

استخراج ژلاتین از فلس، پوست و استخوان ماهی سنگسر *Pomadasys kaakan* و مقایسه ویژگی‌های آن

فرانک عباسی^۱، نرگس امرالهی بیوکی^{۲*}، امیر وزیری زاده^۳، رضا حسن ساجدی^{۴*}

DOI: 10.22124/japb.2024.25451.1511

تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۲

چکیده

ژلاتین مجموعه‌ای از پپتیدها و پروتئین‌هایی است که از هیدرولیز جزئی کلاژن تولید می‌شود. فرآورده‌های جانبی ماهی، منبع غنی از کلاژن هستند. ویژگی‌های ژلاتین به منبع و شرایط استخراج آن بستگی دارد. در این پژوهش استخراج ژلاتین برای اولین بار از پوست، فلس و استخوان ماهی سنگسر معمولی (*Pomadasys kaakan*) از سواحل خلیج فارس با استفاده از روش استخراج قلیایی انجام شد. همچنین ویسکوزیته، قدرت ژلی، وزن مولکولی، بازده و درصد پروتئین مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد ژلاتین استخراج شده از پوست دارای ویسکوزیته (۱۰۲/۴۲ میلی پاسکال)، قدرت ژل (۴۳۷ گرم) و بازده استخراج (۱۰/۵ درصد) بیشتری نسبت به ژلاتین استخراج شده از فلس و استخوان بود و غلظت بالای پروتئین با بیش از ۹۷ درصد برای هر سه نمونه به دست آمد. همچنین حضور زیرواحدهای اصلی α_1 ، α_2 ، β و γ در الگوی الکتروفوریتیک تمامی نمونه‌ها به اثبات رسید. به طور کلی، نتایج نشان داد قدرت ژل و درصد پروتئین در ژلاتین استخراج شده از ماهی سنگسر نسبت به ماهی‌های دیگر به طور چشمگیری بالاتر است. علاوه بر این می‌توان بیان کرد روش قلیایی یک روش مناسب برای تولید ژلاتین با استحکام بالا در ماهی است.

واژگان کلیدی: ماهی سنگسر، ژلاتین، روش استخراج قلیایی، قدرت ژلی، فرآورده‌های جانبی دریایی.

۱- دکتری زیست‌شناسی دریا، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳- استادیار گروه شیلات و زیست‌شناسی دریا، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

۴- استاد گروه بیوشیمی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: amrollahi@hormozgan.ac.ir و sajedi_r@modares.ac.ir

مقدمه

یهودیت و هم اسلام مصرف هر گونه محصولات وابسته به گوشت خوک را ممنوع می‌دانند. این در حالی است که در مذاهب دیگر نیز موارد مشابهی دیده می‌شود، به عنوان مثال هندوها محصولات مرتبط با گاو را مصرف نمی‌کنند. علاوه بر این، نگرانی‌های زیادی در مورد انتقال بیماری‌های مشتق از ژلاتین بافت جانوران وجود دارد مانند پریون‌ها و انسفالوپاتی اسفنجی (Tinrat and Sila-Asna, 2017). همچنین به دلیل محدودیت‌های متعدد در تعداد کشتار روزانه دام و همچنین کاربردهای متنوع قسمت‌های مختلف بدن دام‌های کشتار شده، رقابت سنگینی در میان مصرف‌کنندگان این فرآورده‌های دامی که تولیدکنندگان ژلاتین نیز بخش بزرگی از این اقشار هستند، شکل می‌گیرد. رقابت زیادی بین تولیدکنندگان برای تهیه پوست خوک یا دیگر منابع پستانداران وجود دارد که باعث افزایش تقاضا و هزینه‌ها شده است. این شرایط موجب محدودیت دسترسی به مواد اولیه تولید ژلاتین می‌شود، بنابراین جستجو برای منابع جایگزین بسیار حائز اهمیت است (Muhammad et al., 2016).

ژلاتین پلی‌پپتیدی با خواص عملکردی بالا است که از واسرشتگی حرارتی کلاژن موجود در پوست و استخوان جانوران به دست می‌آید. ژلاتین با ویژگی‌های منحصر به فرد خود یکی از پرمصرف‌ترین مواد در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی، دارویی، شیمیایی و تصویربرداری است (Huang et al., 2018). در حال حاضر، بیشتر تقاضای جهانی برای ژلاتین از طریق بافت‌های جانوری که عموماً از کشتارگاه‌های جانوران اهلی به دست می‌آیند، تامین می‌شود. ژلاتین استخراج شده از بافت‌های جانوری شامل پوست خوک (۴۶ درصد) و پوست و استخوان گاو (به ترتیب ۲۳/۱ و ۲۹/۴ درصد) بیشترین سهم را در بازار دارند (Irwindi et al., 2009). با وجود این که ژلاتین استحصال شده از بافت‌های جانوری مربوط به خوک نزدیک به نیمی از تقاضای بازار جهانی را پشتیبانی می‌کند، اما همین امر موجب بروز چالش‌های جدی در میان بازار هدف مصرف‌کننده این ماده شده است. وجود اختلافات فرهنگی- مذهبی در میان جوامع مختلف، محدودیت‌های عمده و شک و تردید میان مصرف‌کنندگان از مسائل کاهنده ارزش بازار این محصول ارزشمند است؛ زیرا هم

ضایعات و محصولات جانبی مواد غذایی دریایی در حال حاضر به عنوان یک معضل جدی و خطرناک زیست محیطی محسوب می‌شوند که نه تنها باعث آلودگی محیط زیست و تغییر توازن گونه‌های مختلف جانداران بومی یک محیط شده، بلکه باعث گسترش و بروز بیماری‌های خطرناک در بین افراد می‌شوند (Jafari et al., 2023). بنابراین نیاز به مدیریت صحیح و کارآمد فرایند فراوری و دفع آنها کاملاً ملموس است. در این میان یکی از صنایعی که با وجود گسترش بسیار زیاد و اهمیت بالا در تضمین امنیت غذایی جوامع یکی از فسادپذیرترین و آلوده‌کننده‌ترین پسماندها را در میان صنایع غذایی مختلف تولید می‌کند، صنعت فراوری ماهی است (Jongjareonrak et al., 2006b). بخش زیادی از این محصولات در تولید پودر ماهی و خوراک جانوران مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدون این که تلاشی برای بازیافت مواد مغذی باارزش موجود در آن صورت گیرد. اگر این ترکیبات زیستی به نحو مطلوب مورد استفاده قرار گیرند، علاوه بر کاهش آلودگی زیست‌محیطی ناشی از پسماند آنها، به لحاظ محتوای پروتئینی باارزشی که در آنها وجود دارد، قابل بازیافت هستند (Koli et al., 2021; Jafari et al., 2021). با توجه به مقدار بالای ضایعات تولیدی صنایع پرورش و فراوری آبزیان (از جمله پوست و استخوان آنها که سرشار از کلاژن است)، این منابع می‌توانند به عنوان یک پیش ماده ارزان قیمت در تولید مواد اولیه برای صنعت پایین دستی بازیافت مورد استفاده قرار گیرند. این کار علاوه بر اهمیت زیست‌محیطی حذف و بازیافت پسماندهای آلوده‌کننده محیط زیست، با تولید مواد باارزش اقتصادی بالا از این پسماندها موجب ایجاد ارزش افزوده خواهد شد. ژلاتین یکی از مواد باارزشی است که می‌تواند به عنوان یکی از محصولات پایین دستی فراوری این پسماندها در نظر گرفته شود (Shyni et al., 2014). ژلاتین به دست آمده از فرآورده‌های دریایی به دلیل بازدهی بالا و عدم مخاطرات زیستی برای سلامت مصرف‌کنندگان می‌تواند به عنوان جایگزینی ایده‌آل برای ژلاتین به دست آمده از پیش ماده‌های مربوط به پستانداران محسوب شود (Yang et al., 2019). امروزه ژلاتین ماهی به دلیل ارزش غذایی بالا و ظرفیت حفظ رطوبت مناسب، در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی بر پایه مواد زیستی، صنایع دارویی، آرایشی و زیست- پزشکی

کاربرد دارد (Yang et al., 2019). ژلاتین به دست آمده از ماهی‌ها بویژه ماهیان گرمابی در حوزه‌های مختلف فناوری مورد استفاده قرار گرفته است و کاربردهای مشابهی با ژلاتین گاوی و خوکی دارد. خواص ژلاتین ماهی تحت تاثیر عواملی مانند گونه، دمای آب، زیستگاه ماهی و فرایند استخراج ژلاتین است. بیشتر یافته‌ها نشان می‌دهد که ژلاتین استخراجی از گونه‌های آب گرم دارای مزیت بیشتری نسبت به گونه‌های آب سرد است و خواص رئولوژیکی (Rheological) مشابه ژلاتین‌های پستانداران ارائه می‌دهد (Koli et al., 2014). روش‌های استخراج ژلاتین به طور مستقیم بر خواص رئولوژیکی آن تاثیر می‌گذارد. علاوه بر این، گونه آبی مورد استفاده تاثیر بسزایی در تعیین کیفیت این خواص دارد (Muhammad et al., 2016).

سنگسرماهیان (Haemulidae) از ماهیان باارزش شیلاتی و اقتصادی در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان هستند (شکل ۱).

سنگسر ماهیان عمده‌ترین ماهیان موجود در ترکیب صید شناورهای ترال و اغلب جزء سه آبی اول به لحاظ بالا بودن مقدار شاخص صید در واحد سطح بوده و در تمام فصل‌های سال از زیست‌توده بالایی برخوردار هستند. به طوری که در نیمه اول سال ۱۴۰۲ حدود ۵۰۷ تن صید شدند (Maturi et al., 2019). مصرف بالای این ماهی و ضایعات به دست آمده از آن، در دسترس بودن در تمام طول سال و نبود مطالعات پیشین در مورد استخراج ژلاتین از این دسته از ماهیان، آنها را به گزینه مناسبی برای بررسی در این مطالعه تبدیل کرد. روش‌های مختلفی از جمله روش اسیدی، قلیایی و آنزیمی برای استخراج ژلاتین از ماهی وجود دارد. بنابراین با توجه به نکات یاد شده، تصمیم گرفته شد که این مطالعه در مورد استحصال ژلاتین به روش قلیایی از قسمت‌های مختلف پوست، استخوان و فلس گونه ماهی سنگسر معمولی (*Pomadasys kaakan*) برای اولین بار انجام شود.



شکل ۱: تصویری از ماهی سنگسر معمولی

مواد و روش‌ها

مواد مصرفی و شیمیایی

مارکر وزن مولکولی پروتئین (#SM0431) از شرکت Fermentas (آمریکا)، تریس، سدیم دودسیل سولفات (SDS) و کوماسی بلو G250 از شرکت Acros (آمریکا)، سولفات مس، آکریل آمید، مرکاپتو اتانول و بروموفنل بلو از شرکت Sigma (آمریکا)، استیک اسید، متانول و گلیسرول از شرکت دکتر مجلی، نمک‌های NaH_2PO_4 ، Ca(OH)_2 ، NaOH ، NaCl ، Na_2HPO_4 ، گلیسین، تترامتیل اتیلن دی‌آمین (TEMED)، آلبومین سرم گاوی (BSA)، و مواد شیمیایی مورد نیاز دیگر از شرکت Merck (آلمان) خریداری شد.

تهیه نمونه

ماهیان سنگسر معمولی (*Pomadasys kaakan*) در یک فصل و با میانگین طول ۴۰ سانتی‌متر از بازار ماهی‌فروشان بوشهر تهیه و

مستقیماً در یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس بوشهر منتقل شدند. پس از آن با آب سرد شسته شده و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از انجمادزایی نمونه‌ها، قسمت‌های پوست، فلس و استخوان جداسازی شدند و به صورت قطعات کوچک‌تر در آمدند، سپس با آب مقطر سرد شسته و توسط ترازوی دیجیتال وزن شدند (Tinrat and Sila-Asna, 2017).

استخراج ژلاتین

فرایند استخراج قلیایی از نمونه‌ها بر اساس روش ارائه شده توسط Holzer (۱۹۹۴) انجام شد. به این ترتیب که در ابتدا نمونه‌ها در آب آهک اشباع شده به نسبت ۱:۲ (وزنی-حجمی) خیسانده شدند و در دمای اتاق به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند که طی این مدت مواد با همزن به طور مدام مخلوط شدند. سپس نمونه‌ها با آب فراوان شسته شدند تا pH

رسم منحنی استاندارد استفاده شد و خوانش نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/Visible Light, Secomam Anthelie, فرانسه) انجام شد (Gornall et al., 1949). بررسی وزن مولکولی و الگوی الکتروفورز ژلاتین ماهی با استفاده از روش سدیم دودسیل سولفات- پلی‌آکریل‌آمید ژل الکتروفورز (Sodium Dodecyl Sulphate-Polyacrylamide (Gel Electrophoresis: SDS-PAGE طبق روش استاندارد Laemmli (۱۹۷۰) انجام شد. بعد از الکتروفورز، ژل با کوماسی‌بلو (Coomassie Blue) رنگ‌آمیزی شد و از ژلاتین گاوی به عنوان استاندارد استفاده شد.

اندازه‌گیری قدرت ژل ژلاتین استخراج شده تعیین قدرت ژل (Gel Strength) بر اساس روش استاندارد بریتانیا ۷۵۷:۱۹۷۵ (Gahruie et al., 2019) با دستگاه بافت‌سنج Stable, TAXT-2 Texture Analyzer (Micro Systems، انگلستان) طبق استاندارد صورت گرفت. در نهایت بیشترین مقدار نیروی لازم برای نفوذ پیستون به عمق ۴ میلی‌متر در

آنها به ۱۰ برسد و در ادامه استخراج در آب مقطر ۴۵ درجه سانتی‌گراد به نسبت ۱:۵ (وزنی-حجمی) در طول شب انجام شد. سپس محلول ژلاتینی به دست آمده با ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ (Eppendorf, Centrifuge 5810 R، آلمان) شد و محلول رویی به عنوان ژلاتین با خشک‌کن انجمادی (Beta 2-FreezeDryer, Martin Christ 8 Ldplus، آلمان) خشک و در فریزر برای مراحل بعدی نگهداری شد (Jamilah et al., 2011).

بررسی محتوای پروتئینی نمونه‌های ژلاتین استخراج شده

بازده استخراج ژلاتین (E_G) بر اساس نسبت وزن پودر لیوفیلیزه ژلاتین به وزن مرطوب نمونه اولیه (رابطه ۱) محاسبه شد (Tabarestani et al., 2010).

رابطه ۱:

$$E_G (\%) = (W_D / W_i) \times 100$$

W_D : وزن ژلاتین خشک شده؛ W_i : وزن نمونه اولیه.

برای سنجش غلظت پروتئین از روش استاندارد بیوره و از آلبومین سرم گاوی (Bovine Serum Albumin: BSA) برای

ژل، ثبت و بر حسب درجه بلوم (Bloom) نتایج

بر حسب گرم گزارش شد. نتایج بررسی محتوای پروتئینی ژلاتین

استخراج شده به روش قلیایی از پوست، فلس و استخوان ماهی سنگسر معمولی در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود بیشترین بازده ژلاتین استخراجی به ترتیب مربوط به پوست، فلس و استخوان بود. همان طور که در جدول ۱ مشخص شده درصد بالایی پروتئین برای هر سه نمونه به دست آمد که با اختلاف کمی به ترتیب در فلس، پوست و سپس استخوان بیشتر بود.

نتایج به دست آمده از آنالیز SDS-PAGE برای مشاهده باندهای پروتئین برای سه نمونه استخراجی در شکل ۲ نشان داده شده است.

کیفیت نمونه های ژلاتین استخراج شده بر اساس درجه بلوم و ویسکوزیته

برای اندازه گیری و محاسبه قدرت ژل از شاخص بلوم استفاده شد. طبق نتایج شکل ۳، بیشترین قدرت ژلی شدن به ترتیب در پوست ۴۳۷ گرم، فلس ۴۲۵ گرم و در استخوان ۱۰۶ گرم بود.

اندازه گیری ویسکوزیته ژلاتین

ارزیابی ویسکوزیته نمونه های ژلاتین با روش Arnesen و Gildberg (۲۰۰۷) صورت پذیرفت. به این منظور، محلول ۲ درصد ژلاتین در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و ویسکوزیته نمونه های مختلف در نرخ برش های (Share Rate) متفاوت در محدوده ۳/۸۴-۳۶۸/۶۴ با استفاده از ویسکومتر (DV2proII، Brookfield، آمریکا) اندازه گیری شد (Gahruie et al., 2020).

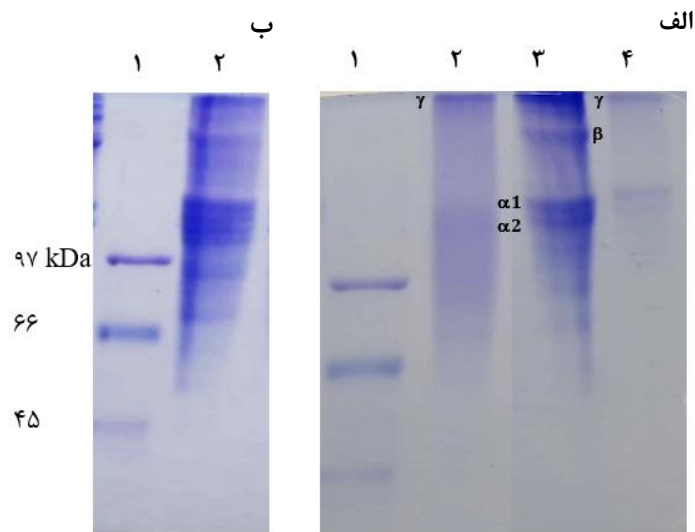
تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل هر کدام از داده ها با سه بار تکرار با آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) در نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. نمودارها نیز با نرم افزار Microsoft Excel 2019 رسم شد. نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شدند.

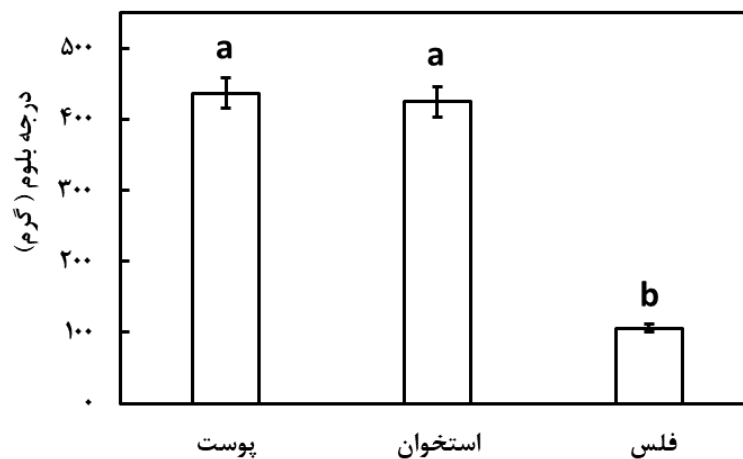
جدول ۱: مقایسه درصد بازده و محتوای پروتئین نمونه های ژلاتین استخراج شده از ماهی سنگسر معمولی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

شاخص	پوست	فلس	استخوان
بازده وزن مرطوب ژلاتین (%)	10.5 ± 1.0^a	8.0 ± 0.5^b	6.5 ± 0.5^b
محتوای پروتئین ژلاتین (%)	97.6 ± 8^a	97.8 ± 8^a	97.0 ± 7^a

در هر ردیف، حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($P < 0.05$).



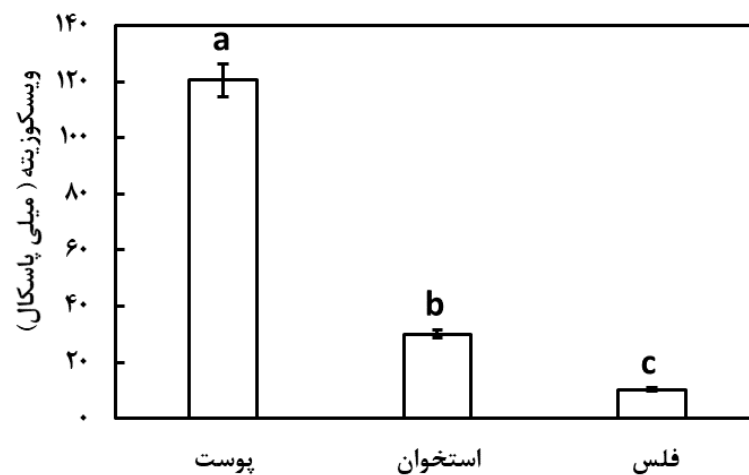
شکل ۲: الگوی پروتئینی SDS- PAGE مربوط به نمونه‌های ژلاتین استخراج شده از ماهی سنگسر معمولی. الف) پوست و استخوان. ۱: مارکر وزن مولکولی؛ ۲: ژلاتین استخوان؛ ۳: ژلاتین پوست؛ ۴: ژلاتین گاوی به عنوان شاهد. ب) فلس. ۱: مارکر وزن مولکولی؛ ۲: ژلاتین فلس.



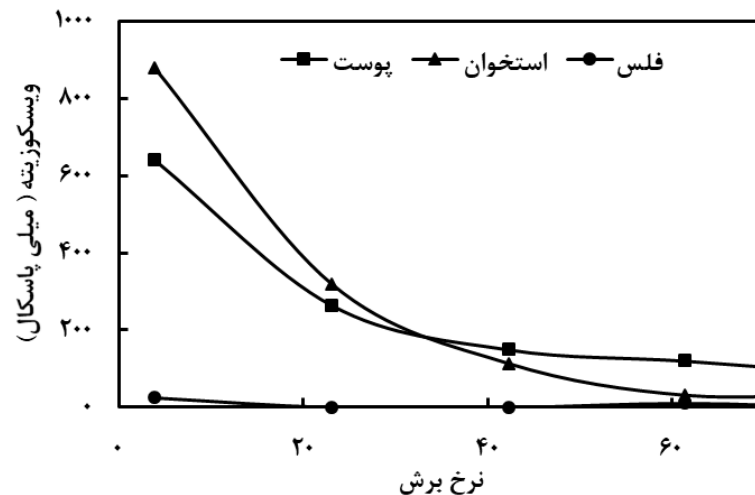
شکل ۳: استحکام ژل در ژلاتین‌های استخراج شده از پوست، فلس و استخوان ماهی سنگسر معمولی (میانگین $\pm$ انحراف معیار). با توجه به نتایج بیشترین قدرت ژلی شدن مربوط به ضایعات پوست است. پوست: ۴۳۷ گرم، فلس: ۴۲۵ گرم و استخوان: ۱۰۶ گرم. حروف متفاوت روی نمودار نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($P < 0.05$).

شکل‌های ۴ و ۵ ویسکوزیته نمونه‌های ژلاتین استخراج شده در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از ژلاتین ۲ درصد را نشان می‌دهند. در مقایسه بین ویسکوزیته نمونه‌های ژلاتین طبق شکل ۴، نتایج نشان می‌دهد که بالاترین ویسکوزیته برای نمونه ژلاتینی استخراج شده از پوست (۱۲۰/۴۲)

میلی‌پاسکال) بود و سپس استخوان و فلس به ترتیب با ویسکوزیته ۳۰ و ۱۰/۳۱ میلی‌پاسکال با اختلاف، ویسکوزیته کمتری داشتند. همچنین با توجه به شکل ۵ با افزایش نرخ برش ویسکوزیته کاهش پیدا می‌کند که این موضوع تایید کننده این است که نمونه‌ها رقیق شونده هستند و با هم زدن رقیق‌تر می‌شوند.



شکل ۴: مقایسه ویسکوزیته در سه نمونه ژلاتین پوست، فلس و استخوان ماهی سنگسر معمولی (میانگین $\pm$ انحراف معیار). ویسکوزیته پوست: ۱۲۰/۴۲ میلی‌پاسکال، ویسکوزیته استخوان: ۳۰ میلی‌پاسکال و ویسکوزیته فلس: ۱۰/۳۱ میلی‌پاسکال. حروف متفاوت روی نمودار نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($P < 0.05$).



شکل ۵: مقایسه ویسکوزیته ژلاتین‌های استخراج شده از فلس، پوست و استخوان ماهی سنگسر معمولی در نرخ برش‌های مختلف. با افزایش نرخ برش ویسکوزیته برای هر سه نمونه مقدار ویسکوزیته کمتر می‌شود.

بحث

جایگزین جدید و مناسب برای استحصال ژلاتین به جای پستانداران متمرکز شده است (Huanget al., 2019). با توجه به حجم زیاد و ایمنی منابع غذایی دریایی، ژلاتین به دست آمده از محصولات جانبی غذاهای دریایی می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای ژلاتین پستانداران در نظر گرفته شود (Al-Nimry et al., 2021). استفاده از پوست و فلس سنگسرماهیان برای استخراج ژلاتین با توجه به تاثیر بر افزایش بازده اقتصادی صنعت ماهیگیری و کاهش آلودگی ناشی از ضایعات دورریز شامل پوست، فلس و استخوان باید

به طور کلی، ژلاتین از استخراج کلاژن موجود در بافت استخوانی و پوست پستانداران مختلف خصوصا دام‌های اهلی گوناگون، بویژه خوک و گاو جدا می‌شود (Ali et al., 2018). با این وجود، مصرف‌کنندگان ممکن است در مورد استفاده از ژلاتین استحصال شده از برخی از این جانوران به دلیل محدودیت‌های غذایی و بیماری‌های مشترک بین انسان و دام نگران باشند (De Melo Oliveira et al., 2021). با توجه به مسائل فرهنگی و بهداشتی یاد شده، بسیاری از مطالعات بر شناسایی و توسعه منابع

بیشترین بازده و ژلاتین استخوان (۶/۵ درصد) کمترین بازده استخراج را داشتند. در مطالعات دیگری، پژوهشگران بازده استخراج ژلاتین از پوست گونه‌ای ماهی به نام زغال‌ماهی آلاسکا (*Gadus chalcogrammus*) را در مطالعه خود از ۶ تا ۱۶ درصد متغیر به دست آوردند (Zhou and Regenstein, 2005). مطالعات نشان داده‌اند که تفاوت در بازده استخراج ژلاتین ماهی می‌تواند به دلیل از بین رفتن کلاژن استخراج شده طی یک سری شستشو یا به دلیل هیدرولیز ناقص کلاژن باشد (Jamilah and Harvinder, 2002). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده در مطالعات گذشته نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین بازده ژلاتین پوست و فلس چند گونه ماهی کپور بود که طبق نتایج مطالعات، بیشترین بازده استخراج در ژلاتین پوست گونه ماهی *Labeo rohita* ۱۱/۷۸ درصد و کمترین بازده استخراج در ژلاتین فلس گونه ماهی *Cirrihnus mrigal* ۶/۳۸ درصد به دست آمد (Jakhar et al., 2016). همچنین در مطالعه دیگری ژلاتین را از پوست و استخوان گونه‌ای ماهی به نام تیلایپی نیل (*Oreochromis niloticus*) استخراج کردند و طبق نتایج آنها بیشترین بازده (۷۴/۳۷ درصد)

مورد توجه قرار گیرد. بر این اساس در پژوهش حاضر فرایند و کیفیت استخراج ژلاتین از ماهی سنگسر معمولی *P. kaakan* مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. این مطالعه با هدف استخراج ژلاتین از سه منبع پوست، فلس و استخوان ماهی با روش قلیایی انجام شد که با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پوست این ماهی می‌تواند بالاترین سطح ژلاتین را برای این منظور فراهم کند. پوست ماهی به طور گسترده‌ای برای استخراج ژلاتین استفاده می‌شود. مطالعات گسترده‌ای در این حوزه بر روی ماهی‌های مختلف انجام شده است (Zhang et al., 2020).

بازده استخراج ژلاتین به دلیل اهمیت اقتصادی بالقوه آن یکی از مهم‌ترین شاخص‌های صنعت ژلاتین محسوب می‌شود. بازده استخراج تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد که از جمله آنها می‌توان غلظت حلال مورد استفاده، زمان خیساندن، دما و زمان استخراج، گونه و بافتی که از آن استخراج انجام می‌شود را نام برد (Montero and Gomez-Guillen, 2000). بازده استخراج ژلاتین قسمت‌های مختلف ماهی سنگسر در جدول ۱ نشان داد که ژلاتین پوست (۱۰/۵ درصد)

- در ژلاتین پوست این ماهی گزارش شد (Tinrat and Sila-Asna, 2017) که این مسئله با توجه به داده‌های به دست آمده در پژوهش حاضر نیز دارای تطابق و هماهنگی است. Alavi Talab و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی و مقایسه کیفیت دو روش استخراج ژلاتین اسیدی و قلیایی پوست و باله کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) کردند که ژلاتین قلیایی در مقایسه با ژلاتین اسیدی آن از کیفیت بهتری برخوردار است. در این مطالعه نیز داده‌های یاد شده (Alavi Talab et al., 2006) با نتایج به دست آمده در این پژوهش تایید شدند. پژوهشگران ژلاتین را از پوست چند گونه ماهی تیلاپیا به روش قلیایی استخراج کردند. طبق نتایج آنها بازده بر اساس وزن خشک برای ژلاتین گونه تیلاپیا قرمز (*Oreochromis nilotica*) ۳۹/۹۷ درصد به دست آمد که نسبت به مطالعه قبلی آنها بر روی همین گونه به روش استخراج اسیدی، بیشتر بود (Jamilah et al., 2002). آنها گزارش کردند که روش قلیایی یک روش مناسب برای تولید ژلاتینی با استحکام و بازده بیشتر در این ماهی است. همچنین بیان کردند استفاده از آب آهک در تیمار قلیایی می‌تواند باعث بهبود بازده پوست شود (Jamilah et al., 2011).
- نتایج به دست آمده از بررسی‌های این بخش نشان دهنده درصد بالای پروتئین در ژلاتین‌های استخراجی است، زیرا پروتئین جز اصلی ژلاتین است. مقدار بالای پروتئین مواد کلاژنی، نشان دهنده بالاترین بازده ممکن استخراج ژلاتین از آنها است (Muyonga et al., 2004). داده‌های به دست آمده نشان می‌دهند بیشترین مقدار پروتئین در ژلاتین‌های استخراج شده به ترتیب در فلس و پوست مشاهده شد. فیبرهای کلاژن و هیدروکسی آپاتیت کلسیم در ریزساختار فلس نشان دهنده این است که فلس‌های این ماهی می‌تواند به عنوان مواد کلاژنی برای استخراج ژلاتین استفاده شود (Ikoma et al., 2003). مطالعات انجام شده بر روی استخراج ژلاتین از پوست گونه‌های مختلف ماهی، پروتئین خام گزارش شده را برای آنها در محدوده ۸۷ تا ۸۹ درصد اعلام کرده‌اند که این مقدار پایین‌تر از بازده به دست آمده برای استخراج ژلاتین در مطالعه حاضر است (Jongjareonrak et al., 2006a).
- وزن مولکولی یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی است که بر عملکرد و ویژگی‌های ژلاتین

تاثیر می‌گذارد (Behera et al., 2022). الگوی الکتروفورز نمونه ژلاتین استخراج شده از پوست، فلس و استخوان ماهی سنگسر حضور سه زیرواحد اصلی باندهای مجزا منطبق با زنجیره‌های α_1 ، α_2 و β را نشان می‌دهد. در الگوی الکتروفورز نمونه‌های ژلاتین به طور واضح زیرواحدهایی با وزن مولکولی بالا (باند γ) مشاهده شده است. از طرفی حضور پروتئین‌هایی با وزن مولکولی کمتر (زیر ۱۰۰ کیلودالتون) در نمونه‌ها قابل توجه بود که نشان دهنده تاثیر دما در شکافته شدن و تقسیم زنجیره‌های پروتئین طی فرایند استخراج است (Yang et al., 2019). بر اساس مطالعات، زیرواحدهای با وزن مولکولی بالا طی تولید ژلاتین در خواص عملکردی و رئولوژیکی ژلاتین نقش دارند (Simpson et al., 2012). در این پژوهش الگوی الکتروفورزی مشابهی در نمونه‌های ژلاتین استخراج شده از ماهی سنگسر و ژلاتین استاندارد گاوی مشاهده شد که نشان می‌دهد این الگو دارای دو زنجیره α_1 و α_2 است. علاوه بر این، به دلیل غلظت پروتئینی بالاتر پوست، شدت باند پروتئین‌های پوست بیشتر از نمونه‌های دیگر بود و برعکس شدت باندهای پروتئینی در ژلاتین استخوان به دلیل بازده پایین‌تر از بقیه نمونه‌ها کمتر بود. همچنین باند مربوط به زیرواحد γ با وزن مولکولی بیشتر نسبت به باندهای α و β در ژلاتین استخراج شده از استخوان مشخص‌تر بود. باندهای α_1 ، α_2 و β در ژلاتین استخراج شده از فلس شیرماهی (*Chanos chanos*) مشاهده شد، اما هیچ باند γ وجود نداشت (Huang et al., 2018). با این حال، تمام باندها به‌وضوح برای ژلاتین استخراج شده از استخوان ماهی تن (*Katsuwonus pelamis*) (Yesiltas et al., 2022) و پوست *Pollachius virens* (Yang et al., 2019) مشاهده شد.

در پژوهش حاضر قدرت ژلی شدن با توجه به شاخص بلوم اندازه‌گیری و محاسبه شد. مقاومت ژل یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کاربردی ژلاتین و بیانگر کیفیت آن است و تابعی از واکنش‌های متقابل پیچیده است که به توزیع اسیدهای آمینه و نسبت زنجیره‌های α و β بستگی دارد (Boran and Regenstein, 2010). بلوم ژلاتین ماهیان عموماً در محدوده ۲۷۰-۰ گرم قرار دارد. درحالی‌که ژلاتین‌های خوک و گاو بلوم بالایی در بازه ۲۰۰ تا ۲۴۰ گرم دارند. هرچند بلوم بالاتر از ۴۲۶ گرم نیز برای ماهی تن زردباله (*Thunnus albacares*) گزارش شده است

(Cho et al., 2005). در پژوهش حاضر بلوم ژلاتین در محدوده ۱۰۶ تا ۴۳۷ گرم است که قدرت ژلی بالاتری را نسبت به ماهیان دیگر و حتی پستانداران دارد. به طور کلی ژلاتین با قدرت ژل بالا و ویسکوزیته بالا از ژلاتین‌های با کیفیت خوب محسوب می‌شود. نتایج به دست آمده نشان داد ژلاتین استخراج شده از پوست بیشترین قدرت ژل را داشت و نسبت به گزارش‌های دیگر مقدار بالاتری را نشان داد. مطالعه روی پوست زغال‌ماهی آلاسکا نشان داد وقتی از حلال قلیایی برای پیش تیمار استفاده می‌شود، مقاومت ژل بالاتری به دست می‌آید (Zhou and Regenstein, 2005). در مطالعات انجام شده پیرامون ماهیان بیشترین قدرت ژلی در گونه‌های ماهیان گرمابی گزارش شده است (Simpson et al., 2012). در مقایسه قدرت ژلاتین منابع دریایی سه دسته‌بندی از درجه ژلاتین با بلوم پایین (کمتر از ۱۵۰ گرم)، بلوم متوسط (بین ۱۵۰ تا ۲۲۰ گرم) و بلوم بالا (بین ۲۲۰-۳۰۰ گرم) گزارش شده است. در حالی که قدرت ژل ماهی تن زردباله (۴۲۶ گرم) نسبت به ماهیان دیگر خیلی بالاتر بود، نزدیک به قدرت ژلی ژلاتین پوست نمونه ماهی سنگسر (۴۳۷ گرم) در مطالعه حاضر بود که این امر می‌تواند با

زنجیره‌های پلی‌پپتیدی با وزن مولکولی بالا مرتبط باشد (Simpson et al., 2012). دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد (دمای استخراج نمونه‌ها در این پژوهش) دمای بهینه برای بیشترین استحکام ژلی گزارش شده است. در دماهای بالاتر استخراج، استحکام ژل به دلیل تجزیه کلاژن و تبدیل پروتئین‌ها به زنجیره‌های پلی‌پپتیدی با وزن مولکولی پایین‌تر، قدرت ژل پایین می‌آید. ژلاتین به دست آمده از گونه‌های ماهیان سردآبی مثل ماهی سالمون (*Salmo salar*) ویژگی‌های نسبتاً ضعیفی از خود نشان می‌دهد که از ۰ تا ۹۸ گرم بلوم متغیر است (Vazquez et al., 2021). محدوده وسیع بلوم ژلاتین‌های مختلف به دلیل تفاوت در فرایند تولید ژلاتین، تفاوت در ویژگی‌های ذاتی کلاژن، همچنین دمای زیستگاه جانوران و شرایط استخراج است (Kasankala et al., 2007).

بعد از قدرت ژل دومین ویژگی فیزیکی ژلاتین ویسکوزیته آن است. ژلاتین یک ماده حساس به حرارت است. پژوهشگران در سال ۲۰۲۳ طی گزارش خود بیان کردند که ویسکوزیته ژلاتین به طور قابل توجهی با دما تغییر می‌کند (Tong et al., 2023). در مطالعه حاضر، ویسکوزیته ژلاتین‌های استخراج

شده در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد با استفاده از ژلاتین ۲ درصد بررسی شد. ارزیابی ویسکوزیته در محدوده نرخ برش ۳/۸۴ تا ۳۶۸/۶۴ انجام شد که همان طور که در شکل ۵ آورده شده است با افزایش نرخ برش، ویسکوزیته کاهش یافت. محلول ژلاتین یک سیال شبه پلاستیک است که ویسکوزیته آن با نرخ برش تغییر می‌کند (Tong et al., 2023). در نرخ برش بالا هنگامی که نمونه‌ها با سرعت، تحت هم‌زدن قرار می‌گیرند، زنجیره‌های پلیمری بسیار ناهمسان‌گرد شروع به از هم گسیختگی می‌کنند و در امتداد جهت نیروی برشی قرار می‌گیرند. این امر منجر به فضای آزاد بیشتر و کاهش ویسکوزیته می‌شود. اگر با افزایش سرعت برش ویسکوزیته کاهش یابد، نشان دهنده این است که ماده رقیق شونده است (Kokol et al., 2021). شکل ۴ ویسکوزیته قسمت‌های مختلف ژلاتین را با هم مقایسه می‌کند. این نتایج نشان داد که بالاترین ویسکوزیته برای ژلاتین‌های استخراج شده از پوست ماهی سنگسر به میزان ۱۰۲/۴۲ میلی‌پاسکال بود. ژلاتین استخراج شده با فلس به روش قلیایی کمترین ویسکوزیته (۱۰/۳۱ میلی‌پاسکال) را داشت. در مطالعه دیگری، ویسکوزیته ژلاتین استخوان گربه‌ماهی (*Clarias gariepinus*) در نرخ برش ۲۴۰-۱۴۰۰ و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد ۴ میلی‌پاسکال گزارش داده شد (Sanaei et al., 2013) که نسبت به مطالعه حاضر ویسکوزیته کمتری را نشان داد. دما بشدت در ویسکوزیته تاثیرگذار است. ویسکوزیته ژلاتین تحت تاثیر pH، دما، غلظت ژلاتین و افزودن الکترولیت‌های دیگر در محلول ژلاتین قرار می‌گیرد. ویسکوزیته محلول‌های ژلاتینی با افزایش غلظت ژلاتین و با کاهش دما (تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد) افزایش می‌یابد (Mohtar et al., 2010). ویسکوزیته ژلاتین پوست ماهی *Hoki (Macrurus novaezelandiae)* ۱۰ میلی‌پاسکال بود که با نتایج ویسکوزیته ژلاتین به دست آمده از فلس ماهی در پژوهش حاضر همخوانی دارد (Mohtar et al., 2010). تفاوت در ویسکوزیته ژلاتین‌ها می‌تواند ناشی از میانگین وزن‌های مولکولی مختلف و توزیع اندازه مولکولی پروتئین باشد. زیرواحدهای با وزن مولکولی بالاتر باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند (Gudmundsson and Hafsteinsson, 1997). در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده این امر است که قدرت ژل و درصد

غلظت پروتئین در ژلاتین استخراج شده از ماهی سنگسر سواحل جنوبی ایران نسبت به ماهی‌های دیگر در گزارش‌های دیگر به طور چشمگیری بالاتر بود که بهینه‌سازی شرایط

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مراتب قدردانی و تشکر خود را از پژوهشکده خلیج فارس بوشهر، دانشگاه هرمزگان و دانشگاه تربیت مدرس به دلیل کمک‌های لازم و حمایت‌های مالی در انجام پژوهش اعلام می‌دارد.

استخراج این ترکیب برای دستیابی به بالاترین بازدهی در راستای توسعه صنعت شیلاتی از ضایعات بجا مانده از فرآوری سنگسر ماهیان می‌تواند یک منبع طبیعی بالقوه و بدون چالش برای ژلاتین مصرفی باشد. علاوه بر این، از آنجا که استخراج ژلاتین در سنگسر ماهیان در این پژوهش برای اولین بار انجام

منابع

- Alavi Talab H., Tavakoli P.H. and Ghoroghi A. 2006.** Investigation and comparison of quality of Fitofague's skins and fins acidic and alkaline gelatin with another sources. *Pajouhesh and Sazandegi*, 72: 50–57.
- Ali A.M.M., Kishimura H. and Benjakul S. 2018.** Physico-chemical and molecular properties of gelatin from skin of golden carp (*Probarbus jullieni*) as influenced by acid pretreatment and prior-ultrasonication. *Food Hydrocolloids*, 82: 164–172. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.03.052
- Al-Nimry S., Dayah A.A., Hasan I. and Daghmash R. 2021.** Cosmetic, biomedical and pharmaceutical applications of fish gelatin/hydrolysates. *Marine Drugs*, 19: 1–23 (145). doi: 10.3390/md19030145
- Arnesen J.A. and Gildberg A. 2007.** Extraction and characterisation of gelatine from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. *Bioresource Technology*, 98: 53–57. doi: 10.1016/j.biortech.2005.11.021
- Behera A., Das R., Patnaik P., Mohanty J. and Mohanty G. 2022.** A review on fish peptides isolated from fish waste with their potent bioactivities. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10: 195–209. doi: 10.7324/JABB.2022.100323
- Boran G. and Regenstein J.M. 2010.** Fish gelatin. *Advances in Food and Nutrition Research*, 60: 119–143. doi: 10.1016/S1043-4526(10)60005-8
- Cho S., Gu Y. and Kim S. 2005.** Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 19: 221–229. doi: 10.1016/j.foodhyd.2004.05.005
- De Melo Oliveira V., Assis C.R.D., Costa B.d.A.M., De Araujo Neri R.C., Monte F.T.D., Da Costa Vasconcelos H.M.S., França R.C.P., Santos J.F., De Souza Bezerra R. and Porto A.L.F. 2021.** 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*, 1224: 1–28 (129023). doi: 10.1016/j.molstruc.2020.129023
- Gahruie H.H., Eskandari M.H., Khalesi M., Van Der Meeren P. and Hosseini S.M.H. 2020.** Rheological and interfacial properties of basil seed gum modified with octenyl succinic anhydride. *Food Hydrocolloids*, 101: 1–51 (105489). doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105489

- Gahruie H.H., Eskandari M.H., Van Der Meeren P. and Hosseini S.M.H. 2019.** Study on hydrophobic modification of basil seed gum-based (BSG) films by octenyl succinate anhydride (OSA). *Carbohydrate Polymers*, 219: 155–161. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.05.024
- Gornall A.G., Bardawill C.J. and David M.M. 1949.** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2): 751–766.
- Gudmundsson M. and Hafsteinsson H. 1997.** Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food Science*, 62: 37–39. doi: 10.1111/j.1365-2621.1997.tb04363.x
- Holzer D. 1994.** Gelatin production. US Patent Application, 5: 1–6 (484,888).
- Huang C.Y., Tsai Y.H., Hong Y.H., Hsieh S.L. and Huang R.H. 2018.** Characterization and antioxidant and angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory activities of gelatin hydrolysates prepared from extrusion-pretreated milkfish (*Chanos chanos*) scale. *Marine Drugs*, 16: 1–20 (346). doi: 10.3390/md16100346
- Huang T., Tu Z.C., Shangguan X., Sha X., Wang H., Zhang L. and Bansal N. 2019.** Fish gelatin modifications: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*, 86: 260–269. doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.048
- Ikoma T., Kobayashi H., Tanaka J., Walsh D. and Mann S. 2003.** Microstructure, mechanical, and biomimetic properties of fish scales from *Pagrus major*. *Journal of Structural Biology*, 142: 327–333. doi: 10.1016/S1047-8477(03)00053-4
- Irwandi J., Faridayanti S., Mohamed E., Hamzah M., Torla H. and Che Man Y. 2009.** Extraction and characterization of gelatin from different marine fish species in Malaysia. *International Food Research Journal*, 16: 381–389.
- Jafari R., Homaei A., Ahmadi A.R. and Kamrani E. 2021.** Extraction of astaxanthin from *Penaeus semisulcatus* and *Penaeus merguensis* waste using vegetable oils: Process optimization. *Biomacromolecular Journal*, 7: 77–85.
- Jafari R., Homaei A., Ahmadi A.R. and Kamrani E. 2023.** Optimization and identification of astaxanthin esters from shrimp waste using microbial fermentation method. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12: 1–16.
- Jakhar J.K., Kumar A. and Vardia H. 2016.** Extraction of gelatin from skin and scale of Indian

- major carp. *Environment and Ecology*, 34: 1513–1518.
- Jamilah B. and Harvinder K. 2002.** Properties of gelatins from skins of fish-black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry*, 77: 81–84. doi: 10.1016/S0308-8146(01)00328-4
- Jamilah B., Tan K., Hartina M.U. and Azizah A. 2011.** Gelatins from three cultured freshwater fish skins obtained by liming process. *Food Hydrocolloids*, 25: 1256–1260. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.11.023
- Jongjareonrak A., Benjakul S., Visessanguan W. and Tanaka M. 2006a.** Skin gelatin from bigeye snapper and brownstripe red snapper: Chemical compositions and effect of microbial trans-glutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 20: 1216–1222. doi: 10.1016/j.foodhyd.2006.01.006
- Jongjareonrak A., Benjakul S., Visessanguan W., Prodpran T. and Tanaka M. 2006b.** Characterization of edible films from skin gelatin of brownstripe red snapper and bigeye snapper. *Food Hydrocolloids*, 20: 492–501. doi: 10.1016/j.foodhyd.2005.04.007
- Kasankala L.M., Xue Y., Weilong Y., Hong S.D. and He Q. 2007.** Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Catenopharyngodon idella*) fish skin by response surface methodology. *Bioresource Technology*, 98: 3338–3343. doi: 10.1016/j.biortech.2006.03.019
- Kokol V., Pottathara Y.B., Mihelcic M. and Perse L.S. 2021.** Rheological properties of gelatine hydrogels affected by flow-and horizontally-induced cooling rates during 3D cryo-printing. *Colloids and Surfaces (A)*, 616: 1–10 (126356). doi: 10.1016/j.colsurfa.2021.126356
- Koli J., Sagar B., Kamble R. and Sharangdhar S. 2014.** Functional properties of gelatin extracted from four different types of fishes: A comparative study. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4: 322–327.
- Laemmli U.K. 1970.** Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680–685.
- Maturi V., Mabudi H. and Vali N.T. 2019.** Study of the stocks and distribution of Haemolidae in the waters of the northern part of the sea of Oman (Sistan and Baluchestan) (In Persian). *Scientific Journal of Marine Biology*, 11(41): 13–24.
- Mohtar N.F., Perera C. and Quek S.Y. 2010.** Optimisation of gelatine extraction from hoki (*Macruronus novaezelandiae*)

- skins and measurement of gel strength and SDS-PAGE. Food Chemistry, 122(1): 307–313. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.02.027
- Montero P. and Gomez-Guillen M. 2000.** Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. Journal of Food Science, 65: 434–438. doi: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb16022.x
- Muhammad K.M.L., Ariffin F., Abd Razak H.K.B. and Sulaiman P.D.S. 2016.** Review of fish gelatin extraction, properties and packaging applications. Food Science and Quality Management, 56: 47–59.
- Muyonga J., Cole C. and Duodu K. 2004.** Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. Food Hydrocolloids, 18: 581–592. doi: 10.1016/j.foodhyd.2003.08.009
- Sanaei A., Mahmoodani F., See S., Yusop S. and Babji A. 2013.** Optimization of gelatin extraction and physico-chemical properties of catfish (*Clarias gariepinus*) bone gelatin. International Food Research Journal, 20(1): 423–430.
- Shyni K., Hema G., Ninan G., Mathew S., Joshy C. and Lakshmanan P. 2014.** Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). Food Hydrocolloids, 39: 68–76. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.12.008
- Simpson B.K., Nollet L.M., Toldra F., Benjakul S., Paliyath G. and Hui Y. 2012.** Food Biochemistry and Food Processing. John Wiley and Sons, USA. 896P.
- Tabarestani H., Maghsoudlou Y., Motamedzadegan A. and Mahoonak A.S. 2010.** Optimization of physico-chemical properties of gelatin extracted from fish skin of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). Bioresource technology, 101(15): 6207–6214. doi: 10.1016/j.biortech.2010.02.071
- Tinrat S. and Sila-Asna M. 2017.** Optimization of gelatin extraction and physico-chemical properties of fish skin and bone gelatin: Its application to Panna Cotta formulas. Current Research in Nutrition and Food Science Journal, 5: 263–273. doi: 10.12944/CRNFSJ.5.3.11
- Tong Q., Zhao W., Guo T., Wang D. and Dong X. 2023.** A study of the gelatin low-temperature deposition manufacturing forming process based on fluid numerical simulation. Foods, 12(14): 1–20 (2687). doi: 10.3390/foods12142687
- Vazquez J.A., Hermida-Merino C., Hermida-Merino D., Pineiro M.M., Johansen J., Sotelo C.G., Perez-Martin R.I. and Valcarcel**

- J. 2021.** Characterization of gelatin and hydrolysates from valorization of farmed salmon skin by-products. *Polymers*, 13: 1–18 (2828). doi: 10.3390/polym13162828
- Yang X.R., Zhao Y.Q., Qiu Y.T., Chi C.F. and Wang B. 2019.** Preparation and characterization of gelatin and antioxidant peptides from gelatin hydrolysate of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) bone stimulated by in vitro gastrointestinal digestion. *Marine Drugs*, 17(2): 1–18 (78). doi: 10.3390/md17020078
- Yesiltas B., Robert C., Petersen H.O., Jessen F., Ajalloueian F., Mohammadifar M.A., Jacobsen C., Sloth J.J., Jakobsen G. and Casanova F. 2022.** Gelatin from saithe (*Pollachius virens*) skin: Biochemical characterization and oxidative stability in O/W emulsions. *Marine Drugs*, 20(12): 1–17 (739). doi: 10.3390/md20120739
- Zhang T., Sun R., Ding M., Tao L., Liu L., Tao N., Wang X. and Zhong J. 2020.** Effect of extraction methods on the structural characteristics, functional pro-perties, and emulsion stabilization ability of tilapia skin gelatins. *Food Chemistry*, 328: 1–31 (127114). doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127114
- Zhou P. and Regenstein J.M. 2005.** Effects of alkaline and acid pretreatments on Alaska pollock skin gelatin extraction. *Journal of Food Science*, 70: 392–396. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb11435



Research Paper

Extraction of gelatin from the scales, skin and bones of *Pomadasys kaakan* and comparison of their properties

Faranak Abbasi¹, Narges Amrollahi Biuki^{2*}, Amir Vazirizadeh³,
Reza Hasan Sajedi^{4*}

Received: September 2023

Accepted: July 2024

Abstract

Gelatin is a composite of peptides and proteins derived from the partial hydrolysis of collagen. Fish by-products are considered to be a highly abundant and valuable reservoir of collagen. The characteristics of gelatin are dependent on its origin and conditions of extraction. In this research, gelatin was extracted from the skin, scales and bones of *Pomadasys kaakan* in Persian Gulf for the first time, using the alkaline extraction method. In addition, viscosity, gel strength, molecular weight, yield and protein content were all examined. The results indicated that the gelatin extracted from skin had greater viscosity (102.42mPa), gel strength (437g) and extraction efficiency (10.5%) than those for scales and bones; and all three samples had high protein concentrations of more than 97%. In addition, the presence of the main subunits α_1 , α_2 , β and γ in the electrophoretic patterns was proven for all samples. In general, the results show that the gel strength and protein content of gelatin extracted from *P. kaakan* are substantially greater than those of other fish species. Furthermore, it can be asserted that the alkaline method is a suitable approach for the production of fish gelatin with high strength.

Key words: *Pomadasys kaakan*, Gelatin, Alkaline Extraction Method, Gel Strength, Marine By-products.

1- Ph.D. in Marine Biology, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2- Associate Professor in Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

3- Assistant Professor in Department of Fisheries and Marine Biology, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

4- Professor in Department of Biochemistry, Faculty of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: amrollahi@hormozgan.ac.ir and sajedi_r@modares.ac.ir