

تأثیر زمان استخراج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ژلاتین حاصل از پوست ماهی کاراس (*Carassius carassius*)

*حمید فغانی‌لنگرودی^۱، مهدی نیکو^۲ و مسعود آل‌خورشید^۳

^۱گروه شیلات، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران، ^۲گروه صنایع غذایی، دانشگاه جیانگنان، چین،

^۳مرکز آموزش جهاد کشاورزی فارس، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۱۸

چکیده

در این مطالعه، از پوست ماهی کاراس (*Carassius carassius*) برای تولید ژلاتین استفاده شد. استحکام ژل (۶/۶۷٪) حاصل از ژلاتین استخراج شده طی زمان‌های ۱، ۳ و ۶ ساعت بین ۱۰۶-۱۱۰ گرم بود ($P > 0/05$). گلیسین (۳۵۰/۲۹-۳۴۹/۲۱ مقدار در هزار)، آلانین (۱۳۱/۱۵-۱۳۲/۷۳ مقدار در هزار)، گلوتامین (۸۱/۷۶-۸۲/۵۷ مقدار در هزار) و پرولین (۸۹/۹۵-۹۶/۴۸ مقدار در هزار)، اسیدهای آمینه اصلی موجود در ژلاتین بوده‌اند. زمان استخراج ترکیب اسید آمینه ژلاتین برای بسیاری از اسیدهای آمینه را تغییر نداد، با این حال مقدار اسید آمینه پرولین با افزایش زمان استخراج کاهش یافته است. ژلاتین استخراج شده در زمان ۳ ساعت دارای رنگ متفاوت با بقیه ژلاتین‌ها بوده است ($P < 0/05$). ساختار ثانویه ژلاتین تحت تأثیر زمان استخراج قرار گرفت. نسبت AIII/A1450 در نمونه‌های ژلاتین بین ۰/۸۵ الی ۰/۸۶ بوده که نشان‌دهنده شکستگی ماریپیچ سه‌گانه در کلاژن می‌باشد. از بررسی طیف‌سنجی (FTIR) مشخص گردید که ژلاتین استخراج شده در زمان ۶ ساعت، به‌میزان بیش‌تری هیدرولیز گردید ($\Delta\nu(\nu_I - \nu_{II})(\text{cm}^{-1}) = 114$). پوست ماهی کاراس می‌تواند به‌عنوان یک منبع ارزشمند برای تولید ژلاتین مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: استحکام ژل، پوست ماهی، ژلاتین، ماهی کاراس، FTIR اسپکتروسکوپی

مقدمه

ژلاتین پروتئین محلولی است که از هیدرولیز نسبی کلاژن به‌دست می‌آید. کلاژن پروتئین موجود در استخوان، غضروف، باله و پوست می‌باشد که به‌طور معمول غیرمحلول است. کلاژن قبل از آن‌که به ژلاتین تبدیل گردد تحت تأثیر حرارت بالای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود (Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از محلول‌های اسیدی و قلیایی که در تولید ژلاتین معمول است سبب حذف پروتئین‌های غیرکلاژنی، از بین بردن اثر پروتئازهای داخلی بر کلاژن در حین استخراج و همچنین افزایش راندمان استخراج ژلاتین و استحکام ژل می‌گردد

(Zhou و Regenstein، ۲۰۰۵). تیمار شیمیایی

پوست سبب شکسته شدن پیوندهای غیرکولانسی و بهم ریختگی ساختار کلاژن شده و تورم کافی را در پوست ایجاد می‌نماید. در مرحله بعدی حرارت سبب شکستگی پیوندهای هیدروژنی و کولانسی و تبدیل کلاژن به ژلاتین محلول می‌شود. نسبت این تبدیل به شرایط استخراج شامل زمان، حرارت و pH بستگی دارد (Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۱۱).

در حال حاضر پوست خوک مهم‌ترین منبع تهیه ژلاتین محسوب می‌گردد (۴۶ درصد). مطالعات گسترده‌ای در خصوص تهیه ژلاتین از سایر منابع به‌عنوان جانشین ژلاتین خوک انجام پذیرفته است چرا که ژلاتین حاصل از خوک را نمی‌توان در تهیه مواد

* مسئول مکاتبه: hamid.faghani@toniau.ac.ir

است (باقری و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجائی که به دلیل ارزش پایین اقتصادی و گسترش نابهنجار و زیاد آن در مزارع پرورش ماهیان گرمابی، به‌عنوان ماهی اصلی هرز تقریباً بیش‌تر مزارع پرورش ماهیان گرمابی به‌شمار می‌رود، بنابراین مطالعه ژلاتین حاصل از پوست ماهی کاراس در جهت افزایش کارایی تولید محصولات شیلاتی ارزان‌قیمت و هرز به محصولات گران‌قیمت بسیار دارای اهمیت است. بر خلاف فراوان بودن این گونه در مزارع پرورشی سطح استان مازندران و همچنین سایر نقاط کشور، تاکنون ژلاتین از پوست این ماهی استخراج و ویژگی‌های آن بررسی نگردیده است. بنابراین هدف این مطالعه، استخراج ژلاتین از پوست ماهی کاراس (*Carassius carassius*) و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماهی کاراس (۲۰ کیلوگرم) از فروشگاه‌های محلی شهر تنکابن به‌صورت تازه تهیه شد و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه ماهیان کشته و شکم خالی گردید و ماهیان بخوبی شسته شدند تا مواد لزج و خونابه از روی سطح و گوشت ماهی خارج شود. سپس پوست ماهی بدقت جدا و با آب سرد به خوبی شسته شد. با استفاده از یک فیچی کوچک، پوست به قطعات کوچک بریده و دوباره شسته شد. نمونه‌های پوست تمیز شده در شرایط انجماد (۳۰- درجه سانتی‌گراد) تا زمان استخراج ژلاتین نگهداری شد.

استخراج ژلاتین: ژلاتین به روش Gomez-Guillen و همکاران (۲۰۰۲) استخراج شد. ابتدا نمونه‌های پوست به مدت ۲ ساعت در هیدروکسید سدیم ۰/۱ مول در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا رنگدانه‌ها و پروتئین‌های غیرکلاژنی حذف گردند. محلول قلیایی هر ۴۰ دقیقه تعویض گردید. پس از آن

غذایی برای مسلمانان به‌کار برد. از طرفی شیوع بیماری جنون گاوی نیز عامل دیگری بوده که توجه را به سمت تهیه ژلاتین از ضایعات ماهی بیش‌تر نمود (Boran و Regenstein, ۲۰۱۰). تهیه ژلاتین علاوه بر افزایش ارزش ضایعات فرآوری آبزیان موجب جلوگیری از آلودگی محیط زیست نیز می‌گردد.

تاکنون تأثیر شرایط استخراج ژلاتین شامل نوع اسید، زمان و درجه حرارت استخراج بر خواص فیزیکوشیمیایی ژلاتین در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. ژلاتین از پوست گونه‌های زیادی از ماهیان استخراج و خواص آن بررسی گردید. بازده استخراج ژلاتین حاصل از پوست ماهی آلاسکا پولاک بین ۷ تا ۱۶ درصد گزارش گردید (Zhou و Regenstein, ۲۰۰۵). این مقدار برای ماهی اسپنر چشم درشت (*Priacanthus hamrur*) (Binsi و همکاران، ۲۰۰۹) و ماهیان دریایی شامل هیک (*Merluccius merluccius*)، سول (*Solea vulgaris*)، مگریم (*Lepidorhombus boscii*) و کد (*Gadus morhua*) Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۰۲) بین ۴ تا ۸ درصد گزارش گردید. از طرفی مطالعات نشان داد که با افزایش زمان استخراج، بازده ژلاتین بیش‌تر می‌شود (Kittiphattanabawon و همکاران، ۲۰۱۰). اگرچه بازده ژلاتین با افزایش زمان استخراج افزایش نشان داد ولی بررسی الکتروفورز پروتئین نشان داد که زنجیره آلفا، بتا و گاما به‌میزان بالایی به قطعات کوچک تجزیه گردیدند (Kittiphattanabawon و همکاران، ۲۰۱۰) و استحکام ژل در آن‌ها کاهش یافت (Ahmad و Benjakul, ۲۰۱۱).

ماهی کاراس (*Carassius carassius*) یک ماهی غیربومی در آب‌های ایران می‌باشد و خصوصیتی چون داشتن مقاومت بالا به کمبود غذا و اکسیژن، تولیدمثل سریع، ماده زایی و بلوغ زود هنگام آن را به‌عنوان یک ماهی با سازگاری بالا معرفی کرده

اندازه‌گیری اسیدهای آمینه: جهت اندازه‌گیری اسیدهای آمینه ژلاتین از اسید کلریدریک ۶ نرمال استفاده شد. مقدار ۱۲۰ میلی‌گرم پودر ژلاتین در داخل لوله مخصوص قرار داده شد و ۸ میلی‌لیتر اسید به آن اضافه شد. بعد از بسته شدن سر لوله توسط شعله، جهت انجام هیدرولیز نمونه‌ها به مدت ۲۲ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند. اسیدهای آمینه نمونه‌های هیدرولیز شده توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع (FPLC Agilent 1100 (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA) در طول موج ۳۳۸ نانومتر بر حسب گرم در صد گرم اندازه گرفته شد (Jellouli و همکاران، ۲۰۱۱).

اندازه‌گیری رنگ ژلاتین: رنگ ژل حاصل از ژلاتین (۶/۶۷ درصد) توسط دستگاه کالوریمتر اولتراسکن (Hunterlab, Reston, VA) در دمای اتاق استفاده شد. رنگ ژل به صورت سفید (L^*)، قرمز (a^*) و زرد (b^*) در مقیاس عددی نشان داده شد (Jellouli و همکاران، ۲۰۱۱).

طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR): طیف‌سنجی مادون قرمز توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مادون قرمز (NICOLET NEXUS 470, Thermo Electron Corp., MA, USA) اندازه‌گیری شد. مقدار کمی پودر ژلاتین با KBr مخلوط و به خوبی بهم زده شده تا پودر یکنواختی به دست آید. بعد از تهیه پلت، طیف‌سنجی در دمای اتاق در حد فاصل $4000-500\text{ cm}^{-1}$ انجام شد و سیگنال‌ها طی ۳۲ اسکن با وضوح 4 cm^{-1} گرفته شدند (Benjakul و همکاران، ۲۰۰۹).

روش آماری: داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از روش تحلیل واریانس یک‌طرفه (One – way ANOVA) و انجام آزمون Post hoc دانکن در $P < 0/05$ مورد تحلیل آماری قرار گرفت همچنین از نرم‌افزار SPSS 17 جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نمونه‌های پوست با آب سرد شسته شده تا pH پوست به حد خنثی برسد. جهت متورم‌سازی پوست از اسید استیک ۰/۲ مول استفاده گردید. نمونه‌های پوست به مدت ۳ ساعت در داخل اسید در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بهم زده شدند و محلول اسیدی هر یک ساعت تعویض گردید. نمونه‌های پوست تورم یافته با آب سرد به خوبی شستشو شدند تا pH آب حاصل از شستشو به حد خنثی برسد. ژلاتین توسط آب گرم با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد طی مدت ۱، ۳ و ۶ ساعت با استفاده از حمام آبی استخراج گردید. پس از طی زمان استخراج از پارچه تمیز دو لایه جهت جداسازی اولیه پوست استفاده شد و در مرحله بعد محلول فیلتر شده در شرایط وکیوم با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۴ فیلتر مجدد شد. محلول شفاف حاوی ژلاتین در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد منجمد گردید و سپس در حالت انجماد خشک گردیده است. نمونه خشک به دست آمده با استفاده از بلندر به صورت پودری در آمده که در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمایش نگهداری شد.

تعیین استحکام ژل: استحکام ژل به روش Gomez-Guillen و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (TA.XT-Plus (Texture analyser, Surrey, UK) اندازه گرفته شد. پودر ژلاتین (۶/۶۷ درصد) در آب مقطر به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا به خوبی آب جذب نماید و هیدراته شود سپس در داخل حمام آبی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد تا حل شود. بعد از آن به مدت ۲۰ دقیقه بر روی صفحه داغ بهم زده شد تا محلول یکنواخت به دست آید. محلول حاصله در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد طی مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت نگهداری گردید تا فرآیند رسیدگی ژل صورت گرفت. استحکام ژل از طریق اندازه‌گیری حداکثر نیرویی که موجب نفوذ پروب استاندارد به میزان ۴ میلی‌متر و با سرعت ۰/۵ میلی‌متر در ثانیه در ژل می‌گردد، به دست آمد.

نتایج

گلیسین، آلانین، گلوتامین و پرولین از اسیدهای آمینه اصلی موجود در ژلاتین استخراج شده بودند.

ترکیب اسید آمینه از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- اثر زمان استخراج بر ترکیب آمینواسید (مقدار در هزار) از ژلاتین پوست ماهی کاراس.

زمان استخراج (ساعت)			اسیدهای آمینه
۶	۳	۱	
۴۹/۷۸	۵۰/۵۳	۵۰/۲۸	Asparagine
۸۱/۷۶	۸۲/۴۴	۸۲/۵۷	Glutamine
۳۵/۵۶	۳۶/۲۳	۳۵/۲۰	Serine
۴/۸۴	۴/۸۶	۴/۸۱	Histidine
۳۴۹/۴۸	۳۵۰/۲۹	۳۴۹/۲۱	Glycine
۲۵/۳۲	۲۵/۷۴	۲۵/۶۵	Threonine
۵۵/۹۶	۵۶/۲۹	۵۶/۱۰	Arginine
۱۳۱/۱۵	۱۳۲/۷۳	۱۳۱/۸۸	Alanine
۳/۲۴	۳/۳۴	۳/۳۹	Tyrosine
۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۴۲	Cysteine
۱۹/۲۵	۱۹/۴۴	۱۹/۴۷	Valine
۱۶/۱۲	۱۶/۱۳	۱۶/۱۰	Metionine
۱۵/۵۶	۱۵/۵۲	۱۵/۴۶	Phenylalanine
۱۱/۸۷	۱۱/۵۶	۱۱/۵۶	Isoleucine
۲۲/۹۸	۲۳/۳۰	۲۲/۹۲	Leucine
۲۸/۴۴	۲۸/۴۲	۲۸/۰۷	Lysine
۸۹/۹۵	۹۴/۴۲	۹۶/۴۸	Proline
۵۸/۷۲	۴۸/۴۶	۵۰/۳۹	Hydroxyproline
۱۴۸/۶۷	۱۴۲/۸۸	۱۴۶/۸۷	Hydrophobic amino acids

N=۱

استحکام ژل بین ژلاتین‌های مختلف وجود ندارد و لذا استحکام ژل تحت‌تأثیر زمان استخراج در محدوده ۱ تا ۶ ساعت قرار نگرفته است ($P < 0.05$).

طیف FTIR از ژلاتین پوست ماهی کاراس در باندهای A ($3338.3-3322.41 \text{ cm}^{-1}$)، I ($1757-1647.5 \text{ cm}^{-1}$)، II (cm^{-1})، III ($1543-1552.5$) و III ($1232.7-1235.5 \text{ cm}^{-1}$) بوده است.

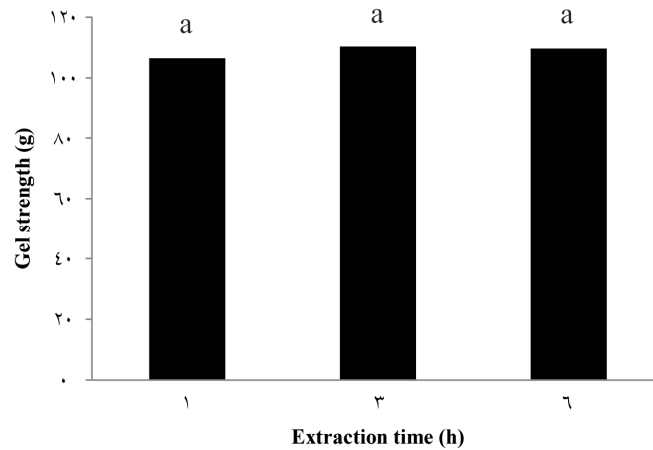
رنگ ژل ژلاتین بیان شده به‌عنوان L^* (سفیدی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) در جدول ۲ نشان داده شده است. خصوصیت FTIR از ژلاتین پوست ماهی کاراس نیز در جدول ۳ و شکل ۲ ارائه شده است. استحکام ژل از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس در شکل ۱ نشان داده شده است. استحکام ژل در ژلاتین‌های استخراج شده در زمان‌های مختلف بین ۱۰۶ تا ۱۱۰ گرم بوده است. نتیجه نشان داد که تفاوت معنی‌دار از نظر

جدول ۲- اثر زمان استخراج بر رنگ ژل از ژلاتین پوست ماهی کاراس.

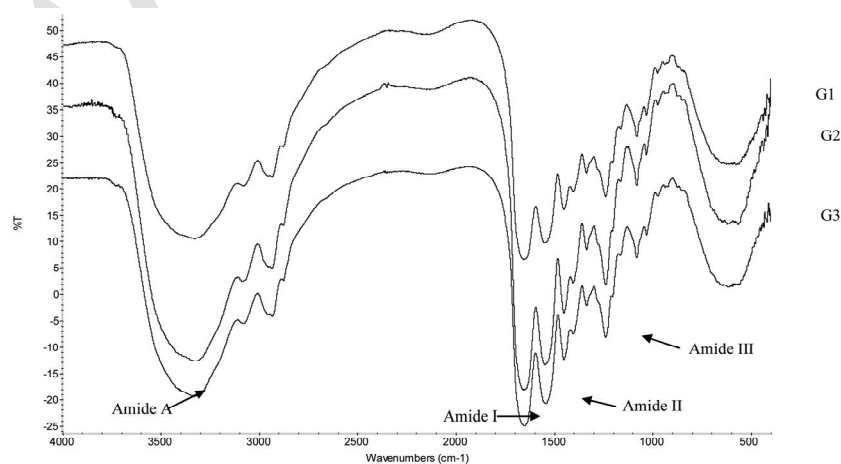
زمان استخراج (ساعت)			رنگ
۶	۳	۱	
$30/40 \pm 0/09^a$	$29/14 \pm 0/17^b$	$30/26 \pm 0/12^a$	رنگ سفید
$-0/48 \pm 0/14^c$	$-0/20 \pm 0/10^b$	$0/04 \pm 0/06^a$	رنگ قرمز
$-2/30 \pm 0/10^b$	$-0/11 \pm 0/04^a$	$-2/31 \pm 0/06^b$	رنگ زرد

جدول ۳- خصوصیت FTIR از ژلاتین پوست ماهی کاراس.

زمان استخراج (ساعت)			خصوصیت FTIR
۶	۳	۱	
۳۳۳۱/۹	۳۳۳۸/۳	۳۳۲۲/۴	Amide A (cm^{-1})
۱۱۴	۱۰۴/۵	۱۰۴/۵	$\Delta\nu(\nu_I - \nu_{II})$ (cm^{-1})
۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۵	A_{III}/A_{1450}



شکل ۱- استحکام ژل از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس در زمان‌های مختلف.



شکل ۲- طول موج FTIR از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس.

بحث و نتیجه‌گیری

استحکام ژل: استحکام ژل از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس در شکل ۱ نشان داده شده است. قدرت ژل یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده کیفیت ژلاتین در صنعت است. قدرت ژل از ژلاتین‌های تجاری، در محدوده ۱۰۰ تا ۳۰۰ گرم است، اما ژلاتین‌های با قدرت ژل ۲۵۰-۲۶۰ گرم مناسب‌ترین در صنعت مواد غذایی برای کاربردهای مختلف می‌باشند (Mohtar و همکاران، ۲۰۱۰). ژلاتین را می‌توان در آب گرم حل نمود و خواص آن به صورت یک ژل برگشت حرارتی می‌باشد. پس از سرد محلول ژلاتین، تک‌ماریچ‌ها شروع به تشکیل ماریچ‌های تصادفی می‌دهند. بنابراین، تشکیل شبکه‌های سه‌بعدی، مسئول قدرت و استحکام ژل تشکیل شده است (Karim و Bhat، ۲۰۰۹). در این مطالعه، قدرت ژل ۱۰۶ به ۱۱۰ گرم بود که تفاوت میان ژلاتین‌ها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). با این حال میزان آن پایین‌تر از قدرت ژل ژلاتین پوست گوشت خوک (۲۰۰ گرم) بود. به‌طور کلی قدرت ژل ژلاتین‌ها توسط توزیع وزن مولکولی و ترکیب اسید آمینه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۱۱). قدرت و استحکام ژل ژلاتین برای پوست گونه‌های مختلف ماهی شامل ۹۸ گرم در آلاسکا پولاک (Zhou و همکاران، ۲۰۰۶)، ۱۹۷ گرم برای ماهی (Mohtar و همکاران، ۲۰۱۰)، ۳۴۸/۹ گرم برای تیلایپا قرمز (Jamilah و همکاران، ۲۰۱۱)، ۲۷۶ گرم برای گربه‌ماهی کانالی (Liu و همکاران، ۲۰۰۸) و ۱۶۸ گرم برای ماهی خاکستری تریگر (Jellouli و همکاران، ۲۰۱۱) بوده است.

ترکیب اسید آمینه: ترکیب اسید آمینه از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس در جدول ۱ نشان داده شده است. گلیسین، آلانین، گلوتامین و پرولین از اسیدهای آمینه اصلی موجود در ژلاتین

استخراج شده بودند. گلیسین اسید آمینه اصلی در ژلاتین استخراج شده ۳۴۹/۲۱-۳۵۰/۲۹ (مقدار در هزار) بود. گلیسین به حدود یک سوم از کل باقی‌مانده در کلاژن رخ می‌دهد (Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۱۱). گلیسین، آلانین، پرولین و هیدروکسی پرولین از اسیدهای آمینه‌های عمده در ژلاتین پوست کوسه بودند (Kittiphattanabawon و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج نشان داد که زمان استخراج ترکیب اسید آمینه از ژلاتین برای بسیاری از اسیدهای آمینه را تغییر نداد. ترکیب اسید آمینه از ژلاتین یک توالی تکرار از سه عامل Gly-X-Y، که در آن X اغلب پرولین و Y اغلب هیدروکسی پرولین است (Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۱۱). محتوای اسیدهای ایمینو نقش در ثبات ساختار ماریچ سه‌گانه در ژلاتین دارند (Haug و Draget، ۲۰۰۹). محتوای اسیدهای ایمینو از ژلاتین استخراج شده برای ساعت‌های ۱، ۳ و ۶ ساعت به ترتیب شامل ۱۴۶/۸۷، ۱۴۲/۸۸ و ۱۴۸/۶۷ (مقدار در هزار) بود. آلانین که محتوای بالای در ژلاتین استخراج شده بود نقش مهمی در خاصیت ویسکوالاستیک از ژلاتین ایفا می‌کند (Gomez-Guillen و همکاران، ۲۰۱۱). آسپاراژین و گلوتامین نیز در سطح بالا در تمام ژلاتین‌های استخراج شده‌ها با تفاوت غیرمعنی‌دار میان ژلاتین‌ها یافت شد. تیروزین و هیستیدین در مقادیر پایین در ژلاتین یافت شد. محتوای پایین سیستئین (۰/۲۸-۰/۴۲ مقدار در هزار) در ژلاتین‌ها می‌تواند به دلیل حضور مقدار کمی از پروتئین‌های استروما مانند الاستین (Giménez و همکاران، ۲۰۰۵) باشد.

رنگ: رنگ ژل ژلاتین بیان شده به صورت سفید (L^*)، قرمز (a^*) و زرد (b^*) در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان L^* در ژلاتین استخراج شده ۲۹/۱۴-۳۰/۴۰ بودند. میزان L^* در ژلاتین استخراج شده پوست ماهی کاراس مشابه به میزان آن در ژل

همه ژلاتین‌ها بود (جدول ۳) که می‌تواند از دست دادن ماریپیچ سه‌گانه کلاژن را نشان دهد. از سوی دیگر، تفاوت بین باندهای آمید I و II، Δv (VI - VII) اطلاعات مربوط به حضور یک فرایند تغییر شکل در مقادیر بالاتر در ۱۰۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد که با وجود افزایش هیدرولیز بوده است (Albu و همکاران، ۲۰۰۹). مقدار Δv (VI - VII) برای ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس شامل ۱۰۴/۴، ۱۰۴/۵ و ۱۱۴ به ترتیب برای ژلاتین‌های استخراج شده در زمان‌های ۱، ۳ و ۶ ساعت بود (جدول ۳). نتایج این پژوهش نشان داد تغییر شکل بالاتر در زنجیره‌های α - در ژلاتین استخراج شده به مدت ۶ ساعت حاصل شد. بنابراین، زمان استخراج بر ساختارهای ثانویه ژلاتین پوست ماهی کاراس تأثیر دارد.

در نتیجه‌گیری نهایی در این بررسی، ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس دارای قدرت ژل بین ۱۰۰-۱۱۰ گرم بود. ژلاتین به‌دست آمده می‌تواند به‌عنوان ژلاتین متوسط در نظر گرفته شده است. زمان استخراج توانست میزان رنگ، محتوای پرولین و ساختار ثانویه از ژلاتین را تحت‌تأثیر خود قرار دهد. ماهی کاراس که به‌طور گسترده‌ای در استخرهای خاکی با هیچ ارزش بازاری قرار دارد، می‌تواند به‌عنوان یک منبع ارزشمند برای تولید ژلاتین زمانی که شرایط مطلوب برای تولید ژلاتین اجرا می‌شوند باشد.

ژلاتین ماهی اسنپر چشم درشت، اما پایین‌تر از میزان آن در ژلاتین گاوی بود (Benjakul و همکاران، ۲۰۰۹). تولید ژلاتین معمولاً یک روند خوبی برای روشن شدن ناخالصی‌ها از محلول ژلاتین، مانند روشن شدن در فرآیندهای شیمیایی فیلتراسیون می‌باشد (Jellouli و همکاران، ۲۰۱۱). ژلاتین‌های استخراج شده برای زمان‌های ۱ و ۶ ساعت دارای سفیدی بیش‌تر و زردی پایین‌تر بودند ($P < 0/05$). میزان قرمزی ژل ژلاتین با افزایش زمان استخراج کاهش یافته است ($P < 0/05$). میزان رنگ سفیدی، قرمزی و زردی به‌دست آمده برای ژلاتین ماهی تریگر خاکستری به ترتیب شامل ۳۶/۸۸-۱/۵۶ و ۲/۳۷ بود (Jellouli و همکاران، ۲۰۱۱). رنگ ژلاتین تحت‌تأثیر گونه ماهی و مواد خام در تشکیل پوست یا استخوان قرار می‌گیرد (Koli و همکاران، ۲۰۱۱).

طیف FTIR: طیف FTIR از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس در شکل ۲ نشان داده شده است. امیدهای A، امید I، امید II و باند امید III در باند ژلاتین ماهی اسنپر چشم درشت به ترتیب شامل $1237/32$ و $1543/59$ ، $1633/22$ ، $3288/97$ cm^{-1} سانتی‌متر بود (Benjakul و همکاران، ۲۰۰۹). نسبت AIII/A1450 یک اندازه‌گیری از حفظ یکپارچگی ساختار ماریپیچ سه‌گانه کلاژن است. ارزش این نسبت می‌تواند بالاتر یا مساوی با ۱ باشد و ارزش کم‌تر از ۱ نشان‌دهنده عوض شدن ماهیت اولیه آنست (Albu و همکاران، ۲۰۰۹). نسبت AIII/A1450 از ژلاتین استخراج شده از پوست ماهی کاراس کم‌تر از ۱ برای

منابع

- باقری، ط.، عبدلی، ا.، و هدایتی، ع.، ۱۳۸۹. بررسی سن و رشد ماهی کاراس (*Carassius auratus*) در مصب رودخانه گرگان. مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۳ (۶): ۸۴۳-۸۴۹.
- عابدلی، ا.، ۱۳۸۴. فصلنامه سیری در شیلات، نشریه دانشجویی دانشگاه صنعتی اصفهان. <http://fishexpert.persianblog.ir/>

- Ahmad, M., and Benjakul, S., 2011. Characteristics of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) as influenced by acid pretreatment and extraction time. *Food Hydrocoll.* 25, 381-388.
- Albu, M.G., Ghica, M.V., Giurginca, M., Trandafir, V., Popa, L., and Cotrut, C., 2009. Spectral characteristics and antioxidant properties of tannic acid immobilized on collagen drug-delivery systems. *Rev. Chim.* 60, 666-672.
- Benjakul, S., Oungbho, K., Visessanguan, W., Thiansilakul, Y., and Roytrakul, S., 2009: Characteristics of gelatin from the skins of bigeye snapper, *Priacanthus tayenus* and *Priacanthus macracanthus*. *Food Chem.* 116, 445-451.
- Binsi, P.K., Shamasundar, B.A., Dileep, A.O., Badii, F., and Howell, N.K., 2009. Rheological and functional properties of gelatin from the skin of bigeye snapper (*Priacanthus hamrur*) fish: Influence of gelatin on the gel-forming ability of fish mince. *Food Hydrocoll.* 23, 132-145.
- Boran, G., and Regenstein, J.M., 2010. Fish gelatin. *Adv. Food Nutr. Res.* 60, 119-143.
- Eysturskarð, J., Haug, I.J., Ulset, A.S., Joensen, H., and Draget, K.I., 2010. Mechanical properties of mammalian and fish gelatins as a function of the contents of α -chain, β -chain, low and high molecular weight fractions. *Food Biophys.* 5, 9-16.
- Ghica, M.V., Albu, M.G., Popa, L., Leca, M., Brazdaru, L., Cotrut, C., and Trandafir, V., 2009. Drug delivery systems based on collagen-tannic acid matrices. *Rev. Roum. Chim.* 54, 1103-1110.
- Giménez, B., Gómez-Guillén, M.C., and Montero, P., 2005. Storage of dried fish skins on quality characteristics of extracted gelatin. *Food Hydrocoll.* 19, 958-963.
- Gomez-Guillen, M.C., Turnay, J., Fernández-Diaz, M.D., Ulmo, N., Lizarbe, M.A., and Montero, P., 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocoll.* 16, 25-34.
- Gomez-Guillen, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E., and Montero, M.P., 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocoll.* 25, 1813-1827.
- Hao, S., Li, L., Yang, X., Cen, J., Shi, H., Bo, Q., and He, J., 2009. The characteristics of gelatin extracted from sturgeon (*Acipenser baeri*) skin using various pretreatments. *Food Chem.* 115, 124-128.
- Haug, I.J., and Draget, K.I., 2009. Gelatin. In G.O., Phillips, & P.A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (pp. 142-163). Woodhead Publishing Limited.
- Jamilah, B., Tan, K.W., Hartina, U., and Azizah, A., 2011. Gelatins from three cultured freshwater fish skins obtained by liming process. *Food Hydrocoll.* 25, 1256-1260.
- Jellouli, K., Balti, R., Bougatef, A., Hmidet, N., Barkia, A., and Nasri, M., 2011. Chemical composition and characteristics of skin gelatin from grey triggerfish (*Balistes capricus*). *LWT-Food Sci. Technol.* 44, 1965-1970.
- Karim, A.A., and Bhat, R., 2009. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll.* 23, 563-576.
- Kittiphattanabawon, P., Benjakul, B., Visessanguan, W., and Shahidi, F., 2010. Comparative study on characteristics of gelatin from the skins of brownbanded bamboo shark and blacktip shark as affected by extraction conditions. *Food Hydrocoll.* 24, 164-171.
- Koli, J.M., Basu, S., Nayak, B.B., Patange, S.B., Pagarkar, A.U., and Gudipati, V., 2012. Functional characteristics of gelatin extracted from skin and bone of tiger-toothed croaker (*Otolithes ruber*) and pink perch (*Nemipterus japonicus*). *Food Bioprod. Process.* 90, 555-562.
- Liu, H.Y., Li, D., and Guo, S.D., 2008. Extraction and properties of gelatin from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin. *LWT-Food Sci. Technol.* 41, 414-419.
- 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 Chem.* 122, 307-313.
- Wu, D., Xu, G., Sun, Y., Zhang, H., Mao, H., and Feng, Y., 2007. Interaction between proteins and cationic Gemini surfactant. *Biomacromol.* 8, 708-712.
- Zhou, P., Mulvaney, S.J., and Regenstein, J.M., 2006. Properties of Alaska Pollock skin gelatin: a comparison with tilapia and pork skin gelatins. *J. Food Sci.* 71, 313-321.