
鱼类副产物变废为宝：千万吨“垃圾”如何化身可持续胶原蛋白 MDPI BioTech

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40309.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

鱼类副产物变废为宝：千万吨“垃圾”如何化身可持续胶原蛋白 MDPI BioTech。论文标题：A Review of Classical and Rising Approaches for the Extraction and Utilization of Marine Collagen

论文链接：<http://www.mdpi.com/2673-6284/14/2/26>

期刊名：BioTech

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/biotech>

一、引言

胶原蛋白是皮肤、骨骼和软骨中的钢筋水泥。其独特的三螺旋结构由重复的Gly-X-Y氨基酸序列构成—甘氨酸位于每三个位置，X通常是脯氨酸，Y则是羟脯氨酸或赖氨酸。羟脯氨酸含量直接决定了胶原蛋白的热稳定性：含量越高，胶原越耐热。

传统上，胶原蛋白来自牛和猪。但您是否担心过疯牛病、禽流感？是否考虑过宗教饮食限制？这些问题正推动科学家寻找更安全、更包容的替代品。

答案在海洋里。

鱼类加工副产物—鱼皮、鱼鳞、鱼鳔、鱼骨、鱼鳍—每年产生数千万吨。它们通常被丢弃，却富含高质量的I型胶原蛋白。更重要的是，海洋胶原蛋白免疫原性低、无疾病传播风险，完美契合可持续发展和循环经济理念。本综述系统梳理了海洋胶原蛋白的传统与创新提取技术、功能特性及其在食品、医疗、化妆品等领域的广阔应用。

二、材料与方法

提取胶原蛋白通常分为三步：预处理（去除非胶原蛋白、脱矿以及均质化处理）、提取（将胶原从组织中分离）、回收。

传统提取方法主要包括酸溶性胶原蛋白（ASC）和胃蛋白酶溶性胶原蛋白（PSC）提取。ASC使用乙酸等有机酸在低温下长时间提取，能保留胶原的天然三螺旋结构，适用于生物材料和组织工

程。PSC则在酸提取基础上添加胃蛋白酶，通过切断端肽区域提高溶解性和生物利用度。

但传统方法耗时耗力。例如，有研究从Biajaiba鱼鳞中提取胶原蛋白，72小时仅获得约1%的产率。相比之下，从胶原蛋白含量较高的Gulf Corvina鱼皮中，研究人员获得了82%的产率（按干重计）。更极端的对比来自Bhiumbar等人的研究——他们比较了7种有机和无机酸对黑ruff鱼皮的提取效果：乳酸表现最佳，产率达45%（湿重），而乙酸只有25%，硫酸和盐酸几乎无效。显然，传统方法需要升级，且产率高度依赖于鱼种、组织部位和酸的选择。

三、分析与结果

为克服传统方法的局限性，研究人员开发了多种创新提取技术。超声辅助提取（UAE）是最具前景的方法之一。超声波在液体介质中产生空化效应，通过形成和破裂微气泡产生局部高温高压，破坏鱼类组织基质，促进溶剂接触和胶原蛋白的传质过程。研究表明，对黄鳍金枪鱼鱼皮进行15分钟超声辅助提取，胶原蛋白产率从传统胃蛋白酶提取的18.5%提高到23.84%，且提取时间从24小时缩短至数分钟。更重要的是，超声处理能够有效去除端肽区域，获得热稳定性更高的胶原蛋白。Song等人成功将超声辅助提取从实验室8升系统放大到60升工业系统，在1.5小时和3小时处理时间下分别获得31.3%和46.2%的蛋白质产率。需要注意的是，超声波会产生局部高温，因此必须在低温条件下进行提取以避免胶原蛋白变性。

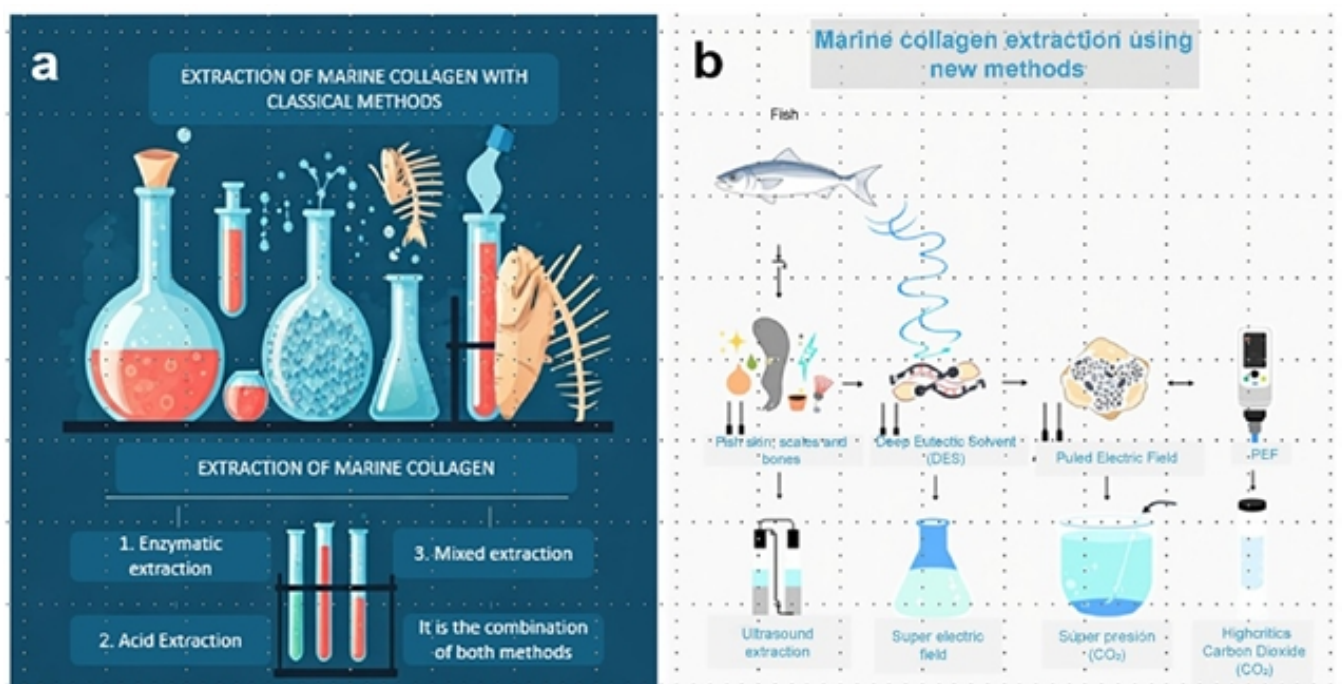


图1 胶原蛋白提取方法的示意图

除超声技术外，其他新兴提取方法也展现出巨大潜力。

- 低共熔溶剂（DESs）：由氢键受体和供体组成，具有低熔点和绿色环保的特点。研究发现，尿素-乳酸和尿素-丙酸等DESs提取的鱼类I型胶原蛋白产率高于传统乙酸法，且SDS-PAGE显示提取产物纯度高，未检测到低分子量杂质。

- 超临界二氧化碳萃取：通过在31 ° C和50 bar条件下使CO₂达到超临界状态，从大西洋鳕鱼皮中获得了13%的胶原蛋白产率，且脯氨酸和羟脯氨酸含量高于酸提取法。

- 脉冲电场（PEF）：通过施加高压电脉冲引起细胞膜电穿孔，促进胶原蛋白释放。研究显示，在20 kV/cm电场和8个脉冲条件下，使用1%胃蛋白酶从鱼骨中提取胶原蛋白的产率达到13 mg/mL。

这些新兴技术仍处于探索阶段，未来需要更多关于成本、能耗和生命周期评估的研究。

四、讨论

胶原蛋白可以两种形式存在，各有独特的功能与应用场景。

非水解胶原保留了完整的三螺旋结构和高分子量，主要应用于生物材料开发。例如，鱼胶原蛋白被用于增强聚乳酸-羟基乙酸共聚物纤维的拉伸强度和弹性模量，形成的纤维膜能够支持骨髓间充质干细胞生长，成为骨组织工程的有前景的支架。

水解胶原蛋白通过酶解或亚临界水水解等方法降解为小分子肽段，具有更高的生物利用度和生物活性。

酶解是最常用的水解方法，胃蛋白酶、木瓜蛋白酶和碱性蛋白酶均可用于此目的。研究发现，通过碱性蛋白酶水解获得的低分子量胶原肽（1-27 kDa）表现出与维生素C相当的DPPH和OH自由基清除活性。另一项研究表明，分子量低于5 kDa的胶原肽对大肠杆菌具有显著的抗菌活性，其效果优于非水解胶原。在金属螯合方面，采用胃蛋白酶联合胰酶水解获得的胶原肽因含有更高水平的精氨酸和脯氨酸，表现出更强的Cu²⁺和Fe²⁺螯合活性。此外，研究人员还从罗非鱼皮肤胶原水解物中鉴定出一个分子量为454 Da的抗冻肽段，其冷冻保护效果与商业抗冻剂磷酸盐相当。

这些发现意味着，鱼胶原蛋白肽不仅可作为功能性食品原料，还能用于护肤品、医用材料和冷冻食品保护剂。

五、展望与结论

海洋胶原蛋白具有替代哺乳动物胶原蛋白的巨大潜力，不存在消化问题、过敏反应、不良味道及疾病传播等健康隐患，而且鱼类加工副产物在全球范围内广泛可得，原材料几乎零成本。无论是高分子量的天然胶原还是水解后的小分子肽段，在食品、医疗、化妆品和营养保健品等行业都具有无限的应用前景。通过对鱼类副产物的高值化利用，不仅能够促进循环经济、减少废弃物、提高资源利用效率，还能创造高附加值产品，从而支持环境可持续性和可持续渔业实践。未来，随着超声辅助提取、低共熔溶剂、超临界二氧化碳、脉冲电场等创新技术的不断成熟和推广，海洋胶原蛋白的提取效率、产品品质和生产规模将进一步提升，为各行业提供更安全、更可持续的胶原蛋白来源。

期刊介绍

主编：Prof. Dr. Massimo Negrini

期刊发表范围涵盖生物制药领域, 通过培育转基因植物、动物或水生生物来解决农业中食品的生产或质量问题, 以及在医学领域中采用的新方法; 在环境领域中的应用, 旨在维护生物多样性并清除污染物; 开发能够生产有用化学物质或销毁有害/污染化学物质的生物体或酶; 生物信息学方法; 以及与生物技术领域中的伦理、哲学和监管方面相关的论文。被ESCI、Scopus、PubMed, PMC, 等多个权威数据库收录。在JCR Biotechnology and Applied Microbiology 类别 排名中位居Q2.

2024 Impact Factor : 3.1

2025 CiteScore : 5.6

Time to First Decision : 21.6 Days

Acceptance to Publication : 2.9 Days

来源 : BioTech

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有, 请勿用于商业用途, [爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发