مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۰ شماره ۴، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۴۳۷ تا ۴۵۴

تاثیر میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر کیفیت ماندگاری و بافتی ژل ماهی یال اسبی سربزرگ (*Trichiurus lepturus*; Linnaeus, 1758) طی دوره‌ی نگهداری در یخچال

غلامرضا حیدری[۱]، سید ولی حسینی[۱*]، امیررضا عابد علم‌دوست[۱]، مهرداد فرهنگی[۱]
۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج ایران.

چکـــیده

در این پژوهش تاثیر مقادیر مختلف میکروپودر استخوان قزل‌آلای رنگین کمان (غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) بر کیفیت ماندگاری (میزان تشکیل ترکیبات ثانویه اکسیداسیون چربی، مجموع ترکیبات ازتهٔ فرار، ظرفیت نگهداری آب، پارامترهای رنگی) و بافتی (شاخص‌های سختی، جویدن، بهم‌پیوستگی و میزان تاشدگی) ژل سوریمی تهیه شده از ماهی یال اسبی سربزرگ طی ۱۵ روز نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. افزودن میکرو پودر استخوان به ژل‌های سوریمی تهیه شده از ماهیان مورد آزمایش سبب بهبود در برخی خواص ژل‌های آن گردید. نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر میکروپودر استخوان در ژل‌های سوریمی، روند افزایشی شاخص تیوباربیتوریک اسید (بعنوان مهمترین شاخص بیانگر فساد پیشرفته ناشی از اکسیداسیون چربی) کاهش معنی‌داری می‌یابد که بیانگر اثر بازدارندگی میکروپودر در افزایش گسترش فساد چربی در سوریمی تهیه شده می‌باشد. از طرفی دیگر گرچه میکروپودر استخوان ماهی قزل آلا تاثیر معنی‌داری در میزان تجمع ترکیبات ازته فرار نداشت، اما بر حفظ آب در ژل‌های تهیه شدهی تاثیر معنی‌داری داشته است. از لحاظ پارامترهای رنگی، نتایج نشان داد که ژل‌های کامابوکوی یال اسبی حاوی میکروپودر استخوان، دارای رنگ تیره‌تری نسبت به شاهد بودند. در تستِ مربوط به آزمون تاشدگی (Folding Test)، ژل یال اسبیِ حاوی میکروپودر استخوان با غلظت ۲ درصد، بیشترین نمره را کسب کرد. در ویژگی‌های پروفایل بافت (شاخص‌های سختی، جویدن و بهم‌پیوستگی) مشخص گردید که با افزایش مقادیر میکروپودر استخوان، خصوصیات بافتی در سوریمی تهیه شده، به طور معنی‌داری بهبود یافته است ($p<0.05$). یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که میکروپودر استخوان بدلیل تاثیر مثبت آن در عمده شاخص‌های مورد بررسی، می‌تواند به منظور بهبود خواص بافتی ژل سوریمی ماهی یال اسبی استفاده شود.

کـــلید واژه‌ها: ژل سوریمی، ماهی یال اسبی، پودر استخوان، کیفیت ماهی، نگهداری در یخچال

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰
تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

***نویسنده مسول:**
hosseinisv@ut.ac.ir

مقدمه

در جهان امروز که جمعیت انسان با رشد بی‌سابقه‌ای نسبت به قرنهای گذشته در حال افزایش است، نیاز به مواد خوراکی و تغذیه‌ی سالم بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌است. لذا انسان در زمان حاضر به دنبال منابع غذایی است که هم بتواند نیازهای تغذیه‌ای را برطرف کند و از طرفی دیگر قیمت مناسبی نیز داشته باشند. پیشتر اثبات شده است که آبزیان خوراکی از منابع غذایی بسیار مفید برای سلامت انسانها هستند [۱]. با توجه به اینکه کشور عزیزمان ایران، دارای منابع آبی داخلی و آزاد بسیار مهمی است، لذا فعالیت‌های صیادی و آبزی‌پروری در ایران می‌تواند بعنوان

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

یکی از منابع قابل اتکا برای تامین بخشی از نیاز پروتئن جامعه، افزایش درآمد و نیز کاهش میزان گرسنگی در کشور بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. در این میان یکی از ماهیانی که اخیرا مورد توجه قرار گرفته است ماهی یال اسبی سربزرگ (*Trichiurus lepturus*; Linnaeus, 1758) است که از ذخایر قابل توجهی نیز در خلیج فارس و دریای عمان برخوردار بوده و بدلیل ارزش اقتصادی نسبتا مناسب آن، صید آن نیز در سالهای اخیر افزایش یافته است[۲]. هرچند بدنبال افزایش صید این ماهی، میزان مصرف آن نیز افزایش یافته است، اما راه حل کلی برای اینکه بتوان افراد بیشتری را به مصرف آبزیان ترغیب نمود، تنوع بخشی به تولید محصولات شیلاتی می‌باشد که به نظر می‌رسد این ماهی پتانسیل خوبی برای تولید سوریمی بعنوان ماده‌ای پایه، برای تولید انواع محصولات مبتنی بر آن دارا باشد.

سوریمی واژه‌ی ژاپنی است که به گوشت استخوان‌گیری شده و شسته‌شده ماهی اطلاق می‌گردد که بعنوان خمیر اولیه برای تهیه انواع محصولات شیلاتی می‌باشد[۳]. اصولاً فرآیند شستشو، منجر به حذف بخش زیادی از ترکیبات محلول در آب از گوشت ماهی و تغلیظ پروتئین‌های میوفیبریل شده و به این ترتیب موجب بهبود خواص حسی و ویژگی‌های عملکردی از جمله تشکیل ژل و نیز افزایش مدت ماندگاری آن می‌شود [۴،۳] به منظور تشکیل ژل می‌بایست پروتئین‌های میوفیبریل، به خصوص پروتئین‌های اکتین و میوزین، با کمک نمک اضافه شده به آن به صورت محلول در آید تا تشکیل یک خمیر شکل‌پذیر را دهد که لازمه ساخت فراورده‌های بعدی می‌باشد [۳]. در شکل تجاری تولید ژل سوریمی، قبل از پخت نهایی که در دمای ۹۰-۸۰ درجه صورت می‌گیرد، خمیر سوریمی را به صورت جزئی در دمای ۵۰-۴۰ درجه حرارت می‌دهند تا مرحله‌ی قوام یابی (setting) را طی کند [۵]. هرچند کیفیت بافت نهایی ژل‌های سوریمی تهیه شده، تابعی از شرایط گذراندن مرحله‌ی قوام‌یابی (دما و مدت زمان مناسب قرارگیری در این مرحله که خود به گونه‌ی ماهی و درجه حرارت محیط زیست آن وابسته است)، مربوط می‌گردد اما خصوصیاتی مانند ترکیبات بیوشیمیایی تشکیل دهندهٔ عضلهٔ ماهی بویژه ترکیب و ایزوفرم پروتئین‌های موجود در آن، در کیفیت و ویژگی‌های بافتی ژل حاصل از آن نقش خاصی دارد [۶]. این نکات بویژه در زمانیکه گونهٔ جدیدی بعنوان منبعی برای تولید سوریمی در نظر گرفته می‌شود، بیشتر اهمیت پیدا می‌کند. چراکه گونه‌های جدید، در واقع گونه‌های ممتاز و شاخص برای تولید سوریمی نبوده و از نظر خصوصیات تولید سوریمی، معمولا منجر به تولید سوریمی با کیفیتی به مراتب پایین‌تر نسبت به ماهیان درجه یک (مانند آلاسکا پولاک) می‌شوند. از همین‌رو است که به موازات معرفی گونه‌های جدید برای تولد سوریمی، تحقیقات گسترده‌ای نیز در جهت تقویت توان چنین سوریمی‌هایی برای ایجاد شبکه ژلی و ویژگیهای عملکردی Functional properties، بعنوان مهمترین خصوصیت یک سوریمی مطلوب انجام شده است که یکی از آنها افزودن موادی با منشاء طبیعی نظیر پودر استخوان ماهی در هنگام تهیه آن می‌باشد.

امروزه به استفاده از پودر استخوان ماهی، بدلیل داشتن برخی از عناصر و ترکیبات، در صنایع تبدیلی شیلاتی توجه ویژه‌ی شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که هر چه میزان اندازهٔ ذرات پودر استخوان بیشتر باشد، آزادسازی ترکیبات و عناصر موجود در آن از جمله یون کلسیم بیشتر بوده و لذا نقش تغذیه‌ای و تاثیر آن در محصول نهایی بیشتر خواهد بود [۷]. بعنوان نمونه، پژوهش Yin و Park که به بررسی تاثیر پودر استخوان ماهی بر ویژگی‌های ژل سوریمی تهیه شده از ماهی آلاسکا پولاک پرداختند، نشان داد که خواص ژل سوریمی آلاسکا پولاک تحت تأثیر افزودن پودر استخوان ماهی به طور معنی‌داری افزایش یافته است و فعالیت ترانس گلوتامیناز موجود در محیط (Transglutaminases; TGase) به تناسب افزایش سهم پودر استخوان، افزایش یافت. در واقع با افزایش غلظت پودر استخوان در محیط، تشکیل پیوند کووالانسی لیزین توسط TGase و یون‌های کلسیم (موجود در پودر استخوان ماهی مورد استفاده) افزایش یافته است [۸].

با عنایت به مجموعه مطالب ذکر شده و نظر به اینکه در حال حاضر ماهی یال اسبی، مصرف نسبتاً پایینی در مقایسه با سایر ماهیان اقتصادی خلیج فارس و دریای عمان دارد، به نظر می‌رسد از پتانسل خوبی جهت تولید سوریمی برخوردار باشد. اما با توجه به آنکه این ماهی یک ماهی ایده‌آل برای تولید سوریمی نیست و ژل حاصل از آن نیز ضعیف است، لذا برای تقویت آن باید از افزودنی‌هایی استفاده شود. تحقیق حاضر بنا دارد قابلیت میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را بعنوان راهی برای تقویت خواصی بافتیِ سوریمی حاصل از ماهی یال اسبی مورد بررسی قرار دهد.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

مواد و روش‌ها

تهیه سوریمی خام

در این تحقیق از ماهی یال اسبی موجود در بازار ماهی فروشان بندرعباس استفاده شد. پس از انتقال ماهیان یال اسبی به آزمایشگاه، مراحل شستشو، سرزنی، تخلیه شکمی و حذف پوست و جداسازی گوشت از استخوان ستون فقرات انجام گرفت. به هنگام جداسازی گوشت ماهی، تا حد امکان سعی بر آن شد که استخوان‌های ریز و تیغ‌های ظریف نیز از گوشت حذف شود. سپس فیله‌های تهیه شده به وسیله دستگاه چرخ گوشت خانگی، کاملاً به صورت یکدست چرخ شد. گوشت چرخ شده با آب سرد (دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد) با نسبت یک به سه (گوشت به آب) به مدت پنج دقیقه به خوبی مخلوط و بهم زده شد و آنگاه به مدت ۵ دقیقه به مخلوط استراحت داده شد (این عمل دو دفعه تکرار شد). در مرحله انتهایی شستشو، نمک سدیم کلراید به مقدار ۲/۵ درصد به آب اضافه و شستشو با آن صورت گرفت و بعد از پنج دقیقه با پارچه تنظیف آبگیری و گوشت جدا شد. سوریمی تهیه شده، تا زمان تیماربندی، در یخچال نگهداری شد [۵].

تهیه میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

برای این منظور از استخوان ستون فقرات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تازه استفاده گردید. استخوان‌ها در آب با دمای ۹۰ درجه سلسیوس برای مدت۳۰ دقیقه حرارت داده و سپس بخوبی با آب سرد شستشو داده شد. خرده‌های گوشت چسبیده به استخوان بصورت دستی و همرا با یک برس از آن جدا شد. برای خشک کردن و گرفتن رطوبت اضافی از استخوان، استخوانها در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. آنگاه استخوان در میکسر بصورت پودر در آمد. پس از آن، پودر استخوان تهیه شده به وسیله‌ی الک مش ۶۰ (۲۵۰ میکرومتر)، فیلتر شد تا اندازه ذرات به سایز مطلوب برسد برای کاهش ابعاد ذرات با آب دیونیزه شده مخلوط شد و سپس به وسیله متد آسیاب با بستر مرطوب دوباره پودر تهیه شده به اندازه کوچک‌تری کاهش یافت. پس از آن میکرو پودر استخوان تهیه شده برای خشک شدن بار دیگر درون آون با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و پس از خشک شدن درون پلاستیک زیپ‌دار بسته‌بندی شد و تا زمان استفاده درون یخچال نگهداری شد [۷].

آماده‌سازی ژل کامابوکوی سوریمی ماهی یال اسبی

برای تهیه ژل کامابوکو از سوریمی، ابتدا رطوبت سوریمی در سطح ۸۰ درصد تنظیم و آنگاه به آن ۲/۵ درصد نمک طعام افزوده شد. سپس سوریمی با غلظت‌های ۰/۵، ۱و ۲ درصد از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلا تهیه شد. تیمار بدون افزودن میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلا بعنوان تیمار شاهد (کنترل) در نظر گرفته شد. آنگاه خمیر حاصل مربوط به هر تیمار به داخل پوشش‌های پلی‌اتیلنی تولید سوسیس به قطر ۲/۵ سانتی‌متر منتقل شد. بعد از این مرحله، نمونه‌های هر تیمار در حمامی آبی ۴۰ درجه به مدت نیم ساعت قرار داده شد و پس از آن و به منظور تشکیل ژل کامابوکو، به حمام آبی با دمای ۹۰ درجه سانتیگراد (به مدت ۲۵ دقیقه) منتقل شد. پس از این عمل، نمونه‌ها بلافاصله در ظرف حاوری آب و یخ (دمای تقریبی ۳ درجه سانتیگراد) قرار داده شد تا کاملاً سرد شود. نمونه‌های سرد شده، بلافاصله به یخچال (چهار درجه سانتی گراد) منتقل و به مدت ۱۵ روز برای ارزیابی تاثیر میکروپودر مورد استفاده بر خصوصیات کیفی ژل سوریمی تهیه شده نگهداری شد.

شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی کیفیت ژل کامابوکوی حاصل از سوریمی ماهی یال اسبی سر بزرگ

اندازه‌گیری میزان تیوباریتوریک اسید (thiobarbituric acid; TBA): جهت انجام این آزمایش ابتدا اسیدپرکلریدریک با غلظت ۴ درصد حاوی بوتیلن هیدروکسی تولوئن (butylated hydroxytoluene; BHT) به منظور جلوگیری از اکسیداسیون در طول آزمایش با غلظت

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

۰/۰۴ درصد تهیه شد. سپس ۲ گرم نمونه با ۸ میلی لیتر از اسید پرکلریدریک ۴ درصد مخلوط و بخوبی هموژن شد. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه شیک شدند. پس از این مرحله، مخلوط در سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس با نسبت یک به یک از فاز رویی نمونه مورد آزمایش با محلول سه صدم مولار تیوباربیتوریک اسید مخلوط گردید. آنگاه نمونه در حمام آبی ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. سپس تا رسیدن به دمای محیط و خنک شدن، در محیط ازمایشگاه نگاهداشته شد. آنگاه مقدار جذب آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. مقدار مالون آلدئید در نمونه‌ها با وسیله‌ی معادله‌ی زیر محاسبه شد [۹].

۵/۱ × مقدار جذب خوانده شده = مقدار میلی‌گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم نمونه

تعیین ظرفیت نگهداری آب (water-holding capacity; WHC): ابتدا چند عدد از کاغذ صافی کاملا خشک توزین کرده و آنگاه حدود ۱ تا ۲ گرم از نمونه بر روی آن بصورت یک لایه نازک پخش گردید و سپس مجدداً توزین گردید (وزن اولیه نمونه). بعد از این، نمونه به مدت ۵ دقیقه توسط یک وزنه ۲ کیلویی تحت فشار ثابت قرار گرفت. پس از این مدت، نمونه‌های روی کاغذ صافی توسط تیغه اسکالپل با دقت از آن جدا و مجدداً توزین شد (وزن نمونه بعد از فشار). آنگاه با توجه به میزان آب خارج شده از بافت نمونه تحت فشار، آب قابل تراوش (extractable water; EW) و ظرفیت نگهداری آب (WHC) بر حسب درصد (٪) از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شوند: [۱۰].

$$EW = \left(\frac{\text{وزن نمونه بعد از فشار} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}}\right) \times ۱۰۰$$

$$EW = \left(\frac{\text{وزن نمونه بعد از فشار} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}}\right) \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری مجموع ترکیبات نیتروژنی فرار(total volatile basic nitrogen; TVB-N): جهت اندازه‌گیری TVB-N از متد Conway استفاده شد [۱۱]. برای این منظور ۲ گرم نمونه با هشت میلی‌لیتر محلول تری‌کلرو استیک اسید ۴ درصد مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۸۰ در دقیقه شیک و هموژن گردید. سپس محلول هموژن بدست آمده با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از آن مقدار دو میلی‌لیتر از محلول فوقانی جدا و به همراه دو میلی‌لیتر از محلول کربنات پتاسیم فوق اشباع در لایه خارجی و دو میلی لیتر معرف محلول اسید بوریک یک درصد به همراه (متیل رد و بروموکوزول) در لایه داخلی ظرف مخصوص TVB-N ریخته شد و پس از بستن درب، ظروف حاوی نمونه به مدت یک ساعت در آون با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و بر روی شیکر قرار گرفت. پس از طی زمان مذکور، محلول موجود در لایه‌ی داخلی ظرف با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید. عمل تیتراسیون تا زمان رویت تغییر رنگ محلول مذکور (به سمت قرمز پوست پیازی) ادامه یافت. سپس مقدار ترکیبات نیتروژنی فرار نمونه با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$\text{TVB-N (mg/100 g sample)} = \{14(N)(A-B)\ (V)\ (100)\}/M$$

در فرمول بالا، N نرمالیته اسید کلریدریک مصرفی جهت تیتراسیون نمونه ها، B حجم اسید مصرفی جهت تیتراسیون نمونه‌ها نمونه شاهد، V حجم فاز مایع نمونه پس از سانتریفیوژ و M وزن اولیه نمونه بر حسب گرم می‌باشند.

میزان تاشدگی و شکست ژل(Folding Test): این آزمون یک شاخص نمره‌دهی بر اساس سیستم هدونیک است که در آن از نمرات یک تا پنج به میزان شکست قطعات ژل سوریمی، نمره‌ای (معیار) اختصاص داده می‌شود. در این آزمون ژل سوریمی به قطر سه میلی متر برش داده شد و با تا کردن آن، طبق جدول شماره ۱، کیفیت ژل از این لحاظ بررسی شد [۱۲].

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

جدول ۱. ارزشیابی میزان شکست ژل در هنگام تاشدگی بر اساس مقیاس هدونیک

نمره	توصیف ویژگی ها
۱	شکستن با فشار انگشتان
۲	ترک خوردن پس از نصف شدن
۳	ترک خوردگی به تدریج هنگامی که در نیمه چینش شده
۴	بدون ترک خوردگی پس از یکبار تاشدن
۵	ترک خوردگی پس از دوبار تاخوردگی

آنالیز بافت (texture profile analysis; TPA): برای ارزیابی این شاخص، ابتدا به مدت دو ساعت ژل سوریمی در دمای اتاق قرار داده شد تا به تعادل دمایی با محیط آزمایشگاه برسد. سپس نمونه‌ها به ابعاد ۲/۵ سانتی متر برش داده شدند. آنگاه با استفاده از دستگاه سنجش بافت Brookfield (ساخت آمریکا)، با پروب TA4/1000و سرعت پروب ۲mm/s با فرونشست ۳۰ درصد و لود سل ۱۰ کیلویی، تاثیر مقادیر مختلف پودر استخوان ماهی بر ویژگی‌های بافت ژل نظیر سختی Hardness بهم پیوستگی Cohesiveness و قابلیت جویدن Gumminess مورد بررسی قرار گرفت [۷].

بررسی تغییرات رنگی در ژل: برای بررسی رنگ از کالریمتر پرتابل و پارامترهای رنگی نظیر L (روشنایی)، a^* (قرمز–سبز) و b^* (زرد–آبی) استفاده گردید. در این تحقیق از رابطه‌ی زیر برای ارزیابی میزان سفیدی Lightness نمونه‌ها محاسبه شد [۱۳].

$$W= L- 3b^*$$

در این معادله W پارامتر سفیدی (whiteness) ژل سوریمی، L میزان روشنایی ژل و b^* میزان تمایل رنگ به سمت محور زرد– آبی می باشد.

آنالیز آماری

کلیه داده‌ها توسط آزمون کولموگروف– اسمیرنوف نرمال سنجی شد. بعد از تحقق دو شرط اصلی آزمون‌های آماری پارامتریک تجزیه واریانس همگن بودن واریانس و نرمال بودن داده‌ها [۱۴]. از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقایسه بین تیمارها و بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها، در سطح اطمینان۹۵ درصد با کمک نرم افزار آماری تحت ویندوز SPSS نسخه ۲۶ استفاده گردید. تفاوت در مقدار میانگین های تیمارها و تکرارها با استفاده از آزمون دانکن چند دامنه‌ای انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ صورت گرفت.

نتایج

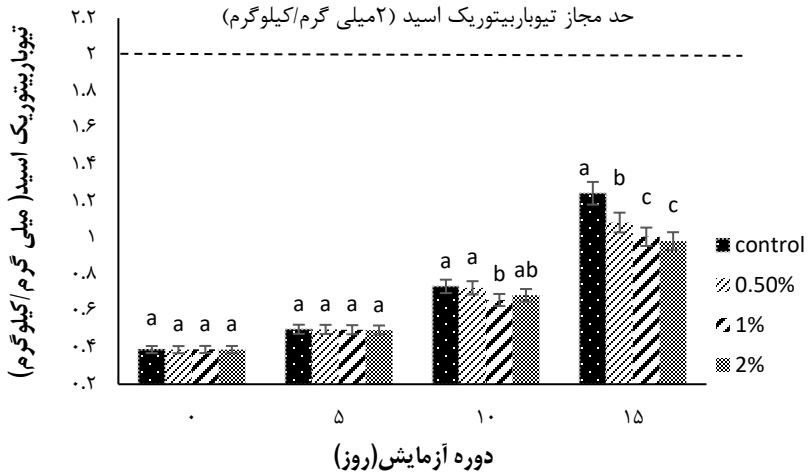
تیوربایتوریک اسید (TBA)

نمودار ۱، تغییرات میزان اکسیداسیون پیشرفته چربی (شاخص TBA) را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که با گذشت زمان، مقادیر TBA اندازه‌گیری شده در تمامی تیمارها افزایش یافته‌است اما مقادیر سنجش شده تا روز پنجم نگهداری، تفاوت معنی‌داری را بین نمونه‌های حاوی میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلا و شاهد نشان نداد. ولی با افزایش طول مدت نگهداری، مقادیر سنجش شده در نمونه‌هایی که میکروپودر

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

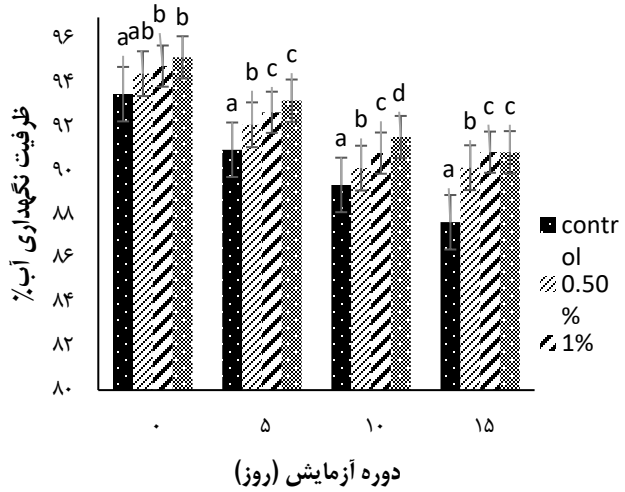
استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دریافت کردند، کمتر از نمونه شاهد بوده است. بطوریکه در انتهای دوره نگهداری مقادیر ۱/۲۴، ۱/۰۸، ۱/۰۱ و ۰/۹۸ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید به ترتیب برای تیمار شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد سنجش شد.



نمودار ۱. تغییرات شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA) در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (خط‌چین، حد مجاز این شاخص یعنی مقدار ۱/۵ میگرم مالدون‌دی‌آلدئید را نشان می‌دهد)

ظرفیت نگهداری آب (WHC)

با توجه به نمودار ۲ این شاخص در طول دوره‌ی نگهداری در یخچال در تمام تیمارها کاهش یافته‌است. از ابتدای نگهداری تا روز پانزدهم تمام تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند و در انتهای دوره آزمایش تیمارهای ۱ و ۲ درصد به طور مشترک بهترین ظرفیت نگهداری آب را با مقدار ۹۰/۸۵ درصد نشان دادند.



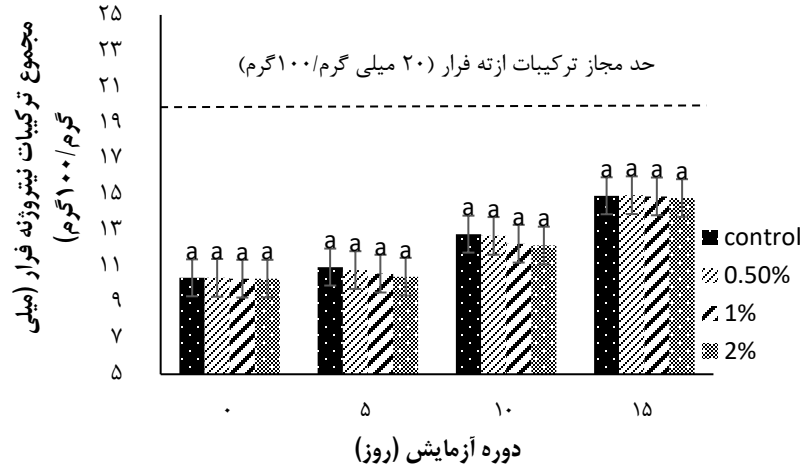
[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

نمودار ۲. تغییرات شاخص ظرفیت نگهداری آب (WHC) در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان.

ترکیبات نیتروژنه فرار (TVB-N)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر TVB-N در تیمارهای مختلف ژل ماهی یال اسبی در طی ۱۵ روز نگهداری در یخچال در نمودار ۳ ارائه شده است. براساس نتایج بدست آمده مشاهده گردید که گذشت زمان موجب افزایش تدریجی و معنی‌دار این شاخص در تمامی تیمارها شد. به طوری که تیمارها در انتهای آزمایش تقریبا همگی مقدار ۱۴/۹ میلی گرم/ صد گرم بازهای فرار را داشتند. اختلاف معنی‌داری که در اثر تاثیر مثبت میکروپودر استخوان به ژل‌های سوریمی باشد در هیچ یک از غلظت‌ها وجود نداشت و در تمام روزهای آزمایش، تیمارها مقدار یکسان و مشابه را نسبت به شاهد نشان می‌دادند.



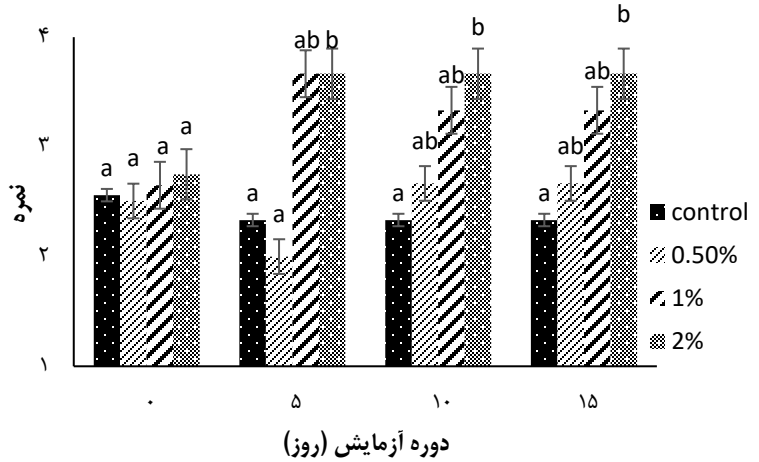
نمودار ۳. تغییرات ترکیبات نیتروژنه فرار (TVB-N) در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

آزمون تاشدگی(Folding test)

یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در روز اول نگهداری، تمام تیمارها نمره‌ی یکسانی از نظر آزمون تاشدگی داشتند ولی با افزایش طول دوره‌ی نگهداری، تیمارهای حاوی میکروپودر استخوان امتیاز بالاتری را نسبت به تیمار شاهد کسب کردند (نمودار ۴).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

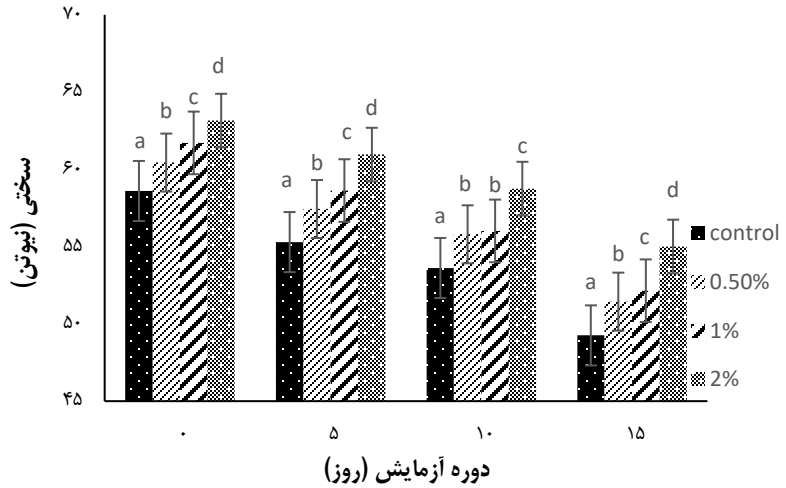
[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]



نمودار ۴. تغییرات فولدینگ تست (FT) در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان.

آنالیز بافت (TPA)

سختی (Hardness)**:** نتایج آنالیز بافت در خصوص میزان سختی در نمونه‌های مورد بررسی در نمودار ۵ ارائه شده‌است. میزان این شاخص در طول دوره‌ی نگهداری در یخچال در تمام تیمارها کاهش داشته‌است. در تمام روزهای آزمایش بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و تیمار ۲درصد بهترین حالت را در انتهای دوره‌ی نگهداری داشته‌است.

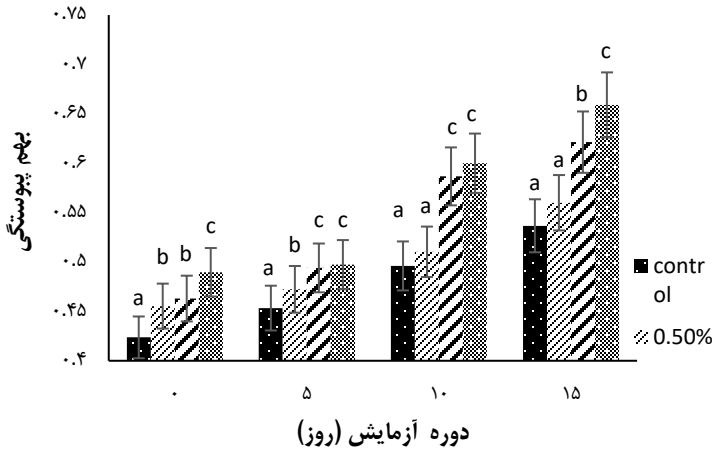


نمودار ۵. تغییرات سختی در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

شاخص بهم‌پیوستگی (Cohesiveness)**:** این شاخص یک شاخص نسبی بوده و واحد اندازه‌گیری ندارد؛ بلکه از روی نمودار نیرو- زمان و نسبت مساحت دومین فشردگی به اولین فشردگی محاسبه می‌شود. در نمودار ۶ نتایج این شاخص نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در تمام تیمارها در طول دوره‌ی آزمایش افزایش یافته است. در روزهای اول و پنجم بین همه تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت و در

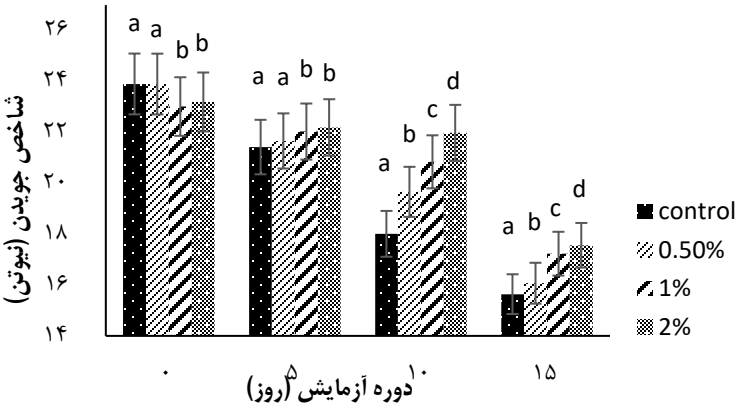
[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

روزهای دهم و پانزدهم نگهداری تیمارهای ۱ و ۲ درصد با شاهد اختلاف معنیدار داشتند و در انتهای دوره نیز تیمار ۲ درصد وضعیت مطلوب‌تری از سایر تیمارها داشت.



نمودار ۶. تغییرات بهم‌پیوستگی در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

شاخص جویدن (Chewiness index): نمودار ۷ تغییرات میزان شاخص جویدن را در نمونه‌های مورد بررسی طی ۱۵ روز نگاهداری در یخچال نشان می‌دهد. میزان این شاخص در طول دوره‌ی نگهداری در همه‌ی تیمارها کاهش معنی‌دار داشته است اما بیشترین میزان کاهش در انتهای دوره‌ی نگهداری ۱۵ روزه در تیمارهای شاهد و تیمار ۰/۵ درصد بوده است.



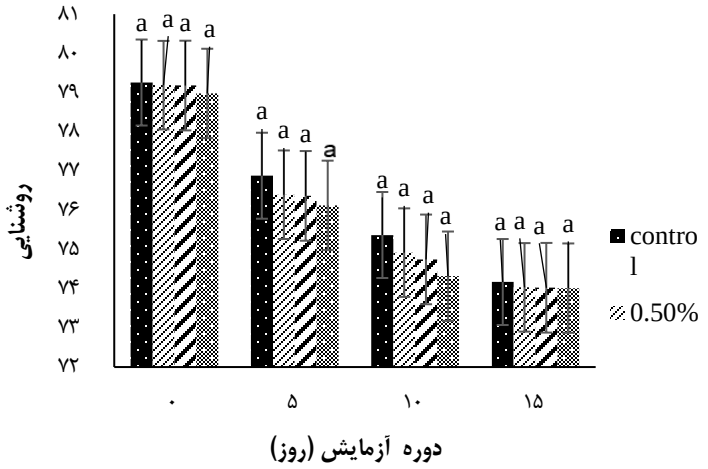
نمودار ۷. تغییرات شاخص جویدن در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

شاخص‌های رنگ

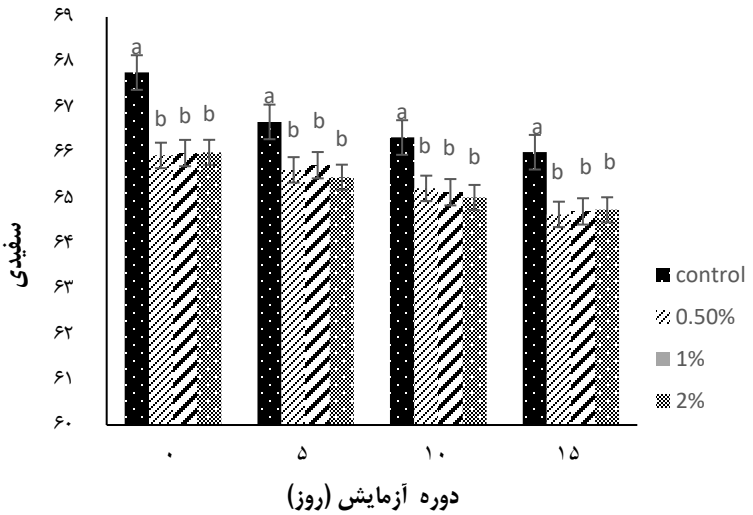
نتایج مرتبط با میزان روشنایی و میزان سفیدی ژل به ترتیب در نمودارهای ۸ و ۹ به نمایش در آمده است. همچنین نتایج مربوط به پارامترهای a* و b* در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. مقدار روشنایی (L) در تیمارها با شاهد تفاوتی نداشت و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد؛ هر

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

چند در روزهای مختلف میزان روشنایی در تمام تیمارها تا انتهای آزمایش کاهش یافته بود. میزان شاخص سفیدی در روزهای مختلف در شاهد بیشتر از تیمارهای حاوی میکروپودر استخوان بود و تفاوت معنی داری داشت؛ تیمارهای حاوی میکروپودر استخوان با یکدیگر اختلاف معنی داری در میزان سفیدی نداشتند و یکسان بودند.



نمودار۸. تغییرات شاخص روشنایی Lightness **در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال-اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان**



نمودار ۹. تغییرات شاخص سفیدی Whiteness در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال-اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان

جدول ۲. تغییرات میزان شاخص*a (قرمزی-سبزی) در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال‌اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

روز / تیمار	شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

روز اول	۲/۰۷ a	۲/۹۱ b	۲/۸۶ c	۲/۸۲ c
روز پنجم	۲/۸۹ a	۲/۹۵ a	۲/۹۱ a	۳/۱۳ a
روز دهم	۲/۳۷ a	۱/۹۳ a	۱/۷۰ a	۱/۴۵ a
روز پانزدهم	۲/۵۳ a	۲/۱۵ a	۱/۹۱ a	۱/۶۹ a

جدول۳. تغییرات میزان شاخص*b (آبی-زرد) در طی دوره نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ژل سوریمی یال-اسبی (*Trichiurus lepturus*) با نسبت‌های متفاوت از میکروپودر استخوان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

روز/ تیمار	شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد
روز اول	۲/۴۸ a	۳/۲۲ b	۳/۲۵ b	۳/۱۵ c
روز پنجم	۴/۱۳ a	۴/۵۷ a	۴/۹۲ a	۵/۲۹ a
روز دهم	۳/۵۹ a	۴/۱۳ a	۴/۳۷ a	۴/۶۰ a
روز پانزدهم	۲/۷۴ a	۳/۰۹ a	۳/۱۵ a	۳/۱۹ a

بحث

اسید تیوباربیتوریک TBA: این آزمایش روشی برای تعیین میزان پیشرفت اکسیداسیون چربی و تولید ترکیبات کربونیل در یک ماده‌ی غذایی به شمار می‌رود. بر این اساس میزان ۱-۲ میلی‌گرم مالون آلدئید در کیلوگرم نمونه به عنوان حداکثر مقدار TBA در نظر گرفته می‌شود [۱۵] براین است، نتایج یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که همه‌ی تیمارها در محدوده‌ی قابل قبول از لحاظ این شاخص قرار داشته‌اند. با توجه به اینکه در تیمارهای حاوی میکروپودر استخوان روند افزایش سرعت فساد اکسیداتیو کمتر بوده است و از آنجائیکه عمده‌ترین عنصر موجود در استخوان ماهی، یون کلسیم می‌باشد، می‌توان این احتمال را به وجود این یون و تاثیر آن بر بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نسبت داد. محققین نشان دادند که در واکنش‌های مرتبط با اکسیداسیون لیپیدها، یون کلسیم با اثر گذاری بر آنیون‌های سوپراکسید و تعامل با آنها، می‌تواند تا حدودی مانع گسترش فساد اکسیداتیو شود. به این صورت که برای واکنش با آنیون‌های سوپراکسید با یون آهن (Fe2+) رقابت کرده و در صورتی که غلظت یون کلسیم بالاتر از یون آهن باشد با آنها واکنش داده و سرعت و مقدار تولید ترکیبات حاصل از اکسیداسیون اولیه و بدنبال آن اکسیداسیون ثانویه را کاهش دهد [۱۶]. از طرفی دیگر در تهیه سوریمی، هنگام شستشو علاوه بر چربی‌ها که سوبسترای اصلی اکسیداسون هستند، مولکول‌های حاوی آهن نظیر گلوبین‌ها به مقدار زیادی حذف می‌شوند که این خود زمینه را برای عملکرد بیشتر یون کلسیم موجود در محیط فراهم می‌کند.

ظرفیت نگهداری آب: عضله‌ی ماهیان نسبت به گوشت دام و طیور از سهم رطوبت بالاتری برخوردار است (۸۰-۷۵ درصد) [۱۷]. از طرفی دیگر به هنگام تهیه سوریمی و شستشوهای مکرر آن، سهم آب در محصول افزایش می‌یابد. بنابراین سوریمی فراورده‌ای با رطوبت بالا(عمدتاً بیشتر از ۷۰ درصد) است [۱۸]. مقادیر بالاتر WHC در ژلهای حاوی میکروپودر اسخوان نشان از تاثیرِ این افزودنی بر روی شبکه ژل سوریمی داشته است که این تاثیر از طریق متراکم تر و فشرده تر کردن شبکه‌ی ژل از طریق افزایش فعالیت انزیم ترانس گلوتامیناز می‌باشد [۷]، بنابراین میکروپودر استخوان به دلیل آزادسازی یون کلسیم می‌تواند نوعی محرکِ فعالیت آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بوده و منجر به بهبود خواص عملکردی ژل از جمله در شاخص‌های مرتبط با آنالیز بافت گردد [۱۹]. این نتیجه با مطالعات Yinو همکاران در سال (2017) بر روی سوریمی کپور نقره‌ای و تاثیر میکروپودر استخوان بر ویژگی‌های کارکردی ژل مطابقت داشته است که در آن آزمایش نیز با کاهش سایز ذرات و افزایش غلظت آنها در شبکه‌ی ژل سوریمی و پس از تنظیم حرارتی ژل، میزان ظرفیت نگهداری آب در ماتریکس ژل افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد داشته است [۷].

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

ترکیبات نیتروژنی فرار (TVB-N): در منابع مختلف حد مجاز مقدار TVB-N اعداد و ارقام متفاوتی بیان شده است که در این پژوهش حد ۲۵-۲۰ میلی گرم نیتروژن در صد گرم گوشت ماهی بعنوان معیار مورد استفاده قرار گرفته است [۲۰]. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، میزان این شاخص به طور معنی داری متاثر از زمان بوده است. بدین ترتیب در طول دوره ی آزمایش میزان این شاخص در کلیه تیمارها افزایش یافته است. با وجود روند افزایشی این شاخص در طی ۱۵ روز دورهٔ نگهداری در یخچال، ولی مقدار آن در تمامی نمونه‌های مورد بررسی تا پایان آزمایش در حد مجاز مصرف خوراکی قرا داشت. بر اساس شواهد علمی، افزایش این شاخص تحت تاثیر مستقیم فعالیت باکتریایی و آنزیم‌های پروتئاز درونی قرار دارد [۲۱]. مطلوب بودن میزان TVB-N را می‌توان به دلیل وجود پوشش پلی‌اتیلنی (ممانعت از آلودگی ثانویه) و شرایط پایدار نگهداری در یخچال بیان کرد [۲۲]. دمای یخچال سبب کاهش فعالیت باکتری‌ها، که بعنوان اصلی‌ترین عامل در بروز تغییرات میزان این شاخص در طی دورهٔ نگهداری می‌باشد، گردیده است [۱۸].

آزمون فولدینگ: با توجه به اینکه ژل‌های سوریمی حاوی میکروپودر استخوان به خصوص در غلظت ۲ درصد دارای نمره ی بالایی در برابر شکست تاشدگی بودند و بافت آنها استحکام بالایی داشت، می‌توان به این نتیجه رسید که میکروپودر استخوان نقش بازدارندگی پروتئازی دارد، به عبارتی با افزودن میکروپودر استخوان، فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده‌ی بخش فعال پروتئین میوزین به نام زنجیره‌ی سنگین میوزین (MHC) را کندتر و در نتیجه سوریمی را دستخوش تغییرات کمتری می‌کند. این امر سبب می‌شود که در مرحله‌ی حرارت‌دهی، زنجیره‌های سنگین میوزین قادر به اتصال مجدد به یکدیگر و پروتئین اکتین باشند و اکتومیوزین با مقادیر بالاتری تشکیل خواهد [۲۳]. نتایج تحقیق حاضر با تحقیق Levo و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. محققین مذکور پودر استخوان را در کیک پروتئینی گربه ماهی استفاده کرده ومشاهده کردند که افزودن پودر استخوان به میزان ۲درصد به کیک ماهی، سبب بهبود خاصیت فولدینگ کیک خواهد شد اما مقادیر بالاتر از آن به دلیل ممانعت از توسعه‌ی اتصالات پروتئینی نمره‌ی کمتری را برای فولدینگ تست نشان داد [۲۴].

سختی ژل: نرخ کاهش در میزان سختی ژل سوریمی به تغییر ماهیت پروتئین‌های میوفیبریل و وسعت تخریب آنها بستگی دارد [۵]. به این صورت که هر چه پروتئین‌های میوفیبریل بیشتر تخریب شوند، نیروی حاصل از فشردگی ابتدایی تغییر بیشتری در ساختار ژل ایجاد می‌کند . از طرفی ترکیبات حاصل از اکسیداسیون لیپیدها مانند پراکسیدها و مالون الدئید که در این مطالعه افزایش یافته اند می‌تواند، پروتئین‌ها را با پیوندهای عرضی ایجاد شده تغییر دهد و منجر به کاهش عملکرد پروتئین در اثر دناتوراسیون می‌شود [۲۵]. احتمالاً یون‌های کلسیم حاصل از پودر استخوان سبب تغییرات در میوزین و اکتین و در نتیجه تجمع پروتئین از طریق پیوندهای دی سولفید و آبگریز می‌شوند [۲۶].

بهم پیوستگی ژل: با توجه به اینکه گوشت چرخ شده در فرآیند سوریمی شسته می‌شود توسعه ی فعالیت‌های پروتئولیتیکی و تغییر ماهیت پروتئین‌های میوفیریل در آن کاهش می‌یابد- که به گفته‌ی Lin و Park عامل مهمی افت پیوستگی هستند لذا انسجام بافت ژل سوریمی افزایش بیشتری دارد [۲۷]. دلیل بهتر بودن تیمارهای حاوی میکروپودر استخوان تراکم بیشتر پیوندهای پروتئینی و دی سولفیدی در شبکه ی ژل سه بعدی و افزایش بازدهی تولید اکتومیوزین توسط پیوندهای کووالانسی اکتین و میوزین می‌باشد [۸]. این نتیجه با نتیجه ی تحقیق [۲۸] بر روی سوسیس ماهی مطابقت داشته است.

شاخص جویدن: یکی دیگر از شاخص‌های آزمون بافت سنجی و آنالیز آن که مشابه حالت قرارگیری آن در دهان انسان است، میزان نیروی آن برای جویدن و راحتی در جویدن یک غذاست. در طول مراحل تهیه سوریمی از گوشت چرخ شده، با طی مراحل شستشو پروتئین‌های سارکوپلاسمی به همراه بافت خون و چربی از گوشت خارج شده و غلظت پروتئین‌های میوفیریل افزایش می‌یابد که سبب بهبود خاصیت جویدن می‌شود [۲۹]. با این وجود قرار گرفتن میکروپودر استخوان در شبکه ی ژل سوریمی و رها شدن یون کلسیم در این شبکه سبب افزایش پیوندهای بین پروتئینی در شبکه‌ی ژل می‌شود و در نهایت باعث بهبود پارامتر جویدن می‌شود. افزایش و بهبود شبکه ی MHC به دلیل آزادسازی کلسیم از ذرات پودر استخوان بوده است که سبب افزایش کارکرد ترانس گلوتامیناز می‌شوند و باندهای قوی تری تشکیل خواهد شد. دلیل اینکه این پارامتر در طول زمان کاهش یافته است، تخریب زنجیره ی سنگین میوزین در شبکه ی ژل می‌باشد که به وسیله ی آنزیم‌های پروتئازی مانند کاتپسین ایجاد می

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

شود، اما چون در غلظت‌های بالاتر(۱ و ۲ درصد) این پارامتر وضعیت مطلوب تری دارد، می‌توان نتیجه گرفت که تشکیل بیشتر پیوند γ-ε گلوتامیل لایزین در زنجیره ی سنگین میوزین سبب بهبود وضعیت این دو تیمار شده است که با نتایج Wangو همکاران در سال(2008) [۳۰] که بر روی شرایط مطلوب برای حداکثر ارتباط متقابل زنجیره سنگین میوزین در ژل سوریمی کپور نقره ای کار می‌کردند مطابقت داشته باشد.

شاخص رنگ: با توجه به نتایج از بین شاخص‌های رنگ، شاخص روشنایی در طول مدت آزمایش در همه ی تیمارها روند کاهشی داشته است، و در تیمارهای حاوی میکروپودر استخوان با تیمار شاهد تفاوتی از نظر میزان روشنایی وجود نداشت. سوریمی معمولا دارای مقادیر *L مثبت و بسیار بالاتر از ۵۰ می‌باشد اما مقادیر *a و *b پایین‌تر هستند [۳۱]. مقادیر پارامتر *a در طول دوران آزمایش افزایش یافته اند، که با توجه به تحقیقات Kristinsson و همکاران در سال (2005) می‌توان آن را به برهم کنش بین پروتئین‌های هم که در طول شستشوی سوریمی از بافت گوشت خارج نشده اند نسبت داد [۳۲]. این پارامتر با رطوبت بالا هم می‌تواند افزایش یابد، که این می‌تواند با نتایج رنگ سوریمی آلاسکا پولاک در مطالعه انجام شده توسط Reppond and Babbitt در سال (1997) مطابقت داشته باشد [۳۳]. از طرفی میزان پارامتر *b در این بررسی در طول دوره ی آزمایش کاهش نسبی داشته است اما در تیمار شاهد این مقدار کمتر از سه تیمار دیگر بوده است . افزایش مقادیر زردی می‌تواند به دلیل پخش رنگ زرد توسط ذرات میکروپودر استخوان بوده است که خود به دلیل وجود مقادیری از چربی درون ذرات استخوان است، در این آزمایش میکروپودر استخوان در بهبود خواص رنگ تاثیری نداشته است و رنگ را نسبت به شاهد تیره‌تر نیز کرده است که این روشنایی کمتر نسبت به شاهد به دلیل ایجاد سطح نامنظم در سوریمی است که سبب ناصاف شدن سطح می‌شود و به تبع آن نور به طور غیریکنواخت پخش می‌شود [۷].

نتیجه گیری: افزودن میکروپودر استخوان به ژل کاکابوکوی ماهی یال‌اسبی در خواص کارکردی ژل از جمله ظرفیت نگهداری آب، نیروی شکست (آزمون تاشدگی) و خواص بافتی ژل سختی، بهم‌پیوستگی و قابلیت جویدن ژل اثر معنی‌داری ایجاد کرد که این اثر مثبت با افزایش غلظت میکروپودر استخوان از ۰/۵ به ۱ و ۲ درصد کاملا روند افزایشی را نشان داد. روند اکسیداسیون چربی و میزان تیوباربیتوریک اسید در ژل‌ها پس از نگهداری ۱۵ روزه در یخچال در تیمارهای حاوی میکروپودر در مقایسه با نمونه‌های شاهد میزان کمتری را نشان داد. لذا اضافه کردن میکروپودر استخوان به عنوان یک افزودنی و بهبود دهنده در خواص بافتی/عملکردی ژل سوریمی ماهی یال اسبی توصیه می‌شود.

تأییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1- Venugopal, V. ed., 2005. Seafood processing: adding value through quick freezing, retortable packaging and cook-chilling. CRC press.

2- Kamali, A., 1379. Investigation of Cutlassfish nutrition in Oman Sea. Iranian Journal of Fisheries, 9 (1), 72-65. [in Persian].

3- Lanier, T.C., Carvajal, P. and Yongsawatdigul, J., 2005. Surimi gelation chemistry, In: Surimi and surimi seafood, pp.435-489. Taylor & Francis, Boca Raton, USA.

4- Shabanpour, B., Shabany, A., Moini, S., Hamedi, M. and Poorkabireh, M., 2007. The effect of different washing methods on chemical and gel forming properties of Kilka surimi. Pajouhesh and Sazandegi. [in Persian].

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

5- Wijayanti, I., Singh, A., Benjakul, S. and Sookchoo, P. 2021. Textural, sensory, and chemical characteristic of Threadfin bream (Nemipterus sp.) surimi gel fortified with bio-calcium from bone of Asian sea bass (Lates calcarifer). Foods, 10, 976.

6- Niwa, E., 1985. November. Functional aspect of surimi. In Proceedings of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi (pp. 141-147). National Fisheries Institute.

7- Yin, T., Park, J.W. and Xiong, S., 2017. Effects of micron fish bone with different particle size on the properties of silver carp (Hypophthalmichthys molitrix) surimi gels. Journal of Food Quality, 10.1155/2017/8078062.

8- Yin, T. and Park, J.W., 2014. Effects of nano-scaled fish bone on the gelation properties of Alaska pollock surimi. Food Chemistry, 150, pp.463-468. 10.1016/j.foodchem.2013.11.041.

9- Pikul, J., Leszczynski, D.E. and Kummerow, F.A., 1989. Evaluation CRC Press of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37(5), pp.1309-1313. 10.1021/jf00089a022.

10- Park, J.W., 2005. Surimi and Surimi Seafood (2nd Edition)., 960 pages

11- Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S. and Benjakul., 2010. Assessment of protein changes in farmed giant catfish (Pangasianodon gigas) muscles during refrigerated storage. International Journal of Food Science and Technology, 45, 985–994

12- Lanier, T.C., 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. Surimi Technology, pp.123-163.

13- Park, J. W.,1995. Surimi gel colors as affected by moisture content and physical conditions. Journal of Food Science, 60(1); 15-18. 10.1111/j.1365-2621.1995.tb05596.x

14- Zar, J.H., 1996. Biostatistical analysis, Perentice-Hall, inc., New jersy, USA.

15- Connell, J.J., 1990. Methods of assessing and selecting for quality. Control of fish quality, 2, pp.122-150.

16- Babizhayev, M.A., 1988. The biphasic effect of calcium on lipid peroxidation. Archives of biochemistry and biophysics, 266(2), pp.446-451. 10.1016/0003-9861(88)90276-7.

17- Razavi-Shirazi, H., 2007. Marine technology products, storage and processing principles. Parsneghar Press. 325pages. [in Persian].

18- Yousefi, A.R., Moosavi-Nasab, M. and Govahian, M., 2013. Investigation and comparison of some physicochemical and sensory properties of produced sausage from minced meat and surimi of Talang Queenfish (Scomberoides Commersonnianuus). Iranian Scientific Fisheries Journal, 22(1), pp.157-170. [in Persian].

19- Jia, D., You, J., Hu, Y., Liu, R. and Xiong, S., 2015. Effect of CaCl2 on denaturation and aggregation of silver carp myosin during setting. Food Chemistry, 185, pp.212-218. 10.1016/j.foodchem.2015.03.130.

20- Marrakchi, E., Bennour, A.M., Bouchriti, N., Hamama, A. and Tagafait, H., 1990. Sensory, chemical and microbiological assess ments of Moroccan sardines (Sardina pilchardus) stored in ice. Journal of Food Protection, 53, 600–605.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

21- Chen, B.J., Zhou, Y.J., Wei, X.Y., Xie, H.J., Hider, R.C. and Zhou, T., 2016. Edible antimicrobial coating incorporating a polymeric iron chelator and its application in the preservation of surimi product. Food and Bioprocess Technology, 9(6), pp.1031-1039. 10.1007/s11947-016-1693-2.

22- Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S. and Benjakul, S., 2010. Assessment of protein changes in farmed giant catfish (Pangasianodon gigas) muscles during refrigerated storage. International Journal of Food Science & Technology, 45(5), pp.985-994. 10.1111/j.1365-2621.2010.02217.x.

23- Yongsawatdigul, J. and Sinsuwan, S., 2007. Aggregation and conformational changes of tilapia actomyosin as affected by calcium ion during setting. Food hydrocolloids, 21(3), pp.359-367. 10.1016/j.foodhyd.2006.04.006.

24- Dinh-Le Vo, T., Vo, C.B., Nguyen, H.T.T., Le, L.T. and Thao, N.T.H., 2017. Recovery of bone powder from salmon by-product and application in production of Tra catfish cake. Science and Technology Development Journal, 20(K9), pp.38-44. 10.32508/stdj.v20iK9.1675 .

25- Eymard, S., Baron, C.P. and Jacobsen, C., 2009. Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (Trachurus trachurus) mince and washed minces during processing and storage. Food Chemistry, 114(1), pp.57-65. 10.1016/j.foodchem.2008.09.030.

26- Hemung, B. O., & Yongsawatdigul, J.,2005, Ca2+ affects physicochemical and conformational changes of threadfin bream myosin and actin in a setting model. Journal of food science, 70(8); 455-460. 10.1111/j.1365-2621.2005.tb11500.x

27- Lin, T.M. and Park, J.W., 1996. Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing conditions. Journal of Food Science, 61(2), pp.432-438. 10.1111/j.1365-2621.1996.tb14210.x.

28- Hemung, B.O., Yongsawatdigul, J., Chin, K.B., Limphirat, W. and Siritapetawee, J., 2018. Silver carp bone powder as natural calcium for fish sausage. Journal of aquatic food product technology, 27(3), pp.305-315. 10.1080/10498850.2018.1432733.

29- Jafarpour, A., Nikbakhsh, S., 2015. A comparative study on physiochemical characteristics of minced and surimi prepared from common carp (Cyprinus carpio) during frozen storge. Journal of fisheies science and technology,4(3), 29- 45.

30- Wang, J.Y., Liu, C.C., Zhao, S.Z., Yuan, C.H., Chen, S.S., Wang, X.C. and Konno, K., 2008. Optimal conditions for maximal cross-linkage of myosin heavy chain (MHC) and gelation of surimi product from silver carp (Hypophthalmichtys molitrix). Food Science, 29(11), pp.223-227.

31- Lanier, T.C., Hart, K. and Martin, R.E., 1991. Manual of standard methods for measuring and specifying the properties of surimi. National Fisheries Institute, 64 pages.

32- Kristinsson, H.G., Theodore, A.E., Demir, N. and Ingadottir, B., 2005. A comparative study between acid-and alkali-aided processing and surimi processing for the recovery of proteins from channel catfish muscle. Journal of Food Science, 70(4), pp.C298-C306. 10.1111/j.1365-2621.2005.tb07177.x.

33- Reppond, K.D. and Babbitt, J.K., 1997. Gel properties of surimi from various fish species as affected by moisture content. Journal of Food Science, 62(1), pp.33-36. 10.1111/j.1365-2621.1997.tb04362.x.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume10, Issue 4, Autumn 2021
Pages: 437-454

The effect of rainbow trout's bone powder on the shelf life and gel quality of largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) during refrigeration

Gholamreza Heydari[1], Seyed Vali Hosseini[1*], Amirreza Abed-Elmdoust[1], Mehrdad Farhangi[1]

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

A B S T R A C T

In this study, the effect of different amounts of rainbow trout bone micropowder (concentrations of 0.5, 1 and 2%) on the shelf life (the rate of formation of secondary fat oxidation compounds, total volatile nitrogen compounds, water holding capacity, color parameters) and the gel quality (hardness, chewing, cohesiveness and folding characteristics) of the largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) were examined during 15 days of refrigeration. Addition of bone micropowder to the gels prepared from hairtail fish, affected some of the gels properties. The results showed that with increasing the amount of bone micropowder in surimi gels, the amount of thiobarbituric acid (as the most important indicator of advanced degradation due to fat oxidation) was lower than to control group, which indicates the inhibitory effect of micropowder on lipid oxidation in the prepared surimi. On the other hand, although rainbow trout bone micropowder did not have a significant effect on the accumulation of volatile nitrogen compounds, it had a significant effect on water retention in surimi. In terms of color parameters, the results showed that horsetail fish gels containing bone micropowder had a darker color than the control. In the Folding Test, the horsetail gel containing bone micropowder with a concentration of 2% received the highest score. In the characteristics of texture profile (hardness, chewiness and cohesion indices), it was found that with increasing the amount of bone micropowder, the texture properties in the prepared surimi were significantly improved ($p < 0.05$). Findings from the present study showed that bone micropowder due to its positive effect on the main indicators can be used to improve the texture properties of horsetail fish surimi gel.

KEYWORDS: Fish bone powder, Fish quality, Surimi gel, TPA test. .

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 21 April 2021
Accepted: 23 October 2021
ePublished: 21 December 2021

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-04-06]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.2.8]

* Corresponding Author:
Email address: hosseinisv@ut.ac.ir
Tel: +(98) 919 767 4083
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513