et al.*, 2020). Entre os vários resíduos gerados durante o processamento do esturjão, a pele, os ossos e as escamas são fontes ricas em colágeno, sendo a pele de peixe geralmente a matéria-prima preferida para sua extração (Silva *et al.*, 2014).

Em estudos mais recentes, como o de Alcântara *et al.* (2023), são utilizados os globos oculares do *Oreochromis niloticus*, uma espécie amplamente disponível, cujos subprodutos são mais acessíveis. Isso torna o processo mais viável economicamente, o que beneficia potenciais aplicações comerciais. O uso de subprodutos torna-se mais viável tendo em vista seu preço e disponibilidade, reduzindo o custo total da obtenção de matérias-primas para a extração de ácido hialurônico (Alcântara *et al.*, 2023). Isso agrega valor à indústria pesqueira, já que faz uso de algo que seria descarte, e promove alinhamento com práticas sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental.

O ácido hialurônico é amplamente utilizado em invenções e aplicações em diversas áreas, incluindo farmacêutica, medicinal e cosmética. O valor da produção de AH em 2021 foi equivalente a US\$ 8,87 bilhões, com receitas previstas para atingir US\$ 14,42 bilhões até 2028 (“Hyaluronic Acid Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Dermal Fillers, Osteoarthritis, Ophthalmic, Vesicoureteral Reflux), And Segment Forecasts, 2024 - 2030”, 2021). Esse aumento significativo demanda inovações tecnológicas na produção e nas fontes de produção.

Tabela 1. Descrição dos aspectos dos artigos das patentes incluídas na revisão.

Título	Número da Publicação	Data de Publicação	Status da Patente	País	Espécie/Partes	Métodos	Aplicações
<i>Preparation Method of Fish Cartilage Hydrolysate Rich in Small Molecular Chondroitin Sulfate</i> (Mou; Li; Zhang, 2022)	CN114921511 (A); CN114921511 (B)	2022-08-19	Ativa	CN	Cartilagem de Esturjão	A cartilagem de esturjão é triturada e submetida à dissociação pressurizada para obtenção da solução enzimática. O sulfato de condroitina é processado com enzimas específicas, inativado, centrifugado e o sobrenadante é seco por pulverização, obtendo-se AH hidrolisado com sulfato de condroitina <500 Da e colágeno tipo II <1500 Da.	Alimento para fortalecimento ósseo de animais de estimação
<i>Biological Component-Containing Material</i> (Maeda, 2021)	JP2021191803 (A)	2021-12-16	Pendente	JP	Tecido de Peixe (Vasos Aórticos)	O tecido biológico é dissolvido com solvente, extraindo todos os componentes, incluindo elastina, colágeno, ácido hialurônico e laminina.	Nd
<i>Method For Complex Processing of Fish Raw Material for Obtaining Hyaluronic Acid and Collagen</i> (Antipova; Khaustova, 2013)	RU2012104315 (A); RU2501812 (C2)	2013-08-20	Inativa	RU	Peles de Peixe de Lago	Mistura enzimática com água (1:3:3), lavagem da fração sólida com água fria para remover resíduos de pancreatina; colágeno seco em câmaras com circulação de ar a 18-20°C por 12h e armazenado.	Nd
<i>Preparation Of Hyaluronic Acid Used in Cosmetics and Clinical Work Comprises Proteic Electrodeposition Based on Fish Vitreous Humor</i> (Murado et al., 2003)	ES2192960 (A1); ES2192960 (B1)	2003-10-16	Expirada	ES	Humor Vítreo de Peixe	Etapas: 1) Eletrodeposição de proteínas; 2) Recuperação seletiva em solução hidroalcoólica; 3) Tratamento alcalino controlado para precipitar AH e solubilizar proteínas; 4) Recuperação do AH por resuspensão e neutralização.	Aplicações clínicas e cosméticas

Abreviações: CN: China; JP: Japão; RU: Rússia; ES: Espanha. Nd: Não demonstrada

Fonte: Autores (2025)

Com o aumento dessa exigência, somada à escassez de matérias-primas e à busca por métodos de extração mais seguros, novas técnicas foram surgindo como alternativas aos métodos tradicionais. Isso se deve, em parte, ao risco de contaminação em organismos terrestres, que estão sujeitos a epidemias como a encefalopatia espongiforme bovina e a gripe aviária (Murado *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2014). Entre essas alternativas, destacam-se os novos processos que utilizam resíduos de peixes, descritos em várias patentes, e apresentam menor risco de contaminação por agentes de origem animal e bacteriana, permitindo a produção de AH de qualidade (Cioca *et al.*, 2018).

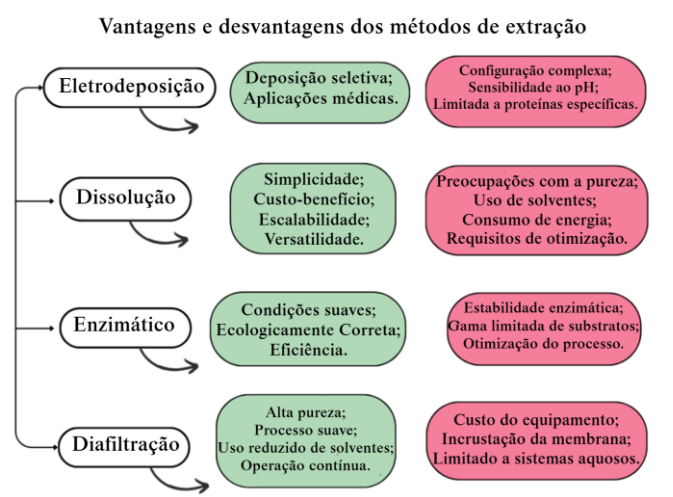
Algumas das patentes selecionadas nesta revisão descrevem métodos como diafiltração e eletrodeposição de proteínas (ES2192960A1) e dissolução e preparação enzimática (RU2012104315(A)). As metodologias descritas têm vantagens e desvantagens, conforme mostrado na Figura 5.

Assim, destacam-se as considerações envolvidas na escolha dos métodos de extração do ácido hialurônico. Embora ofereçam vários benefícios, os métodos também apresentam desafios que devem ser analisados para aplicação prática. Os resíduos da pesca são uma alternativa sustentável que, além de reduzir o desperdício, fornece um composto rico em antioxidantes (Abdel-Hamid; Al-Hilifi, 2024). Essa característica sugere que esses resíduos podem ser usados como suplemento em sucos e iogurtes para reduzir o número de radicais livres no organismo (Liu *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a busca atual por alimentos orgânicos, cada vez mais focada na saúde, consciência ambiental e sustentabilidade, e a política da indústria verde

(três R's - Reduzir, Reutilizar e Reciclar) desenvolveram uma necessidade constante de inovação em tecnologia verde pelas empresas. A formulação de alimentos que possuem compostos de peixe contribui para o desenvolvimento muscular, manutenção da saúde óssea, regulação da pressão arterial e melhora do humor, cognição e saúde ocular (*“Whey protein, ice cream, powdered soup... Discover growing market niches based on fish.”*, 2023). Nesse contexto, a implementação de subprodutos de peixe pode ser essencial para a sustentabilidade da indústria verde e promover grandes benefícios na nutrição.

Figura 5. Métodos de extração de ácido hialurônico de peixes.



Fonte: Autores (2025)

O preço de exportação do AH para uso farmacêutico na China, principal produtora desses bioprodutos, variou entre US\$ 2.700 e US\$ 50.000 por quilograma em 2020, com base na pureza e no peso molecular (Ciriminna; Scurria; Pagliaro, 2021). O mercado de AH à base de peixe está em crescimento, com uma ampla variedade de produtos comerciais disponíveis para atender à demanda de produtos para cuidados com a pele e saúde. Esses produtos incluem Cartidyss, um extrato de cartilagem de arraia contendo colágeno tipo II e ácido hialurônico (Galena, 2022), *Naturitas Marine Collagen with Hyaluronic Acid* ("Marine collagen with hyaluronic acid", 2024) e *The Ordinary Marine Hyaluronic* ("Marine collagen with hyaluronic acid", 2024).

Por outro lado, em procedimentos estéticos, o ácido hialurônico é amplamente utilizado em preenchimentos dérmicos para modelagem e rejuvenescimento labial. No entanto, esse composto apresenta possíveis complicações, como oclusão vascular e cegueira (Korwin *et al.*, 2023). Assim, o ácido hialurônico é um aliado no cuidado desses procedimentos devido à sua alta biocompatibilidade.

Em relação às patentes incluídas nesta revisão, a patente ES2192960A1 desenvolve um método inovador que utiliza resíduos de peixes que não seriam utilizados, como olhos congelados. Esse método transforma as partes residuais em fontes de compostos de alto valor agregado, como o AH de alta pureza, que pode ser aplicado em formulações cosméticas e procedimentos estéticos (Murado *et al.*, 2003).

O AH pode ser obtido com diferentes pesos moleculares, permitindo sua comercialização em produtos farmacêuticos para o tratamento de ceratoconjuntivite seca, osteoartrite, osteogênese e cicatrização de feridas, além de sua aplicação em preenchimentos dérmicos na linha de cosméticos (Gunasekaran; D.; V., 2020; Serra *et al.*, 2023). Nesse contexto, o AH extraído de resíduos de peixes demonstra vasta aplicação, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6. Possíveis aplicações do ácido hialurônico extraído de peixe.



Fonte: Autores (2025)

Outro método de extração é descrito na patente CN114921511 (A), que aborda a produção de AH a partir da cartilagem do esturjão, resultando em um produto voltado para a suplementação alimentar de animais domésticos. Essa invenção chinesa representa uma inovação importante na produção de ácido hialurônico, combinando subprodutos de peixes com processos de fermentação para gerar um ingrediente valioso de maneira mais eficiente e ecológica. Além disso, esse método produz um hidrolisado de cartilagem de peixe rico em condroitina sulfato, que é usado em alimentos para animais de estimação para fortalecer os ossos (Mou; Li; Zhang, 2022).

Por outro lado, a patente JP2021191803(A) apresenta um método de extração que produz uma solução contendo componentes biológicos derivados de tecido biológico de porco ou peixe. Esse método envolve a dissolução de vasos aórticos ou arteríolas de peixes em um solvente que dissolve todos os componentes biológicos do tecido, incluindo elastina, colágeno, ácido hialurônico e laminina (Maeda, 2021).

A patente RU2012104315 (A) faz o uso de peles de peixes de lago obtidas de empresas de processamento de peixes como matéria-prima para a preparação de ácido hialurônico e colágeno. O processo de extração consiste na preparação enzimática, misturando-a com água na proporção de 1,3:3, depois lavando a fração sólida com água corrente fria, na qual os resíduos de "Pancreatina" são removidos; o colágeno resultante, dependendo da finalidade, é enviado para secagem em câmaras de secagem com circulação de ar forçada, a uma temperatura de 18-20 °C por 12 h e armazenamento (Antipova; Khaustova, 2013).

Assim, essas invenções destacam e abordam a importância de explorar fontes alternativas, como peixes, e métodos de produção para garantir a pureza e a segurança do AH, apresentando um mercado promissor para as indústrias cosmética e farmacêutica (Torres-Acosta *et al.*, 2021).

A região Ásia-Pacífico se destacou como o principal mercado para o ácido hialurônico marinho, representando a maior fonte de aplicações de patentes em 2022, com um total de 54,7% dos repositórios ("Challenges, Continue Upward Trend (2023)", 2022).

Um dos países de destaque foi a China, com um crescimento de 16,1% em relação ao ano anterior (68.720 pedidos), enquanto o Japão teve uma queda de 4,1% [43]. Depois da Fundação Skolkovo, a Rússia foi, em 2020, o segundo país do BRICS em termos de propriedade intelectual, atrás apenas da China, tornando este país um dos líderes em termos de proteção da Propriedade Intelectual ("The Skolkovo Foundation: fostering innovation and entrepreneurship in the Russian Federation.", 2020).

A análise comparativa dos pedidos de patentes dos países latino-americanos do Grupo 1 do ranking SIR Iber 2019 fornece uma visão relevante do cenário de inovação na região.

A Espanha se destaca como líder, com a maior proporção de pedidos de patentes, o que destaca seu papel central na inovação como o país líder da América Latina em atividade inventiva e tecnológica (Graciela *et al.*, 2023). Assim, os países cujas patentes foram analisadas mostram-se promissores em seus respectivos grupos.

Por fim, com base nos dados pesquisados no PubMed, houve um aumento significativo nos últimos 10 anos, com mais de 12 mil resultados mostrando que os estudos sobre o AH avançaram consideravelmente. No entanto, a depender do método de extração, o processo pode resultar em produtos com impurezas, exigindo um mecanismo de extração rigoroso.

Além disso, dependendo da espécie-alvo da extração, pode ter baixo rendimento e alta polidispersão, o que pode limitar sua aplicação (Alcântara *et al.*, 2023). Portanto, apesar dos avanços na produção de AH de peixe, ainda há necessidade de melhoria tecnológico para essas extrações.

Conclusão

Embora a pesquisa específica sobre a extração de ácido hialurônico a partir de resíduos de peixes ainda esteja em seus estágios iniciais, a exploração de fontes alternativas revela uma promissora perspectiva. A combinação de métodos de extração eficientes com o uso de subprodutos da indústria pesqueira pode resultar em inovações relevantes na produção de ácido hialurônico, trazendo benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as indústrias cosmética e farmacêutica. As patentes analisadas desenvolvem métodos eficientes e sustentáveis para a produção de ácido hialurônico a partir de resíduos de peixes, de modo a aumentar as fontes disponíveis desse composto, que tem diversas aplicações nas áreas médica e cosmética.

Agradecimentos

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código Financeiro 001. Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq, ao BAITES e à FAPITEC/SE (Anúncio nº 04/2021) pelo apoio financeiro.

Referências

- ABDALLAH, Maha M. *et al.* Hyaluronic acid and Chondroitin sulfate from marine and terrestrial sources: Extraction and purification methods. **Carbohydrate Polymers**, v. 243, p. 116441, set. 2020.
- ABDEL-HAMID, Wissam H.; AL-HILIFI, Sawsan A. H. Biological characters and antioxidant activity of hyaluronic acid isolated from some animal sources. *In*: 2024.
- AHMADIAN, Elham *et al.* The Potential Applications of Hyaluronic Acid Hydrogels in Biomedicine. **Drug Research**, v. 70, n. 01, p. 6–11, 25 jan. 2020.
- ALCÂNTARA, Lyndervan Oliveira *et al.* Extraction and characterization of hyaluronic acid from the eyeball of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 226, p. 172–183, jan. 2023.
- AL-KHATEEB, Rami; OLSZEWSKA-CZYŻ, Iwona. Biological molecules in dental applications: hyaluronic acid as a companion biomaterial for diverse dental applications. **Heliyon**, v. 6, n. 4, p. e03722, abr. 2020.
- ANTIPOVA, Lyudimila Vasilievna; KHAUSTOVA, Galina Aleksandrovna. **Method for complex processing of fish raw material for obtaining hyaluronic acid and collagen**. Federation Russian, 20 ago. 2013.
- ATEF, Maryam *et al.* Biochemical and structural characterization of sturgeon fish skin collagen (*Huso huso*). **Journal of Food Biochemistry**, v. 44, n. 8, 24 ago. 2020.
- BARRAGÁN-OCAÑA, Alejandro *et al.* Promotion of technological development and determination of biotechnology trends in five selected Latin American countries: An analysis based on PCT patent applications. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 37, p. 41–46, jan. 2019.
- BAUMANN, Manuel *et al.* Comparative patent analysis for the identification of global research trends for the case of battery storage, hydrogen and bioenergy. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 165, p. 120505, abr. 2021.
- BOERIU, Carmen G. *et al.* Production Methods for Hyaluronan. **International Journal of Carbohydrate Chemistry**, v. 2013, p. 1–14, 5 mar. 2013.

CARUSO, G. Fishery wastes and by-products: A resource to be valorised. **Journal of Fisheries Sciences**, v. 10, n. 1, p. 12–15, 2016.

Challenges, Continue Upward Trend (2023).

CHANG, Ho Nam *et al.* Biomass-derived volatile fatty acid platform for fuels and chemicals. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, v. 15, n. 1, p. 1–10, 18 fev. 2010.

CIOCA, Ana-Andreea *et al.* Human Health Risks Associated with Chemical and Microbiological Contaminants in Fish - A Mini Review. **“Agriculture for Life, Life for Agriculture” Conference Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 415–427, 1 jul. 2018.

CIRIMINNA, Rosaria; SCURRIA, Antonino; PAGLIARO, Mario. Microbial production of hyaluronic acid: the case of an emergent technology in the bioeconomy. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 15, n. 6, p. 1604–1610, 12 nov. 2021.

COSTA, L. **China remains in first place in the ranking of the main filers of international patent applications.**

ELHISS, Sawsen *et al.* Hyaluronic acid from bluefin tuna by-product: Structural analysis and pharmacological activities. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 264, p. 130424, abr. 2024.

GALENA. **CARTIDYSS.**

GRAÇA, Mariana F. P. *et al.* Hyaluronic acid—Based wound dressings: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 241, p. 116364, ago. 2020.

GRACIELA, Callejas-Quijada *et al.* Hyaluronic Acid. Extraction Methods, Sources and Applications. **Polymers**, v. 15, n. 16, p. 3473, 19 ago. 2023.

GUNASEKARAN, Vijay; D., Gowdhaman; V., Ponnusami. Role of membrane proteins in bacterial synthesis of hyaluronic acid and their potential in industrial production. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 1916–1926, dez. 2020.

Hyaluronic Acid Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Dermal Fillers, Osteoarthritis, Ophthalmic, Vesicoureteral Reflux), And Segment Forecasts, 2024 - 2030.

IACONISI, Giorgia Natalia *et al.* Hyaluronic Acid: A Powerful Biomolecule with Wide-Ranging Applications—A Comprehensive Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 12, p. 10296, 18 jun. 2023.

JIANG, Renai; SHI, Haoyue; JEFFERSON, Gary H. Measuring China's International Technology Catchup. **Journal of Contemporary China**, v. 29, n. 124, p. 519–534, 3 jul. 2020.

JUROVČÍK, Michal *et al.* Hyaluronic acid and its importance and possibilities of use in otorhinolaryngology. **Otorinolaryngologie a foniatrie**, v. 72, n. 4, p. 204–209, 18 dez. 2023.

KORWIN, Magdalena *et al.* Vascular Complications Following Aesthetic Procedures with Hyaluronic Acid Fillers Use. **Ophthalmology**, n. 3, p. 32–37, 29 dez. 2023.

LIU, Long *et al.* Microbial production of hyaluronic acid: current state, challenges, and perspectives. **Microbial Cell Factories**, v. 10, n. 1, p. 99, 16 dez. 2011.

MAEDA, Iori. **Biological component-containing material**. Japan, 16 dez. 2021.

Marine collagen with hyaluronic acid.

Marine Hyaluronics.

MOU, Haijin; LI, Qing; ZHANG, Weixing. **Preparation method of fish cartilage hydrolysate rich in small molecular chondroitin sulfate**. China, 19 ago. 2022.

MURADO, Garcia Miguelanxo *et al.* **Preparation of hyaluronic acid used in cosmetics and clinical work comprises proteic electrodeposition based on fish vitreous humor**. Spain, 16 out. 2003.

MURADO, M. A. *et al.* Optimization of extraction and purification process of hyaluronic acid from fish eyeball. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 3, p. 491–498, jul. 2012.

OLIVEIRA, S. *et al.* Extraction of hyaluronic acid from tilapia eyeballs using an ultrasound-assisted enzymatic method. **Journal of Nuclear Agricultural Sciences**, v. 28, p. 1446–1452, 2014.

PUTRI, Runita Rizkiyanti; NUGRAHA, Tutun; CHRISTY, Stephany. Extraction of Hyaluronic Acid from Aloe barbadensis (Aloe Vera). **Journal of Functional Food and Nutraceutical**, v. 1, n. 2, p. 111–118, 29 fev. 2020.

SALWOWSKA, Natalia M. *et al.* Physiochemical properties and application of hyaluronic acid: a systematic review. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 15, n. 4, p. 520–526, 21 dez. 2016.

SERRA, Mónica *et al.* Microbial Hyaluronic Acid Production: A Review. **Molecules**, v. 28, n. 5, p. 2084, 23 fev. 2023.

SILVA, Tiago *et al.* Marine Origin Collagens and Its Potential Applications. **Marine Drugs**, v. 12, n. 12, p. 5881–5901, 5 dez. 2014.

The Skolkovo Foundation: fostering innovation and entrepreneurship in the Russian Federation.

TORRES-ACOSTA, Mario A. *et al.* Comparative Economic Analysis Between Endogenous and Recombinant Production of Hyaluronic Acid. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, 21 jul. 2021.

TRIVEDI, Nitin *et al.* An integrated process for the extraction of fuel and chemicals from marine macroalgal biomass. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 30728, 29 jul. 2016.

Whey protein, ice cream, powdered soup... Discover growing market niches based on fish.

YASIN, Aqeela *et al.* Advances in Hyaluronic Acid for Biomedical Applications. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 10, 4 jul. 2022.

ZAMBONI, Fernanda *et al.* The potential of hyaluronic acid in immunoprotection and immunomodulation: Chemistry, processing and function. **Progress in Materials Science**, v. 97, p. 97–122, ago. 2018.