

Marine collagen – Advantages and Applications

Seyed Mohammad Bagher Nabavi¹, Seyedeh Narges Nabavi², Mahmoud Qayem Ashrafi³

¹ Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology; National Halal Research Center, Tehran, Iran (**Corresponding author**). nabavishiba@yahoo.com

² Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran. narges.nabavi264@gmail.com

³ Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran. info@qayem.ir

Abstract

Background and Objective: Collagen is one of the main protein structures of the human body and other mammals, which, due to its degradability, biocompatibility, and natural bioactivity, has wide applications in the food, pharmaceutical medical, tissue engineering and cosmetic industries. The purpose of writing, this review article is to show the advantages of collagens of marine origin compared to collagens extracted from land mammals (e.g. cows and pigs) which, in addition to the prohibition of porcine collagen, can also transmit diseases such as swine flu and bovine spongiform encephalopathy to humans.

Results and Conclusion: According to the information obtained from the results of scientists, collagens extracted from marine organisms such as fish, mammals and other marine invertebrates, due to the health of the products obtained, the lack of transmission of diseases to human, lower cost and easier extraction methods, are suitable as alternative sources for food, pharmaceutical, tissue engineering and cosmetic health uses have been introduced in the world. Halal meat fish fillets in the country are valuable sources of collagen that can be a suitable alternative to prevent the entry of collagens of cow and pig into the country in order to comply with religious observances and maintain the health and hygiene of the society.

Keywords: Marine collagen, Halal, Food and pharmaceutical industries, Swine flu, bovine spongiform encephalopathy.

Cite this article: Nabavi, M.B., Nabavi, N. & Ashrafi, M.Q. (2023). Marine collagen – Advantages and Applications. *Biannual journal of halal*, 6(2), p. 85-100. <https://doi.org/10.30502/h.2025.419810.1128>

Received: 2023/03/04 ; **Revised:** 2023/04/05 ; **Accepted:** 2023/05/14 ; **Published online:** 2023/07/11

Article type: Research Article

Publisher: Halal Research Center of Islamic Republic of Iran

©2025/authors retain the copyright and full publishing rights



کلاژن دریایی: مزیت‌ها و کاربردها

سید محمدباقر نبوی^۱، سیده نرگس نبوی^۲، محمود قیم اشرفی^۳

^۱ دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر؛ مرکز ملی تحقیقات حلال، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

nabavishiba@yahoo.com

^۲ گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

narges.nabavi264@gmail.com

^۳ گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

info@qayem.ir

چکیده

هدف: کلاژن از ساختارهای پروتئینی اصلی بدن، انسان و سایر پستانداران به‌شمار می‌رود که به دلیل تخریب‌پذیری و زیست‌سازگاری و زیست‌فعال بودن طبیعی، کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی، دارویی، پزشکی و مهندسی بافت و بهداشتی-آرایشی دارد. هدف پژوهش حاضر نشان دادن مزیت‌های کلاژن‌های با منشاء دریایی در مقایسه با کلاژن‌های استخراج شده از پستانداران خشکی‌زی (مانند گاو و خوک) است که علاوه بر حرام بودن کلاژن خوکی، انتقال بیماری‌هایی مانند آنفولانزای خوکی و جنون گاوی را به انسان نیز به همراه دارند.

یافته‌ها: کلاژن‌های استخراج شده از موجودات دریایی مانند ماهیان، پستانداران و سایر بی‌مهرگان دریایی به دلیل سلامت محصولات بدست آمده، عدم انتقال بیماری‌ها به انسان، هزینه کمتر و روش‌های استخراج آسان‌تر، به عنوان منابع جایگزین مناسب برای مصارف غذایی، دارویی، پزشکی، مهندسی بافت و بهداشتی-آرایشی در جهان معرفی شده‌اند. دور ریز ماهیان حلال گوشت در کشور، منابع کلاژنی ارزشمندی به‌شمار می‌روند که می‌توانند جایگزین مناسبی برای جلوگیری از ورود کلاژن‌های با منشاء گاوی و خوکی به کشور جهت رعایت موازین دینی و حفظ سلامت و بهداشت جامعه باشند.

کلیدواژه‌ها: کلاژن دریایی، غذای حلال، صنایع غذایی، صنایع دارویی، ژله ماهی، آنفولانزای خوکی، جنون گاوی.

استناد به این مقاله: نبوی، سید محمدباقر؛ نبوی، سیده نرگس؛ اشرفی، محمود قیم (۱۴۰۲). کلاژن دریایی: مزیت‌ها و کاربردها. پژوهشنامه حلال، ۶(۲)، ص ۸۵-۱۰۰. <https://doi.org/10.30502/h.2025.419810.1128>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰

نوع مقاله: پژوهشی

ناشر: مرکز ملی تحقیقات حلال جمهوری اسلامی ایران

© ۱۴۰۴ / نویسندگان دارنده حق مؤلف مقاله خود بدون محدودیت هستند.



۱. مقدمه

کلاژن فراوان‌ترین ساختار پروتئینی بدن حیوانات به‌شمار می‌رود. این ماکرومولکول بیولوژیکی حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد کل پروتئین بدن انسان را نیز به خود اختصاص داده است (۱-۳). کلاژن‌ها مولکول‌های تری‌متریک^۱ هستند که شامل ۳ پلی‌پپتید زنجیره‌های آلفا^۲ می‌باشند (۴-۶). آمینواسیدها که تشکیل‌دهنده پروتئین‌ها به‌شمار می‌روند، سرشار از گلای‌سین،^۳ پرولاین،^۴ هیدروکسی پرولاین^۵ و آر‌جی‌نین^۶ می‌باشند. این آمینواسیدها با هم تشکیل فیبریل‌های پروتئین را می‌دهند. کلاژن تشکیل‌دهنده ساختار اولیه عضله‌ها، پوست، استخوان، تاندون‌ها، رباط‌ها و سایر بافت‌های هم‌بند به‌شمار می‌رود (۷-۱۰). نقش اساسی کلاژن، استحکام بخشیدن به بدن و کمک به فیرو بلاست‌ها در بخش میانی پوست می‌باشد که به رشد سلول‌های جدید کمک می‌کند. کمک به جایگزین کردن سلول‌های مرده پوست، ایجاد حفاظت پوششی برای ارگان‌های بدن و استحکام بخشیدن و قابلیت ارتجاعی کردن پوست، از دیگر ویژگی‌های کلاژن به‌شمار می‌روند. تاکنون ۲۸ تا ۲۹ تیپ مشخص از کلاژن‌ها با توجه به ساختارهای مولکولی و عملکردی (مانند ترکیب آمینواسیدها) و انتشار آنها در بافت‌ها شناسایی شده است (۳، ۵). از بین این تعداد، ۲۰ نوع از کلاژن‌ها در بدن انسان معرفی شده‌اند که هر کدام از آنها نقش ویژه‌ای را برعهده دارند. مهم‌ترین انواع آنها شامل کلاژن‌های تیپ I، II، III و IV می‌باشند (۳، ۵). غالب‌ترین نوع کلاژن موجود در بدن انسان از کلاژن تیپ I^۷ تشکیل شده که عمدتاً در تاندون‌ها و پوست وجود دارد (۸) و بیش از ۹۰ درصد میزان کلاژن در بدن انسان را به خود اختصاص داده است. جل‌سه و همکاران (۲۰۰۳) انواع کلاژن‌ها را براساس فرم و شکل آنها به شش گروه تقسیم‌بندی کرده‌اند که عبارتند از: کلاژن فیبریلی شکل^۸، کلاژن‌های پیوسته فیبریلی^۹، کلاژن‌های شبکه‌ای^{۱۰}، فیبریل‌های لنگری^{۱۱}، کلاژن‌های مارپیچ‌های تراغشایی^{۱۲} و

1. Trimetric molecules
2. Polypeptide α chains
3. glycine
4. proline
5. hydroxyproline
6. arginine
7. Collagen type I
8. Fibril forming collagen
9. Fibril-associated collagen
10. Network forming collagens
11. Anchoring fibrils
12. Transmembrane collagen

کلاژن‌های غشایی پایه^۱ (۱۱). کلاژن‌ها به دلیل قدرت زیست تخریب‌پذیری، زیست سازگاری و زیست فعال بودن طبیعی، از کاربردی‌ترین مواد زیستی عصر حاضر به‌شمار می‌روند که در بسیاری از صنایع مانند صنایع غذایی، دارویی، پزشکی، آرایشی-بهداشتی و مهندسی بافت، کاربرد گسترده‌ای دارند. این ماده زیستی ارزشمند به اشکال مختلف مانند محلول‌های قابل تزریق به بدن انسان،^۲ بسترهای نازک،^۳ اسفنج‌های متخلخل،^۴ ماتریکس‌های رشته‌ای نانو^۵ و ذرات کروی شکل میکرو نانو^۶ قابل استفاده است (۱۲-۱۵). بر همین اساس و با توجه به نیاز روزافزون جوامع انسانی به این ماده حیاتی ارزشمند، رشد روزافزون تولید کلاژن در بازارهای جهانی رقم ۱۰/۲ درصد سالانه را به خود اختصاص داده است. براساس آمار سالانه بازار جهانی کلاژن در سال ۲۰۲۲ رقمی معادل ۹/۱۲ میلیارد دلار را نشان می‌دهد. این آمار در سال ۲۰۳۰ عدد ۱۹/۹ میلیارد دلار را در بازار جهانی تخمین زده است. در این راستا، هدف پژوهش حاضر با توجه به مشکلات بوجود آمده از مصرف کلاژن‌های با منشأ حیوانات خشکی‌زی (مانند گاو و خوک)، معرفی و مقایسه کلاژن‌های استخراج شده از موجودات دریایی (مانند ماهیان و ژله ماهیان دریایی) و مزیت‌های کاربردی آنها است.

۲. مزیت‌ها و کاربردهای کلاژن دریایی

امروزه محققان و دست‌اندرکاران صنایع غذایی، دارویی، آرایشی-بهداشتی، زیست‌پزشکی و مهندسی بافت، توجه ویژه‌ای به استخراج و بکارگیری کلاژن‌های با منشأ دریایی معطوف دارند. کلاژن‌های دریایی از موجوداتی مانند ماهیان استخوانی و غضروفی، ژله ماهیان، ماهیان مرکب، پستانداران دریایی، سخت‌پوستان، اسفنج‌ها، مرجان‌ها، نرم‌تنان و خارپوستان (خیارها و توتیاهای دریایی) بدست می‌آیند. محلول بودن در آب، عاری بودن از عوامل بیماری‌زا و پاتوژن‌ها، دوام و پایداری شیمیایی و فیزیکی بهتر، فراهم بودن در مقادیر زیاد و استخراج ساده‌تر تنها بخشی از مزیت‌های کلاژن‌های با منشأ دریایی در مقایسه با کلاژن‌های بدست آمده از موجودات خشکی‌زی به‌شمار می‌روند (۲، ۵، ۸، ۱۶-۱۸). در جدول (۱) مقایسه بخشی از تفاوت‌های بین کلاژن‌های با

1. Basement membrane collagen
2. injectable solutions
3. thin substrates
4. porous sponges
5. nanofibrous matrices
6. micro and nano – spheres

منشاء موجودات پستاندار خشکی (بویدِه گاو و خوک) و موجودات دریایی آمده است (۶).

جدول ۱- مقایسه تفاوت‌های بین کلاژن با منشاء پستانداران خشکی و موجودات دریایی

ردیف	کلاژن دریایی	کلاژن پستانداران	خصوصیات
۱	ارزان	زیاد و گران	هزینه‌ها
۲	پایین	بالا	نقطه ذوب
۳	پایین	بالا	ویسکوزیتی در محلول
۴	نسبتاً آسان‌تر	سخت	روش استخراج
۵	قابل حل در آب	قابل حل در حلال‌های آلی	حلالیت
۶	پایین	بالا	خطر انتقال بیماری
۷	محتویات بالای GLY و محتویات پایین PRO	محتویات پایین GLY و ALA با PRO بالا	ترکیب اسید آمینه

PRO = Proline

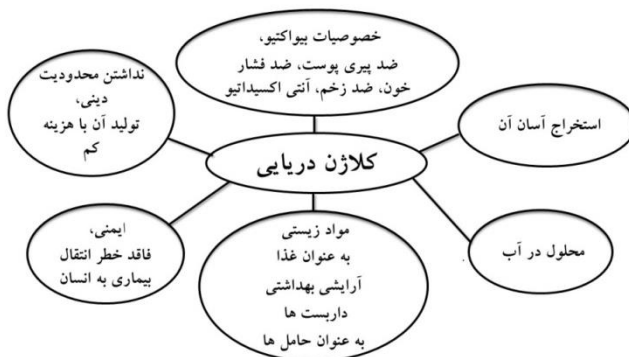
GLY = Glycine

ALA = Alpha Lipoic Acid

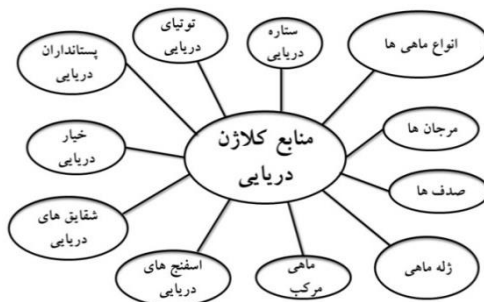
در گذشته بطور سنتی، کلاژن از پستانداران خشکی‌زی مانند گاو و خوک استخراج و به‌طور گسترده در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی-بهداشتی، زیست پزشکی و مهندسی بافت مورد استفاده قرار می‌گرفت. اما طی چند دهه گذشته استفاده از این نوع کلاژن‌ها محدود شده است. به‌عنوان مثال، استفاده از کلاژن بدست آمده از خوک، براساس دین مبین اسلام برای مسلمان حرام می‌باشد. علاوه بر مسلمانان، پیروان دین یهود و همچنین هندوها نیز از فرآورده‌های خوکی مانند کلاژن استفاده نمی‌کنند که در مجموع حدود ۳۸/۴ درصد جمعیت جهان را به خود اختصاص داده‌اند (۲، ۳، ۱۹). علاوه بر این، استفاده از کلاژن‌های گاوی و خوکی به دلیل انتقال بیماری‌هایی مانند بیماری جنون گاوی^۱ یا BSE و همچنین بیماری تب برفکی دهان و پا^۲ یا FMD که یک بیماری عفونی و ویروسی خطرناک است (۲، ۲۰، ۲۱) موجب شده تا نگرانی از به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها به دلیل مصرف کلاژن با منشاء پستانداران خشکی افزایش یابد. از دیگر خطرات انتقال بیماری ناشی از مصرف کلاژن حیوانات خشکی‌زی به انسان می‌توان به آنفولانزای خوکی^۳ و آنفولانزای مرغی یا آنفولانزای پرندگان^۴ اشاره نمود (۲۰). لذا، جایگزین کردن منابع کلاژنی سالم و بدون خطر از ضرورت‌های زمان حال و آینده انسان‌ها به‌شمار می‌رود. در سال‌های اخیر منابع

1. Bovine Spongiform Encephalopathy
2. Foot and Mouth Disease
3. Swine influenza
4. Avian influenza

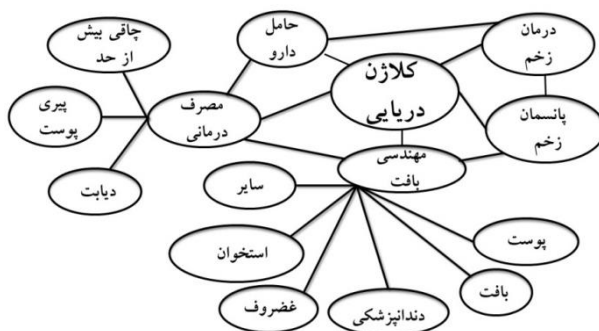
کلاژنی با منشأ دریایی به عنوان جایگزینی مناسب برای مصارف غذایی، دارویی، آرایشی-بهداشتی، پزشکی و صنعتی مورد توجه محققان و دست‌اندرکاران صنایع مرتبط در مقیاس جهانی قرار گرفته است. در شکل‌های (۱ الی ۳) منابع کلاژن‌های دریایی، خصوصیات، فواید و کاربردهای آنها نشان داده شده است.



شکل ۱- منابع کلاژن‌های دریایی



شکل ۲- خصوصیات و فواید کلاژن‌های دریایی (اقتباس از: نبوی و همکاران، ۱۴۰۱)



شکل ۳- کلاژن دریایی به عنوان مواد زیستی برای کاربردهای بیومدیkal (اقتباس از: لیم و همکاران، ۲۰۱۹)

آمارهای موجود (۲۲-۲۴) نشان می‌دهد که رشد جمعیت جهانی در سال ۲۰۵۰ به رقمی معادل ۹ میلیارد نفر می‌رسد. بر همین اساس نیازهای غذایی و دارویی جوامع انسانی نیز افزایش می‌یابد. کلاژن یکی از مهم‌ترین مواد زیستی است که در صنایع غذایی، دارویی، پزشکی و... کاربرد گسترده‌ای دارد. وجود عوامل بیماری‌زا و ممنوعیت‌های دینی در استفاده از کلاژن‌های بدست آمده از خوک و گاو موجب شده تا مدیران و دست‌اندرکاران صنایع غذایی و دارویی جهان تلاش گسترده‌ای را جهت جایگزین کردن این ماده ارزشمند بکار گیرند. مواد دور ریز ماهیان (مانند سر، باله‌ها، پوست و قسمت‌های داخلی بدن) جزو فراوان‌ترین منابع در دسترس انسان به‌شمار می‌روند که می‌توان از آنها جهت استخراج کلاژن سالم و عاری از آلودگی‌های بیماری‌زا استفاده کرد. براساس اطلاعات موجود، سالانه رقمی معادل ۲۰ میلیون تن مواد دور ریز ماهیان در صنایع شیلاتی جهان تولید می‌شود که حاوی ۱۰ تا ۲۵ درصد پروتئین و حدود ۱۷ تا ۳۵ درصد ترکیبات لپیدی می‌باشند. بازیافت این ترکیبات ارزشمند علاوه بر جلوگیری از آلودگی‌های محیط زیستی، از ارزش اقتصادی زیادی برخوردار می‌باشند. بر همین اساس استفاده از این منابع ارزشمند در دستور کار بسیاری از کشورها از جمله اتحادیه اروپا قرار گرفته است (۱۸، ۲۵-۳۰). استخراج آسان، قدرت جذب بالا برای بدن انسان با توجه به وزن مولکولی پایین^۱، زیست سازگاری^۲، عاری بودن از خطرات بیماری‌زایی و پاتوژن‌ها، سازگاری با طبیعت و نداشتن ممنوعیت‌های دینی از ویژگی‌های کلاژن‌های استخراج شده از ماهیان دریایی به‌شمار می‌روند. کلاژن‌های استخراج شده از ماهیان دریایی علاوه بر حفظ سلامت پوست و غضروف، می‌تواند از خطر ابتلا به بیماری‌ها و اثرات التهابی بکاهد. همچنین میزان جذب بیشتری در مقایسه با کلاژن گاوی دارد (۲۰). از دیگر خواص کلاژن ماهیان دریایی می‌توان به بازسازی استخوان، حفاظت در برابر اشعه‌های UV (تشنشعات نور ماوراء بنفش یا UVR باعث تخریب پوست و فیبروبلاست‌ها می‌شوند) (۲۱، ۳۱-۳۳)، درمان زخم (۸، ۳۴)، مهندسی بافت (۳۵-۳۷)، جراحی پلاستیک و مصارف درمانی مانند پیری پوست (۳۸)، دیابت و چاقی بیش از حد اشاره نمود (۳۹-۴۱). بی‌مهره گان دریایی مانند ژله ماهی‌ها، خیارهای دریایی، توتیاهای دریایی، اسکونیدها، اسفنج‌ها و دوکفه‌ای‌ها از دیگر ذخایر عظیم کلاژنی در دریاها به‌شمار می‌روند که بسیار مشابه کلاژن موجود در بدن انسان می‌باشند. در جدول (۲) شمار محدودی از موجودات مهره‌دار و بی‌مهره دریایی که کلاژن و پروتئین‌های مشابه کلاژن از آنها استخراج شده، آمده است (۴۲).

1. low molecular weight

2. biocompatibility

جدول ۲- فهرست شمار محدودی از موجودات دریایی که کلاژن و پروتئین‌های مشابه کلاژن از آنها استخراج شده است (اقتباس از: Kim, 2013)

منابع	طبقه‌بندی شاخه / رده	گروه‌های جانوری
Sponges (اسفنج‌ها)		
(43)	Demospongiae: Porifera	<i>Chondrosia reniformis</i>
(44)	Demospongiae: Porifera	Several species of the genus <i>Ircinia</i> (e.g., <i>I. fusca</i>)
(45)	Demospongiae: Porifera	<i>Suberites domuncula</i>
(46)	Demospongiae: Porifera	<i>Songia</i> sp.
Coelenterates (مرجانیان)		
(47)	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Rhizostoma pulmo</i>
	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Aurelia aurita</i>
	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Cotylorhiza tuberculata</i>
	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Pelagia noctiluca</i>
(48)	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Rhopilema asamushi</i>
	Scyphozoa: Cnidaria	<i>R. esculentum</i>
(49, 50)	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Stomolophus meleagris</i>
(51, 52)	Scyphozoa: Cnidaria	<i>S. nomurai</i>
(51)	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Aurelia coerulea</i>
(53)	Scyphozoa: Cnidaria	<i>Nemopilema nomurai</i>
(54)	Anthozoa: Cnidaria	<i>Metridium dianthus</i>
Annelids (کرم‌ها)		
(55)	Polychaeta: Annelida	<i>Neanthes japonica</i>
	Polychaeta: Annelida	<i>Nereis virens</i>
(56)	Clitellata: Annelida	<i>Heterodrilus paucifacis</i> <i>H. Pentcheffi</i> , <i>H. flexuosus</i> , <i>H. minisetosus</i>
Molluscs (نرم‌تنان)		
(57)	Bivalvia: Mollusca	<i>Crassostrea gigas</i>
(58)	Cephalopoda: Mollusca	<i>Loliolus japonicas</i>
(59)	Cephalopoda: Mollusca	<i>Doryteuthis gahi</i>
	Cephalopoda: Mollusca	<i>Illex Argentines</i>
(60)	Cephalopoda: Mollusca	<i>Octopus bimaculoides</i>
(61)	Cephalopoda: Mollusca	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>
(62)	Cephalopoda: Mollusca	<i>Callistoctopus ornatus</i>
(63)	Cephalopoda: Mollusca	<i>Todarodes pacificus</i>
Enchinoderms (خارپوستان)		
(64)	Enchinoidea: Echinodermata	<i>Eucidaris tribuloides</i>
	Holothuroidea: Echinodermata	<i>Cucumaria frondose</i>
(65)	Holothuroidea: Echinodermata	<i>Apostichpus japonicas</i>
(66)	Asteroidea: Echinodermata	<i>Asterias amurensis</i>
(48)	Echinoidea: Echinodermata	<i>Heliocidaris crassispina</i>
(67)	Echinoidea: Echinodermata	<i>Asthenosoma ijinai</i>
(68)	Holothuroidea: Echinodermata	<i>Holothurian forskali</i>

منابع	طبقه‌بندی شاخه / رده	گروه‌های جانوری
Fish (ماهیان)		
(69)	Elasmobranchii: Chordata	<i>Okamejei kenoei</i>
(70)	Elasmobranchii: Chordata	<i>Heterodonuts japonicas</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Katsuwonus pelamis</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Lateolabrax japonicas</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Plecoglossus altivelis</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Eynnms tumifrons</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Scomber japonicas</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Trachurus japonicas</i>
(71)	Actinopterygii: Chordata	<i>Merluccius merluccius, Oncorhynchus mykiss</i>
(72)	Actinopterygii: Chordata	<i>Arius maculatus</i>
(73)	Actinopterygii: Chordata	<i>Ictalurus punctatus</i>
(74)	Actinopterygii: Chordata	<i>Megalaspis cordyla</i>
	Actinopterygii: Chordata	<i>Otolithes rubber</i>
(75)	Actinopterygii: Chordata	<i>Priacanthus macracanthus</i>
(76)	Actinopterygii: Chordata	<i>P. tayenus</i>
Mammals (پستانداران)		
(77)	Mammalia: Chordata	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>

انفجار جمعیتی ژله ماهیان در فصولی از سال اتفاق می‌افتد. وقوع این پدیده^۱ فرصت مناسبی را برای استفاده از این پتانسیل‌های زیستی فراهم می‌کند. کلاژن مهم‌ترین پروتئین موجود در بدن ژله ماهیان به‌شمار می‌رود که در صنایع دارویی، پزشکی و مهندسی بافت کاربرد گسترده‌ای دارد. این شکوفایی یا انفجار جمعیتی ژله ماهیان در آب‌های خلیج فارس در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. ژله ماهیان موجوداتی زوپلانکتونی و ژلاتینی هستند که به زیرشاخه مدزوآ^۲ تعلق دارند و دارای طول عمری کوتاه (چندین هفته تا چندین ماه) می‌باشند. لذا، شناخت پیدا کردن از تنوع گونه‌ای آنها در آب‌های سرزمینی و فراسرزمینی کشور می‌تواند فرصت‌های ممتازی را در جهت استخراج مواد زیستی کاربردی مانند کلاژن فراهم کند. در ارتباط با استخراج کلاژن از موجودات بی‌مهره دریایی خلیج فارس و دریای مکران (عمان)، مطالعات کمی انجام شده، از جمله، ادیب‌زاد و همکاران (۲۰۱۲) ایزولاسیون و استخراج کلاژن از یک گونه خیار دریایی^۳ را در آب‌های دریایی مکران (عمان) بررسی کردند (۷۸). عطاران فریمان و همکاران (۲۰۱۶) نیز در مطالعه مشابهی در آب‌های

1. Jellyfish blooms
2. subphylum Medozoans
3. Holothuria parva

خلیج چابهار، موفق به استخراج کلاژن از دیواره بدن گونه خیار دریایی^۱ شدند (۷۹). راستیان و همکاران (۲۰۱۸) و حاجیانی- عصفوری (۲۰۲۱) هم در پژوهشی با موفقیت استخراج و خالص سازی کلاژن را با استفاده از ژله ماهی^۲ انجام دادند (۸۰-۸۱). دور ریز ماهیان حلال گوشت در کشور منابعی ارزشمند به شمار می روند که هر ساله می توانند بخش عمده ای از نیازهای کلاژن سالم و مطمئن از حلال بودن آن در کشور را تأمین نمایند. سایر کلاژن های استخراج شده از دیگر موجودات دریایی هم می توانند در تأمین نیازهای صنایع بهداشتی و آرایشی نقش اساسی داشته باشند. کلاژن های استخراج شده از دور ریزهای ماهیان حلال گوشت که توناژ قابل ملاحظه ای را در کشور به خود اختصاص داده است، می تواند علاوه بر اطمینان پیدا کردن از حلیت کلاژن های تولید شده، خطر انتقال بیماری ها از طریق کاربرد کلاژن های استخراج شده از گاو و خوک را از بین ببرد. توسعه و کاربرد کلاژن های استخراج شده از موجودات دریایی و بویژه دور ریز ماهیان حلال گوشت می تواند جایگزین مناسبی برای جلوگیری از ورود کلاژن های با منشأ گاوی و خوکی در کشور در جهت رعایت موازین دینی و حفظ سلامت و بهداشت جامعه باشد.

1. *Stichopus horrens*

2. *Catostylus mosaicus*

References

1. Ren Y, Liu L, Xiong X, Krastev R, Smeets R, Rimashevskiy D & et al. Suitability of R. pulmo Jellyfish-Collagen-Coated Well Plates for Cytocompatibility Analyses of Biomaterials. *Int J Mol Sci.* 2023; 24(3): 3007.
2. Rigogliuso S, Campora S, Notarbartolo M & Ghersi G. Recovery of Bioactive Compounds from Marine Organisms: Focus on the Future Perspectives for Pharmacological, Biomedical and Regenerative Medicine Applications of Marine Collagen. *Molecules.* 2023; 28(3): 1152.
3. Salvatore L, Gallo N, Natali ML, Campa L, Lunetti P, Madaghiele M & et al. Marine collagen and its derivatives: Versatile and sustainable bio-resources for healthcare. *Materials Science and Engineering: C.* 2020; 113: 110963.
4. Furtado M, Chen L, Chen Z, Chen A & Cui W. Development of fish collagen in tissue regeneration and drug delivery. *Engineered Regeneration.* 2022; 3(3): 217-231.
5. Lim Y-S, Ok Y-J, Hwang S-Y, Kwak J-Y & Yoon S. Marine collagen as a promising biomaterial for biomedical applications. *Marine Drugs.* 2019; 17(8): 467.
6. Nathani NM, Mootapally C, Gadhvi IR, Maitreya B & Joshi CG. *Marine niche: applications in pharmaceutical sciences.* Translational Research Springer Link, New York City.
7. Fernando IPS, Jayawardena TU & Wu J. Marine proteins and peptides: Production, biological activities, and potential applications. *Food Innovation and Advances.* 2023; 2(2): 69-84.
8. Geahchan S, Baharlouei P & Rahman A. Marine collagen: a promising biomaterial for wound healing, skin anti-aging, and bone regeneration. *Marine Drugs.* 2022; 20(1): 61.
9. Matinong AME, Chisti Y, Pickering KL & Haverkamp RG. Collagen extraction from animal skin. *Biology.* 2022; 11(6): 905.
10. Rajabimashhadi Z, Gallo N, Salvatore L, Lionetto F. Collagen derived from fish industry waste: progresses and challenges. *Polymers.* 2023; 15(3): 544.
11. Gelse K, Pöschl E & Aigner T. Collagens-structure, function, and biosynthesis. *Advanced Drug Delivery Reviews.* 2003; 55(12): 1531-1546.
12. El Blidi O, El Omari N, Balahbib A, Ghchime R, El Menyiy N, Ibrahim A & et al. Extraction methods, characterization and biomedical applications of collagen: A review. *Biointerface Research Applied Chemistry.* 2021; 11: 13587-13613.
13. Naomi R, Ridzuan PM & Bahari H. Current insights into collagen type I. *Polymers.* 2021; 13(16): 2642.
14. Sbricoli L, Guazzo R, Annunziata M, Gobbato L, Bressan E & Natri L. Selection of collagen membranes for bone regeneration: A literature review. *Materials.* 2020; 13(3): 786.
15. Xu Q, Torres JE, Hakim M, Babiak PM, Pal P, Battistoni CM & et al. Collagen-and hyaluronic acid-based hydrogels and their biomedical applications. *Materials Science and Engineering: R: Reports.* 2021; 146: 100641.

16. Pesterau A-M, Sirbu R & Cadar E. Biomedical Applications Based on Marine Collagen Obtained from the Jellyfish Species *Rhizostoma Pulmo* Extracted from the Black Sea. *European Journal of Natural Sciences and Medicine*. 2023; 6(1): 89-99.
17. Rahman A, Silva TH. Collagens from marine organisms towards biomedical applications. *Marine Drugs*. 2022; 20(3): 170.
18. Silvipriya K, Kumar KK, Bhat A, Kumar BD & John A. Collagen: Animal sources and biomedical application. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2015; 5(3): 123-127.
19. Coppola D, Oliviero M, Vitale GA, Lauritano C, D'Ambra I, Iannace S & et al. Marine collagen from alternative and sustainable sources: Extraction, processing and applications. *Marine Drugs*. 2020; 18(4): 214.
20. Nabavi S, Jannat B, Qayem Ashrafi M & Nabavi S. *Introduction and applications of marine biomaterials of the Persian Gulf*. Halal Research Center of Islamic Republic of Iran. National Halal Research Center; 2022: 205. [in persian]
21. Sionkowska A, Lewandowska K & Adamiak K. The influence of UV light on rheological properties of collagen extracted from Silver Carp skin. *Materials*. 2020; 13(19): 4453.
22. Food and Agriculture Organization. *The state of world fisheries and aquaculture 2022*. Rome, FAO. 2022.
23. Food and Agriculture Organization. *Fishery and aquaculture statistics*. Global aquaculture production 1950- 2021 (Fish Stat). In: FAO fisheries and aquaculture division (Online). Rome. Updated 2023. 2023.
24. Mair G C, Halwart M, Derun Y & Costa-Pierce B A. *A decadal outlook for global aquaculture*. Wiley Online Library; 2023: 196-205.
25. Hou Y, Shavandi A, Carne A, Bekhit A A, Ng T B, Cheung R C F & et al. Marine shells: Potential opportunities for extraction of functional and health-promoting materials. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2016; 46(11-12): 1047-1116.
26. Jaziri A A, Shapawi R, Mokhtar R A M, Noordin W N M & Huda N. Extraction and Characterization of Type I Collagen from Parrotfish (*Scarus sordidus* Forsskål, 1775) Scale solubilized with the Aid of Acetic Acid and Pepsin. *International Journal of Biomaterials*. 2023; 2023: 1-10.
27. Lu W-C, Chiu C-S, Chan Y-J, Mulio AT & Li P-H. Characterization and biological properties of marine by-product collagen through ultrasound-assisted extraction. *Aquaculture Reports*. 2023; 29: 101514.
28. Mandal A, Dhineshkumar E & Murugan E. Collagen Biocomposites Derived from Fish Waste: Doped and Cross-Linked with Functionalized Fe₃O₄ Nanoparticles and Their Comparative Studies with a Green Approach. *ACS omega*. 2023; 8(27): 24256-24267.
29. Shavandi A, Hou Y, Carne A, McConnell M & Bekhit AE-dA. Marine waste utilization as a source of functional and health compounds. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2019; 87: 187-254.
30. Sun T-C, Yan B-Y, Ning X-C, Tang Z-Y, Hui C, Hu M-z & et al. A nanofiber hydrogel derived entirely from ocean biomass for wound healing. *Nanoscale Advances*. 2023; 5(1): 160-170.

31. Budden T, Gaudy-Marqueste C, Porter A, Kay E, Gurung S, Earnshaw CH & et al. Ultraviolet light-induced collagen degradation inhibits melanoma invasion. *Nature Communications*. 2021; 12(1): 2742.
32. Jariashvili K, Madhan B, Brodsky B, Kuchava A, Namicheishvili L & Metreveli N. UV damage of collagen: insights from model collagen peptides. *Biopolymers*. 2012; 97(3): 189-198.
33. Song B, Liu D, Liu TC, Li K, Wang S, Liu J & et al. *Combined effect of a commercial tilapia collagen peptides and antioxidants against UV-induced skin photoaging in mice*. Food & Function, 2023.
34. Jafari H, Lista A, Siekapen MM, Ghaffari-Bohlouli P, Nie L, Alimoradi H & et al. Fish collagen: Extraction, characterization, and applications for biomaterials engineering. *Polymers*. 2020; 12(10): 2230.
35. Dong C & Lv Y. Application of collagen scaffold in tissue engineering: recent advances and new perspectives. *Polymers*. 2016; 8(2): 42.
36. Glowacki J & Mizuno S. Collagen scaffolds for tissue engineering. *Biopolymers: Original Research on Biomolecules*. 2008; 89(5): 338-344.
37. Osidak E O, Kozhukhov V I, Osidak M S & Domogatsky S P. Collagen as bioink for bioprinting: A comprehensive review. *International Journal of Bioprinting*. 2020; 6(3): 17-26.
38. Pu S Y, Huang Y L, Pu CM, Kang Y N, Hoang K D, Chen K H & et al. Effects of Oral Collagen for Skin Anti-Aging: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2023; 15(9): 2080.
39. Oslan S N H, Li C X, Shapawi R, Mokhtar R A M, Noordin WNM & Huda N. Extraction and characterization of bioactive fish by-product collagen as promising for potential wound healing agent in pharmaceutical applications: Current trend and future perspective. *International Journal of Food Science*. 2022; 2022: 1-10.
40. Panggabean JA, Adiguna SbP, Hardhiyuna M, Rahmawati SI, Sadi NH, Yoga GP & et al. Cutting Edge Aquatic-Based Collagens in Tissue Engineering. *Marine Drugs*. 2023; 21(2): 87.
41. Zou Y, Heyndrickx M, Debode J, Raes K, de Pascale D, Behan P & et al. Valorisation of crustacean and bivalve processing side streams for industrial fast time-to-market products: A review from the European Union regulation perspective. *Frontiers in Marine Science*. 2023; 10: 1068151.
42. Kim S-K. *Marine biomaterials: characterization, isolation and applications*. CRC press, Taylor & Francis Group, USA, 2013.
43. Swatschek D, Schatton W, Kellermann J, Müller WE & Kreuter J. Marine sponge collagen: Isolation, characterization and effects on the skin parameters surface-pH, moisture and sebum. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 2002; 53(1): 107-113.
44. Pallela R, Venkatesan J, Janapala VR & Kim SK. Biophysicochemical evaluation of chitosan-hydroxyapatite-marine sponge collagen composite for bone tissue engineering. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*. 2012; 100(2): 486-495.

45. Krasko A, Lorenz B, Batel R, Schröder HC, Müller IM & Müller WE. Expression of silicatein and collagen genes in the marine sponge *Suberites domuncula* is controlled by silicate and myotrophin. *European Journal of Biochemistry*. 2000; 267(15): 4878-4887.
46. Green D, Howard D, Yang X, Kelly M & Oreffo R. Natural marine sponge fiber skeleton: a biomimetic scaffold for human osteoprogenitor cell attachment, growth, and differentiation. *Tissue Engineering*. 2003; 9(6): 1159-1166.
47. Addad S, Exposito J-Y, Faye C, Ricard-Blum S & Lethias C. Isolation, characterization and biological evaluation of jellyfish collagen for use in biomedical applications. *Marine Drugs*. 2011; 9(6): 967-983.
48. Nagai T & Suzuki N. Isolation of collagen from fish waste material—skin, bone and fins. *Food Chemistry*. 2000; 68(3): 277-281.
49. Nagai T, Ogawa T, Nakamura T, Ito T, Nakagawa H, Fujiki K & et al. Collagen of edible jellyfish exumbrella. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1999; 79(6): 855-858.
50. Song E, Kim SY, Chun T, Byun H-J & Lee YM. Collagen scaffolds derived from a marine source and their biocompatibility. *Biomaterials*. 2006; 27(15): 2951-2961.
51. Kimura S, Miura S & Park YH. Collagen as the major edible component of jellyfish (*Stomolophus nomural*). *Journal of Food Science*. 1983; 48(6): 1758-1760.
52. Miura S & Kimura S. Jellyfish mesogloea collagen. Characterization of molecules as alpha 1 alpha 2 alpha 3 heterotrimers. *Journal of Biological Chemistry*. 1985; 260(28): 15352-15356.
53. Sugahara T, Ueno M, Goto Y, Shiraishi R, Doi M, Akiyama K & et al. Immunostimulation effect of jellyfish collagen. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2006; 70(9): 2131-2137.
54. Katzman RL & Kang AH. The presence of fucose, mannose, and glucosamine-containing heteropolysaccharide in collagen from the sea anemone *Metridium dianthus*. *Journal of Biological Chemistry*. 1972; 247(17): 5486-5489.
55. Kimura S & Tanzer ML. Nereis cuticle collagen: isolation and characterization of two distinct subunits. *Biochemistry*. 1977; 16(11): 2554-2560.
56. Sjölin E & Gustavsson LM. An ultrastructural study of the cuticle in the marine annelid *Heterodrilus* (Tubificidae, Clitellata). *Journal of Morphology*. 2008; 269(1): 45-53.
57. Mizuta S, Miyagi T & Yoshinaka R. Characterization of the quantitatively major collagen in the mantle of oyster *Crassostrea gigas*. *Fisheries Science*. 2005; 71: 229-235.
58. Fu X, Xue C, Jiang L, Miao B, Li Z & Xue Y. Structural changes in squid (*Loligo japonica*) collagen after modification by formaldehyde. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008; 88(15): 2663-2668.
59. Sadowska M & Sikorski ZE. Collagen in the tissues of squid *Illex argentinus* and *Loligo patagonica*-contents and solubility. *Journal of Food Biochemistry*. 1987; 11(2): 109-120.
60. Kier WM & Smith AM. The structure and adhesive mechanism of octopus suckers. *Integrative and Comparative Biology*. 2002; 42(6): 1146-1153.
61. Nagai T. Collagen from diamondback squid (*Thysanoteuthis rhombus*) outer skin. *Zeitschrift*

- für Naturforschung C.* 2004; 59(3-4): 271-275.
62. Nagai T, Nagamori K, Yamashita E & Suzuki N. Collagen of octopus *Callistoctopus arakawai* arm. *International Journal of Food Science & Technology.* 2002; 37(3): 285-289.
 63. Nam K, You S & Kim S. Molecular and physical characteristics of squid (*Todarodes pacificus*) skin collagens and biological properties of their enzymatic hydrolysates. *Journal of Food Science.* 2008; 73(4): 249-255.
 64. Trotter JA, Thurmond FA & Koob TJ. Molecular structure and functional morphology of echinoderm collagen fibrils. *Cell and Tissue Research.* 1994; 275: 451-458.
 65. Saito M, Kunisaki N, Urano N & Kimura S. Collagen as the major edible component of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Journal of Food Science.* 2002; 67(4): 1319-1322.
 66. Kimura S, Omura Y, Ishida M & Shirai H. Molecular characterization of fibrillar collagen from the body wall of starfish *Asterias amurensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry.* 1993; 104(4): 663-668.
 67. Omura Y, Urano N & Kimura S. Occurrence of fibrillar collagen with structure of $(\alpha 1) 2\alpha 2$ in the test of sea urchin *Asthenosoma ijimai*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology.* 1996; 115(1): 63-68.
 68. Bailey A, Gathercole L, Dlugosz J, Keller A & Voyle C. Proposed resolution of the paradox of extensive crosslinking and low tensile strength of cuvierian tubule collagen from the sea cucumber *Holothuria forskali*. *International Journal of Biological Macromolecules.* 1982; 4(6): 329-334.
 69. Mizuta S, Hwang J-H & Yoshinaka R. Molecular species of collagen in pectoral fin cartilage of skate (*Raja kenoei*). *Food Chemistry.* 2003; 80(1): 1-7.
 70. Nagai T & Suzuki N. Partial characterization of collagen from purple sea urchin (*Anthocidaris crassispina*) test. *International Journal of Food Science & Technology.* 2000; 35(5): 497-501.
 71. Wang L, An X, Xin Z, Zhao L & Hu Q. Isolation and characterization of collagen from the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*). *Journal of Food Science.* 2007; 72(8): 450-455.
 72. Bama P, Vijayalakshimi M, Jayasimman R, Kalaichelvan P, Deccaraman M & Sankaranarayanan S. Extraction of collagen from cat fish (*Tachysurus maculatus*) by pepsin digestion and preparation and characterization of collagen chitosan sheet. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* 2010; 2(4): 133-137.
 73. Liu H, Li D & Guo S. Studies on collagen from the skin of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Food Chemistry.* 2007; 101(2): 621-625.
 74. Sampath Kumar N, Nazeer R & Jaiganesh R. Wound healing properties of collagen from the bone of two marine fishes. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics.* 2012; 18: 185-192.
 75. Jongjareonrak A, Benjakul S, Visessanguan W & Tanaka M. Isolation and characterization of collagen from bigeye snapper (*Priacanthus macracanthus*) skin. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2005; 85(7): 1203-1210.
 76. Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Visessanguan W, Nagai T & Tanaka M. Characterisation

- of acid-soluble collagen from skin and bone of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Chemistry*. 2005; 89(3): 363-372.
77. Ishikawa H, Amasaki H, Dohguchi H, Furuya A & Suzuki K. Immunohistological distributions of fibronectin, tenascin, type I, III and IV collagens, and laminin during tooth development and degeneration in fetuses of minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*. *Journal of Veterinary Medical Science*. 1999; 61(3): 227-232.
78. Adibzadeh N, Aminzade S, Jamili S & Mostafavi P. Isolation and characterization of collagen from localized sea cucumber (*Holothuria parva*) of Oman Sea. *New Cellular and Molecular Biotechnology*. 2012; 6: 59-65.
79. Attaran Fariman G, Taheri A, Barzkar N. Sea cucumber (*Stichopus horrens*) body wall collagen of Chabahar bay and its gelatin properties. *Journal of Food Science & Technology*. 2016; 13(52): 79-89.
80. Hajiani E & Osfour S. Extraction and Purification of Collagen from the Jellyfish *Catostylus mosaicus* of the Persian Gulf. *Iranian South Medical*. 2021; 24(2): 88-100.
81. Rastian Z, Pütz S, Wang Y, Kumar S, Fleissner F, Weidner T & et al. Type I collagen from jellyfish *Catostylus mosaicus* for biomaterial applications. *ACS Biomaterials Science & Engineering*. 2018; 4(6): 2115-2125.