

كلاژن آبزبان؛ راهكاری عملی برای بهره‌وری بیشتر در منابع طبیعی

مینا سیف‌زاده^۱، تورج رئوفی^۲

^۱ استادیار، دکتری تخصصی، مرکز تحقیقات فرآوری آبزبان، پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، انزلی، ایران
^۲ کارشناس ارشد، انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

كلاژن به عنوان ماده تشکیل دهنده بافت همبند كه ژلاتین را هنگام حرارت فراهم می‌كند، توصیف می‌شود. كلاژن زیست فعال، زیست سازگار و زیست تخریب پذیر محسوب می‌گردد. كلاژن پروتئینی با ارزش تجاری بالا است. در حال حاضر كلاژن از گاو و خوك استحصال می‌گردد. كلاژن گاو به دلیل خطر انتقال بیماری و كلاژن خوك بر اساس دین اسلام حرام است. كلاژن از محصولات جانبی ماهی نیز به دست می‌آید. در ایران زائادات ماهی به اشكال مختلف دور ریز می‌شود یا به مصرف خوراك دام می‌رسد. اما برای تولید محصولات با ارزش افزوده مورد بهره برداری قرار نمی‌گیرند. پسماندهای زیستی برای بهبود اقتصاد، از طریق بازیافت نقش عمده‌ای را به نمایش می‌گذارند. هم‌اکنون در ایران حجم عظیمی از زائادات تولید می‌گردد. تجهیزات مورد نیاز برای تولید انبوه كلاژن نیز در کشور یافت می‌شود. بنابراین تاثیر تولید كلاژن در بخش اقتصادی و کاهش آلودگی محیط زیست قابل توجه است. كلاژن در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی، دندانپزشکی، پزشکی و جوان سازی پوست به كار می‌رود. كلاژن طی سه مرحله آماده سازی پوست، پیش تیمار سازی و استخراج تولید می‌شود. آماده سازی شامل شستشوی پوست و تبدیل آن به قطعات كوچك است. برای پیش تیمار سازی از سود و بوتیل الكل استفاده می‌شود. كلاژن از پوست به روش‌های مختلفی از جمله اسیدی آنزیمی استخراج می‌گردد. روش اسیدی آنزیمی شامل کاربرد اسید استیک در مجاورت با آنزیم پپسین است. رسوب بعد از جدا سازی خشك شده و آسیاب می‌گردد.

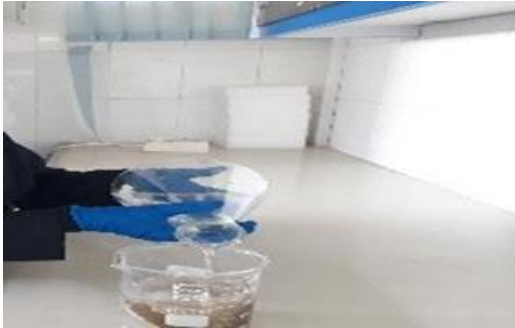
واژگان کلیدی: بهبود اقتصاد شیلاتی، زائادات ماهی، پپتیدهای زیست فعال، كلاژن، محصولات با ارزش افزوده.

بیان مسئله

بیش از ۷۰ درصد از صید ماهی قبل از عرضه به بازار، فرآوری می‌گردند و منجر به پیدایش تقریبی ۵۰ درصد زائدات می‌شوند. در ایران سالیانه $1/5 - 1$ میلیون تن ماهی از صید و آبری پروری تولید می‌گردد. این حجم از تولید منجر به ایجاد ۵۰۰-۶۰۰ هزار تن زائدات می‌شود. تقریباً ۱۰-۸ درصد از وزن ماهی را پوست تشکیل می‌دهد. بنابراین مقدار ۵۵-۵۰ هزار تن پوست در ایران حاصل می‌گردد (دفتر برنامه و بودجه، ۱۴۰۲). در جهان نیز سالیانه تقریباً ۶۵-۶۰ میلیون تن زائدات به دست می‌آید. ۷-۶ میلیون تن از زائدات جهان به پوست اختصاص می‌یابد (فائو، ۲۰۲۲). اما در حال حاضر این محصول جانبی بدون ارزش تجاری هست. مقدار زیادی از زائدات به روش‌های مختلف دور ریز می‌شود. این روش‌ها سبب افزایش مصرف انرژی، هزینه مالی و اثرات زیست محیطی ناشی از زائدات می‌گردد. علاوه بر این قسمت اعظم زائدات در صنعت خوراک آبزیان به کار می‌رود (فریرا و همکاران، ۲۰۲۲). ولی مطالعات نشان داده‌اند که پوست به عنوان مهم‌ترین منبع پروتئین محسوب می‌شود. زائدات ماهی حاوی مقادیر زیادی پروتئین ($57/92 - 22/49$ درصد وزن خشک) هستند. همچنین زائدات حاوی حدود ۳۰ درصد بافت‌های غنی از کلاژن (زیست فعال) هستند. بنابراین زائدات به منزله منبع مطلوبی برای استخراج کلاژن به شمار می‌روند (سیف زاده، ۲۰۲۳). توسط تولید کلاژن از پوست تولید زائدات کاهش می‌یابد. ساختار و نوع کلاژن پوست ماهی (نوع ۱) با پوست انسان مشابهت دارد. پوست ماهی برای جداسازی کلاژن با نرخ بازیافت ۳۶ تا ۵۴ درصد استفاده می‌شود. توسط تولید کلاژن از پوست بهره‌برداری بهتر و پایدار از منابع طبیعی ترویج می‌شود. همچنین برای زائدات ارزش اقتصادی نیز ایجاد می‌گردد. محصولات جانبی صنعت عمل‌آوری آبزیان به عنوان منبع ارزان قیمت برای تولید کلاژن هستند. تولید کلاژن به کاهش هزینه‌های مربوط به صید و مشکلات زیست محیطی کمک می‌کند (اسلاری و همکاران، ۲۰۲۲). کلاژن به دلیل دارا بودن مزایای متعدد توجه روزافزونی را به خود جلب می‌کند. ایمنی، استخراج آسان، زیست سازگاری و عدم

محدودیت‌های مذهبی و ایمونونیسیتی از مزایای کلاژن هستند. عدم انتقال بیماری‌های حیوانی و محتوای ناچیز آلاینده‌ها و سموم بیولوژیکی از سایر مزایا هستند (راملی و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین کلاژن آبزیان به عنوان ترکیب طبیعی محسوب شده و فاقد عوارض ترکیبات سنتتیک است. کلاژن ماهی حاوی هیدروکسی پرولین پائین و سرین، ترئونین و متیونین بالایی است. به همین دلیل پایداری حرارتی بالاتری نسبت به کلاژن پستانداران دارد. مقاومت به اسید و دمای دانتوراسیون بالا نیز از سایر ویژگی‌های کلاژن آبزیان هستند. خواص مکانیکی بالاتر یا قابل تنظیم نیز از خواص منحصر به فرد کلاژن آبزیان است. مجموع این عوامل سبب می‌شوند که کلاژن ماهی در مقایسه با پستانداران حائز اهمیت گردد (کاستا و همکاران، ۲۰۲۴). کلاژن ماهی در مقایسه با سایر کلاژن‌ها مفیدتر بوده و از قیمت بالاتری برخوردار است. همچنین سطح بالایی از حلالیت در اسید رقیق و آب را به نمایش می‌گذارد. این شاخص در ماهیان سردسیری در مقایسه با گرمسیری کمتر است. کلاژن آبزیان از تکه‌های پروتئینی کوچک‌تر نسبت به سایر کلاژن‌ها تشکیل می‌شود. بنابراین وزن مولکولی کمتری (300 کیلو دالتون) را دارا است. این ویژگی سبب می‌شود که جذب آن نسبت به انواع دیگر ۵-۱/۵ برابر آسان‌تر گردد (چوتفروتیپونگ و همکاران، ۲۰۲۲). کلاژن در وسایل روزمره زندگی کاربردهای متعددی را ارائه می‌دهد. این ترکیب از منابع مختلفی استخراج می‌شود. اما در حال حاضر در صنعت شایع‌ترین این منابع گاو، خوک و فرآورده‌های گوشتی است. آنسفالوپاتی اسفنجی و عارضه پا و دهان بیماری‌هایی هستند که کلاژن گاوی را همراهی می‌کنند. همچنین کلاژن گاوی حساسیت‌زا می‌باشد. کلاژن خوک نیز بر اساس دین اسلام حرام است. این عوامل سبب می‌شوند که استحصال کلاژن از زائدات آبزیان و جایگزینی آن با کلاژن پستانداران حائز اهمیت شود (سیف زاده، ۲۰۲۳).

۱۰ درصد به نسبت ۱:۱۰ طی ۱۸ ساعت قرار می‌گیرد. حلال هر ۶ ساعت یک بار تعویض می‌شود (شکل ۳).

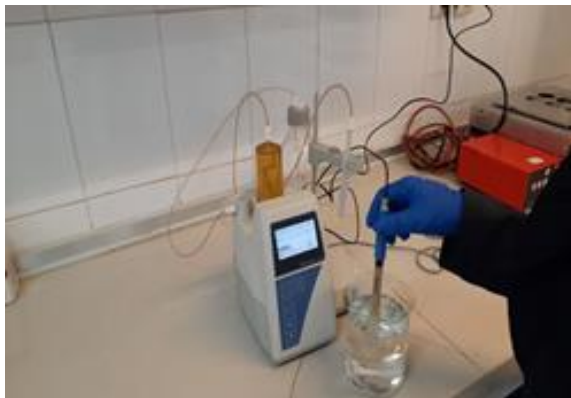


شکل ۳ - پیش تیمار سازی

پوست با آب سرد تا رسیدن به آب خنثی یا قلیایی ضعیف شسته می‌شود (اشکال ۴ - ۵).



شکل ۴ - شستشو با آب بعد از پیش تیمار سازی



شکل ۵ - تنظیم pH آب شستشو

سپس پوست توسط فریز درایر خشک می‌شود (شکل ۶).

معرفی دستورالعمل

مراحل استخراج کلاژن از پوست ماهی به شرح زیر است (شکل ۱)



شکل ۱ - پوست ماهی کپور نقره ای پرورشی

آماده سازی

آماده سازی شامل شستشوی پوست با استفاده از آب شرب سرد است. این مرحله به طریق دستی انجام می‌شود. سپس پوست به قطعات کوچک ۲ در ۲ سانتی متر تقسیم می‌شود. این مرحله با کمک چاقو و به روش مکانیکی انجام می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲ - تبدیل پوست به قطعات کوچک

البته روش‌های دیگری نیز برای این مرحله در صنعت وجود دارد. به عنوان مثال توسط اژه نواری می‌توان پوست را به قطعات کوچک برش داد.

پیش تیمار و شستشوی مجدد

پیش تیمار سازی به روش قلیایی و در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام می‌گردد. برای پیش تیمار سازی از سود و بوتیل الکل استفاده می‌شود. ابتدا پوست با سود ۰/۰۱ مولار به نسبت ۱ به ۱۰ مخلوط می‌شود. این مخلوط به مدت ۶ ساعت به‌طور مداوم هم زده می‌شود. محلول قلیایی هر دو ساعت تعویض می‌گردد. پوست با آب سرد تا دستیابی به آب خنثی یا قلیایی ضعیف شسته می‌شود. سپس در بوتیل الکل



شکل ۸ - صاف کردن



شکل ۹ - کلاژن صاف شده

محلول کلاژن به مدت یک ساعت جهت غیر فعال‌سازی پپسین کنار گذاشته می‌شود. به مایع رویی کلرور سدیم ۲/۶ مولار در تریس اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار اضافه می‌شود. مرحله رسوب گیری در pH برابر با ۷/۵ انجام می‌گردد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ - مرحله رسوب کلاژن

رسوب حاصل با سانتریفوژ در ۲۰۰۰۰ g به مدت ۱ ساعت جمع‌آوری می‌شود (شکل ۱۱)



شکل ۶ - لیوفیلیزاسیون پوست

استخراج کلاژن

کلاژن از پوست به روش‌های مختلفی از جمله اسیدی آنزیمی استخراج می‌گردد. روش اسیدی آنزیمی منجر به افزایش بازده تولید کلاژن می‌گردد. برای استخراج از آنزیم تجاری پپسین (سیگما) استفاده می‌شود. روش اسیدی آنزیمی شامل کاربرد اسید استیک ۰/۵ مولار همراه با پپسین ۱ درصد است. نسبت حلال ۲۵ برابر مقدار نمونه در نظر گرفته می‌شود. استخراج در دمای ۴ - ۰ درجه سلسیوس و طی زمان ۴۸ ساعت انجام می‌شود (شکل ۷).



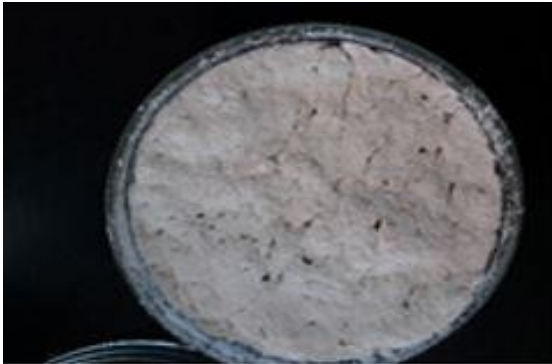
شکل ۷ - استخراج کلاژن

در مرحله بعدی محلول اسیدی حاوی پوست و کلاژن صاف می‌شود (اشکال ۸ - ۹).

شکل ۱۳ - لیوفیلیزاسیون کلاژن

پودر کلاژن

کلاژن به صورت مکانیکی در دمای بردوتی ایجاد شده توسط نیتروژن مایع آسیاب می‌شود. آسیاب از نوع میکسر کرایوژنیک برای این مرحله به کار می‌رود. قطر ذرات کلاژن حداکثر ۱۰۰ میکرون اندازه‌گیری می‌شود (اشکال ۱۶ - ۱۴).



شکل ۱۴ - کلاژن خشک شده



شکل ۱۵ - آسیاب کلاژن



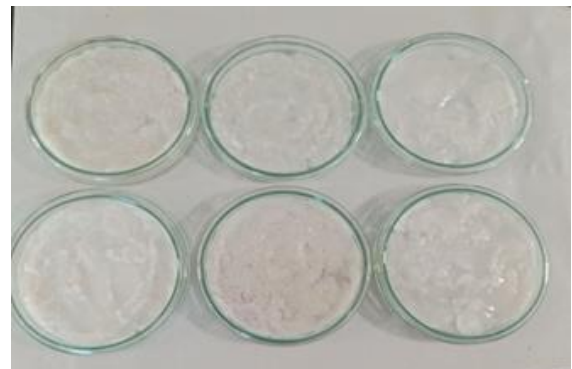
شکل ۱۶ - کلاژن آسیاب شده پوست ماهی

همان طوری که مشاهده می‌شود برای تولید این فرآورده به ابزار آلات خاصی نیاز نیست.



شکل ۱۱ - جمع آوری رسوب کلاژن توسط سانتریفوژ

رسوب با استفاده از فریز درایر طی ۲۴ ساعت خشک می‌گردد. برای انجام فریز درایر کلاژن در دمای ۲۰- درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت منجمد می‌شود. کلاژن منجمد به فریز درایر انتقال می‌یابد. فریز درایر تا ۲۰- درجه سلسیوس خنک می‌شود. فشار طی ۳۰ دقیقه به ۸۰ میلی‌تور می‌رسد. دما در طی ۳۰ دقیقه به صفر درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. این شرایط به مدت ۲۴ برای تصعید یخ حفظ می‌شود. کلاژن خشک آسیاب می‌گردد (سیف زیاده و همکاران، ۱۴۰۲). فریز درایر روش اقتصادی برای جلوگیری از افت کیفیت و خشک کردن فرآورده‌های زیستی است. کلاژن طی مراحل زیر از پوست ماهی استحصال می‌گردد (اشکال ۱۳ - ۱۲).



شکل ۱۲ - رسوب کلاژن



توصیه ترویجی

مدیریت بهتر زائدات آبزیان برای غلبه بر مشکلات زیست محیطی حائز اهمیت است. مدیریت زائدات به دلیل ارتباط با تولید محصول در این امر نقش کلیدی ایفا می‌کند. بنابراین استفاده از زائدات به توسعه محصولات با ارزش تجاری و رشد اقتصادی کمک می‌کند. از این رو تدوین دستورالعمل‌هایی با هدف بهره‌برداری و استفاده از زائدات به عنوان منبعی برای بازیافت مطرح می‌شود. پوست به عنوان یکی از گروه‌های عمده زائدات و محصولات اصلی صنعت فرآوری ماهی است. هر ساله مقدار چشمگیری از پوست آبزیان به منزله ماده اولیه ارزان قیمت تولید می‌گردد. این فرآورده برای تولید محصولات با ارزش افزوده به کار می‌رود. کلاژن یکی از فرآورده‌هایی است که از بازیافت پوست آبزیان به دست می‌آید. تولید کلاژن سبب استفاده بهینه از زائدات آبزیان و کاهش آلودگی محیط زیست می‌گردد. همان طور که گفته شد کلاژن دارای مزایای متعددی است. بنابراین کاربرد کلاژن برای تهیه فرآورده‌های غذایی فراسودمند، پزشکی، دندانپزشکی، دارویی و آرایشی پیشنهاد می‌شود. محصولات زیبایی و مراقبت از پوست نیز بازارهای هدف برای عرضه کلاژن به شمار می‌روند. تا کنون تولید کلاژن در ایران مورد توجه قرار نگرفته است. اما با توجه به ویژگی‌ها و کاربرد کلاژن تولید آن به صاحبان صنایع توصیه می‌شود.

فهرست منابع

- ۱ - دفتر برنامه و بودجه. ۱۴۰۲. سالنامه آماری شیلات ایران. تهران: سازمان شیلات ایران.
- ۲ - سیف زاده، مینا. ۱۴۰۲. استخراج کلاژن از پوست کپور ماهیان پرورشی و به کارگیری آن برای تهیه کرم های پوستی. تهران: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، گزارش نهایی، شماره ثبت ۶۴۴۰۰.
3. FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: *Food Agriculture Organization*.
4. [Seifzadeh, M. 2023. Investigating the quality and safety characteristics of skin collagen of Bighead, Silver Carp, Grass Carp and Common Carp cultured. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 19: 33 -47.](#)
5. Chotphruethipong, L., P. Hutamekalin, K. Nilsuwan, W. Sukketsiri, R.E. Aluko, N.R. Abdul and S. Benjakul. 2022. Combined effects of defatted hydrolyzed collagen from Salmon skin and vitamin C on proliferation and migration of human fibroblast cell. *Fishes*, 7: 265 - 279.
6. Costa, F. T., T.P. Oliveira, A.A. Droval, L.L.M. Marques, R.H.B. Fuchs and F.A.R. Cardoso. 2024. Evaluation of physicochemical properties of Nile tilapia skin collagen extracted in acid medium. *Brazilian Journal of Biology*, 84: e255440 – e255458.
7. Oslan, S. N. H., R. Shapawi, R.A.M. Mokhtar, W.N.M. Noordin and N. Huda. 2022. Characterization of acid and pepsin-soluble collagen extracted from the skin of purple-Spotted Bigeye Snapper. *Gels*, 8: 665 - 675.
8. Ramle, S.Z., S.N.H. Oslan, R. Shapawi, R.A.M. Mokhtar, W.N.M. Noordin and N. Huda. 2022. Biochemical characteristics of acid-soluble collagen from food processing by-

products of Needlefish skin (*Tylosurus acus melanotus*). *Applied. Science*, 12: 12695 - 12713.

9. Ferreira, A.C., M.R.Q. Bomfim and C.H.D.B. da Costa Sobrinho. 2022. Characterization, antimicrobial and cytotoxic activity of polymer blends based on chitosan and fish collagen. *AMB Express*, 12: 102 - 117.

Aquatic collagen: A practical approach to enhancing efficiency in natural resources

Abstract

Collagen is described as a connective tissue constituent that provides gelatin when heated. Collagen is considered bioactive, biocompatible, and biodegradable. Collagen is a protein with high commercial value. Currently, collagen is extracted from cattle and pigs. Bovine collagen is forbidden due to the risk of disease transmission, and pork collagen is forbidden according to Islam. Collagen is also obtained from fish by-products. In Iran, fish waste is discarded in various forms or used as animal feed. However, it is not utilized to produce value-added products. Biowastes play a major role in improving the economy through recycling. Currently, a huge amount of waste is produced in Iran. The equipment required for the mass production of collagen is also found in the country. Therefore, the impact of collagen production on the economic sector and on reducing environmental pollution is significant. Collagen is used in the pharmaceutical, food, cosmetic, dental, medical, and skin rejuvenation industries. Collagen is produced in three stages: skin preparation, pretreatment, and extraction. Preparation involves washing the skin and turning it into small pieces. Sodium hydroxide and butyl alcohol are used for pretreatment. Collagen is extracted from the skin by various methods, including enzymatic acidification. The enzymatic acidification method involves the use of acetic acid in the presence of the enzyme pepsin. After separation, the precipitate is dried and ground.

Keywords: Bioactive peptides, Collagen, Fish waste, Improving the fisheries economy, Value-added products.

