شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

دوره ۷۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

صفحات ۲۶۳-۲۵۶

تغییرات آمین‌های بیوژن در ماهی شوریده طی روش‌های مختلف انجمادزدایی

سراج بیتا *

استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۳ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۹/۱۸

چکیده

آمین‌های بیوژن ترکیبات آلی نیتروژن‌داری هستند که اصولاً به‌وسیله دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه تولید می‌شوند. حضور مقادیر بالای آمین‌های بیوژن در مواد غذایی نشان دهنده شروع فساد و کیفیت نامطلوب در مواد غذایی است. در این مطالعه تغییرات مقدار آمین‌های بیوژن تولید شده در عضله ماهی شوریده (*Otolithes rubber*) به‌عنوان پارامتر شیمیایی فساد طی روش‌های مختلف انجمادزدایی (آب، هوا، یخچال و مایکروویو) مورد ارزیابی قرارگرفت. ماهیان شوریده پس از صید و انتقال به کارخانه، بسته‌بندی شده و در تونل انجماد با دمای ۳۶- درجه‌سانتی‌گراد منجمد گردیده و به‌مدت ۴ ماه در سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از موعد مقرر، انجمادزدایی ماهیان با استفاده از روش‌های انجمادزدایی در آب، هوا، یخچال و مایکروویو انجام شد و تغییرات آمین‌های بیوژن (هیستامین، پوترسین، تیرامین و کدورین) در انجمادزدایی با هر کدام از روش‌ها بررسی شد. نتایج حاصله کاهش معنی‌داری در مقدار هیستامین در انجمادزدایی در یخچال را در مقایسه با سایر روش‌ها و گروه کنترل نشان داد ($P<۰/۰۵$). همچنین کاهش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در مقدار پوترسین در طی انجمادزدایی با روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها مشاهده شد، اما اختلاف معنی‌داری بین مقادیر تیرامین و کدورین تولید شده در روش‌های مختلف انجمادزدایی در مقایسه با تیمار شاهد وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). بیشترین میزان هیستامین و پوترسین به‌ترتیب با روش‌های انجمادزدایی با هوا و یخچال مشاهده شد. براساس نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه گیری نمود که انجمادزدایی با روش یخچال می‌تواند روش مناسبی برای انجمادزدایی ماهی شوریده منجمد باشند.

واژگان کلیدی: کنترل کیفیت، آمین‌های بیوژن، انجمادزدایی، ماهی شوریده.

* نویسنده مسئول: تلفن: ۹۸۹۳۷۰۰۴۶۶۵۶+ ایمیل: serajbita@yahoo.com

۱. مقدمه

محصولات دریایی بخش عمده‌ای از تجارت بین-المللی، که یک منبع با ارزش ارزآوری در کشورهای در حال توسعه است را تشکیل می‌دهند. محصولات دریایی منجمد پیش از فرآوری انجمادزدایی می‌شوند و یا در معرض حرارت قرار می‌گیرند که مشکلات کیفی انجمادزدایی بیشتر از انجماد است (Evans, 2008). به‌طوری‌که انجمادزدایی نامناسب می‌تواند باعث هدر رفتن همه تلاش‌های به عمل آمده در زمان نگهداری محصول منجمد در شرایط مطلوب شود (Hui *et al*., 2004). آمین‌های بیوژن به‌صورت طبیعی در ماهیان وجود دارند و در انجام برخی فعالیت‌های فیزیولوژیک نقش اساسی دارند و اندازه‌گیری آن‌ها در فرآورده‌های مختلف به‌ویژه ماهیان از دو جنبه مهم اهمیت دارد، یکی به‌دلیل اثراتی که بر سلامتی انسان دارد و دیگری نیز به‌دلیل تغییرات آن‌ها در طی نگهداری به‌صورت تازه یا منجمد در اثر فعالیت باکتری‌ها هست که سنجش مقادیر آن‌ها می‌تواند شاخص خوبی جهت تعیین کیفیت فرآورده‌های پروتئینی باشد (Bilgin and Genccelep, 2015) انجمادزدایی تحت شرایط کنترل شده با استفاده از آب، هوا، یخچال، دمای محیط و نیز انجمادزدایی در مایکروویو، روش‌های الکتریکی و انجمادزدایی با فشار بالا که در صنعت استفاده می‌شوند می‌توانند اثرات متفاوتی بر کیفیت حسی، شیمیایی و میکروبی ماهیان داشته باشند، اما این‌که چگونه شرایط انجماد و نیز پس از انجماد بر روی تنوع میکروبی و توسعه آمین‌های بیوژن تاثیر می‌گذارد هنوز شناخته شده نیست (Backi, 2018) و تنها روشی که می‌تواند برای شناسایی و تغییرات آمین‌های بیوژن دقیق و حساس باشد، استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) هست (EFSA, 2011).

مطالعات نشان داده که طی نگهداری ماهیان به-صورت منجمد و نیز انجمادزدایی آن‌ها سطوح متفاوتی از آمین‌های بیوژن هیستامین، پوترسین، تیرامین و کدورین به‌علت فعالیت باکتری‌ها بر روی پروتئین‌ها و از طریق دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه تولید می-شود، بنابراین در صنایع شیلاتی جهت بررسی میزان فساد یا حد پیشرفت فساد از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها سنجش تغییرات آمین‌های بیوژن هست که ارزیابی میزان آن‌ها می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های مناسب بررسی کیفیت در ماهیان باشد (Soliman *et al*., 2017). ماهی شوریده با نام علمی *Otolithes ruber* متعلق به خانواده شوریده ماهیان و یکی از مهمترین گونه‌های شیلاتی و با ارزش اقتصادی بالا در جنوب کشور است. نظر به ارزش اقتصادی ماهی شوریده و با توجه به شیوه نگهداری و عرضه این ماهیان به‌صورت منجمد، مطالعه علمی در خصوص تغییراتی که در ترکیبات این ماهی پس از انجمادزدایی ایجاد می‌شود، بسیار حائز اهمیت است. بنابراین در این تحقیق، روند تغییرات آمین‌های بیوژن به‌عنوان شاخص شیمیایی ارزیابی کیفی طی روش‌های مختلف انجمادزدایی در ماهی شوریده مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. تهیه ماهیان

برای انجام این تحقیق ۳۰ قطعه ماهی شوریده (۶ قطعه ماهی برای تیمار شاهد و ۶ قطعه ماهی برای هر کدام از روش‌های انجمادزدایی) با میانگین طول کل (± انحراف معیار) و وزن به‌ترتیب ۲/۹۶±۳۲/۱۲ سانتیمتر و ۳۹/۷۳±۴۸۰/۲۵ گرم استفاده شد. ماهیان مورد نظر پس از صید و شستشو با آب شیرین در داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ (به‌صورت لایه‌های متناوبی از یخ و ماهی با نسبت ۳:۱) قرار داده شدند و در طی مدت زمان ۲۰ دقیقه پس از یخ‌گذاری به کارخانه فرآوری ماهی پسابندر واقع در شهرستان چابهار منتقل شدند. پس از انتقال به کارخانه ماهیان در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و کارتن-گذاری شدند و در داخل تونل انجماد با دمای ۳۶- درجه سانتی‌گراد طی مدت زمان ۱۲ ساعت منجمد شدند. نمونه‌های منجمد شده به مدت ۴ ماه در سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس ماهیان به ۵ تیمار به شرح ذیل دسته بندی شدند: تیمار یک: ماهی تازه صید شده و تخلیه شده در اسکله به‌عنوان تیمار شاهد، تیمار دو: انجمادزدایی در آب (۱۵+ درجه سانتی گراد به‌مدت ۲ ساعت)، تیمار سه: انجمادزدایی در هوا (۱۸ درجه سانتی گراد به مدت ۳/۵ ساعت)، تیمار چهار:

انجمادزدایی در یخچال (۴+ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت) و تیمار پنج: انجمادزدایی با مایکروویو (۲۴۵۰ مگاهرتز و ۵۰۰ وات به مدت ۵ دقیقه).

۲.۲. سنجش آمین‌های بیوژن

۱.۲.۲. استخراج

۵۰ گرم عضله پشتی ماهی بدون پوست همگن شده با چرخ گوشت با ۷۵ میلی لیتر TCA ۵ درصد (۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) توسط مخلوط کن به مدت ۲ دقیقه مخلوط سپس محتوی آن به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل و به‌مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. فاز بالایی توسط قیفی که در قسمت بالایی آن پشم شیشه قرار دارد صاف و به بالن حجمی ۲۵۰ میلی لیتری منتقل شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر از هر محلول نمونه (معادل ۲ گرم نمونه)، ۱۰ میلی لیتر TCA ۵ درصد (به‌عنوان نمونه شاهد)، به لوله‌هایی جداگانه ۳۰ تا ۵۰ میلی لیتری سانتریفیوژ با در شیشه‌ای که قبلاً ۴ گرم NaCl، ۱ میلی‌لیتر NaOH ۵۰ درصد و ۵ میلی‌لیتر کلروفرم-بوتانول (۱+۱) به آن اضافه شده، منتقل گردید. سپس ۲ دقیقه به‌شدت تکان داده شد و به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. فاز بالایی به قیف جدا کننده ۶۰ میلی لیتری منتقل گردید. حال به مجموع استخراج‌ها در قیف، ۱۵ میلی لیتر n-هپتان و سپس ۱ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال اضافه و قیف به شدت تکان داده شد. در مرحله بعد فاز پایینی (آبی) به لوله ۱۰ میلی لیتری با در شیشه‌ای منتقل گردید. در مرحله بعد ۱ میلی‌لیتر آب مقطر به قیف اضافه شد و به‌همان صورت استخراج گردید تا از جداسازی کامل آمین های بیوژن اطمینان حاصل گردد. سپس لوله محتوی این استخراج‌ها در حمام آب داغ (۸۰ درجه سانتی گراد) قرار داده شد تا با کمک جریان ملایم هوا خشک گردد.

۲.۲.۲. مشتق سازی

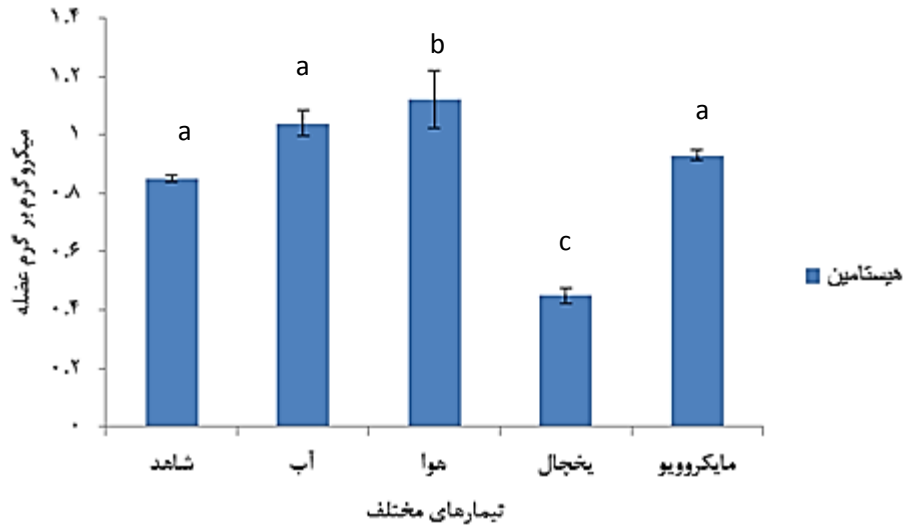
روش مورد استفاده در این آزمایش بر اساس روش مورد استفاده توسط Dawood و همکاران (۱۹۸۸) هست: به ماده خشک باقیمانده، ۱میلی لیتر NaOH ۲ مولار اضافه شد. سپس توسط میکروپیپت، ۵ میکرولیتر بنزویل کلراید اضافه و به‌خوبی توسط ورتکس مخلوط گردید. سپس اجازه داده شد تا محلول به‌مدت ۲۰ دقیقه بماند. بعد ۲ میلی لیتر محلول NaCl اشباع اضافه کرده تا عمل مشتق‌سازی متوقف گردد، سپس ۲ میلی‌لیتر دی اتیل اتر به آن اضافه و به‌خوبی تکان داده شد. سپس به‌مدت ۵ دقیقه در ۲۵۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. بعد فاز بالایی (اتر) به لوله تمیز منتقل و با جریان ملایم گاز نیتروژن تبخیر گردید تا خشک شود.

۳.۲.۲. تزریق و آنالیز دستگاهی با HPLC

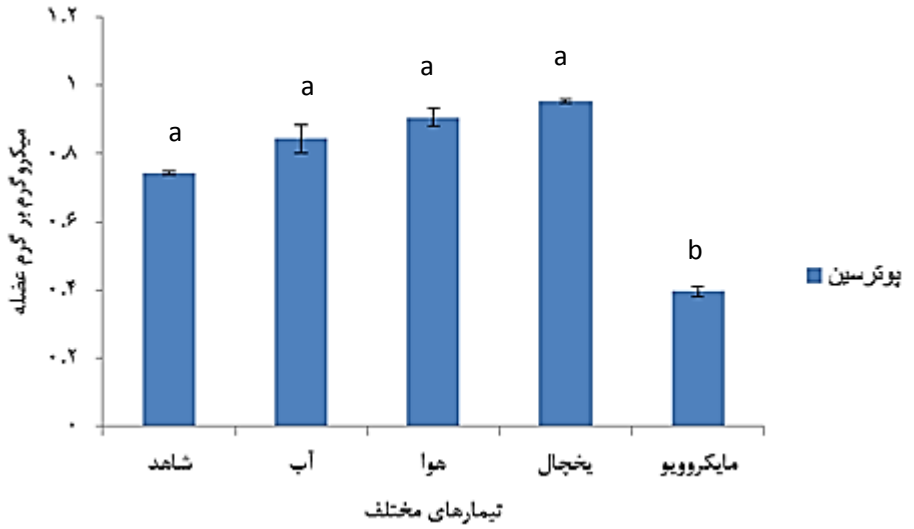
این مرحله از آزمایش نیز بر اساس روشی است که توسط Dawood و همکاران (۱۹۸۸) انجام شد. در این مرحله به ماده خشک باقیمانده از مشتق‌سازی، ۲۰۰ میکرولیتر متانول اضافه کرده و از فیلتر میلی‌پور با قطر منافذ ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده و سپس ۲۰ میکرولیتر از این محلول با سرنگ میکرولیتری Hamilton به دستگاه HPLC مدل شیمادزو، کیوتو ژاپن شامل پمپ، دتکتور UV-VIS تنظیم شده در طول موج ۲۵۴ نانومتر و ستون ODS، C۱۸ تزریق گردید. اساس سنجش جداسازی آمین‌های بیوژن استفاده از جذب UV در طول موج ۲۵۴ نانومتر، استفاده از فاز معکوس با سیستم ایزوکراتیک متانول و آب (به نسبت حجمی ۷۰ و ۳۰) با جریان حلال ۱/۱ میلی‌لیتر در دقیقه در درجه حرارت معمول اتاق بود. برای تجزیه و تحلیل‌ها داده‌ها و تعیین اختلاف آماری بین پارامترها از تحلیل واریانس یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 21 در سطح ۰/۰۵ درصد و به منظور مقایسه بین تیمارها از آزمون توکی استفاده شد.

۳. نتایج

نتایج حاصل از تغییرات آمین‌های بیوژن در ماهی شوریده با استفاده از روش‌های مختلف انجمادزدایی در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه شده‌اند. طبق نتایج میزان هیستامین در انجمادزدایی با روش یخچال و هوا در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($P<0/05$)، که کمترین میزان آن مربوط به روش انجمادزدایی در یخچال و بیشترین میزان در انجمادزدایی با روش هوا حاصل شد (شکل ۱). تغییرات



شکل ۱ – تغییرات هیستامین عضله ماهی شوریده در روش‌های مختلف انجمادزدایی (حروف متفاوت کوچک روی هیستوگرام نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد بین تیمارها می‌باشد).



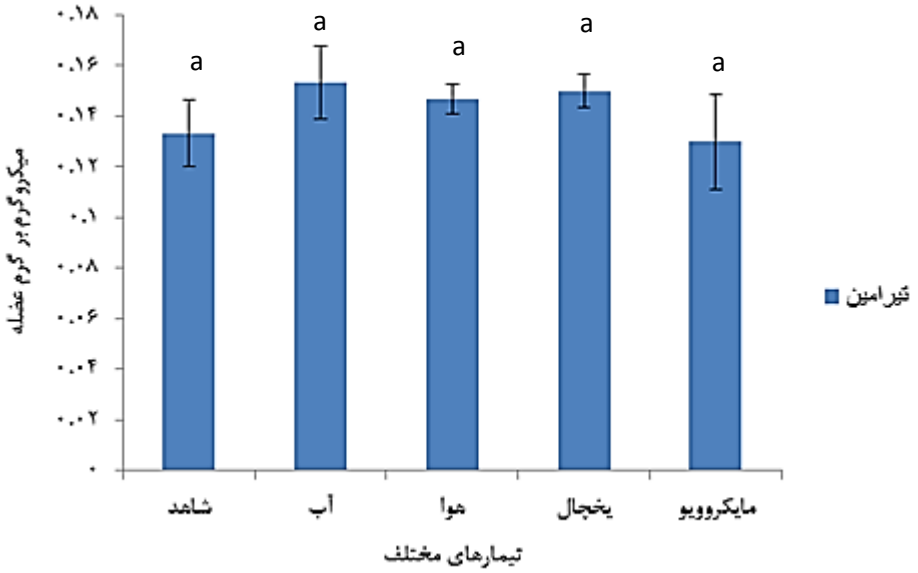
شکل ۲ – تغییرات پوترسین عضله ماهی شوریده در روش‌های مختلف انجمادزدایی (حروف متفاوت کوچک روی هیستوگرام نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد بین تیمارها می‌باشد).

میزان هیستامین در انجمادزدایی با روش آب و مایکروویو نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$).

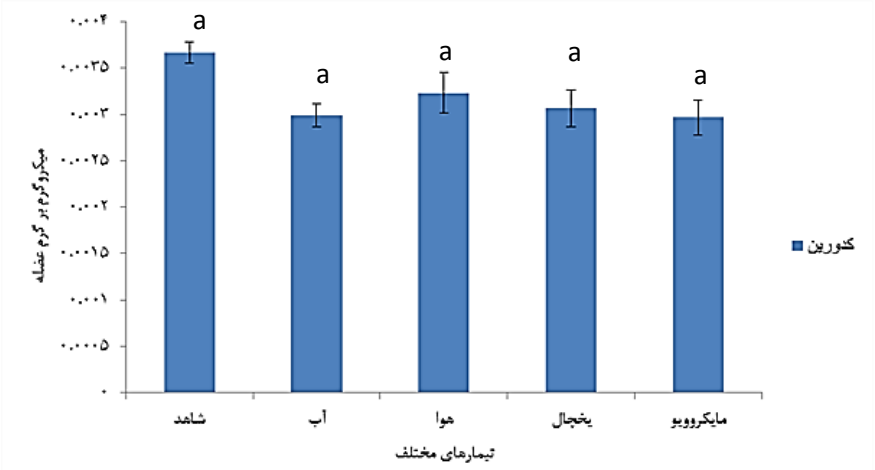
میزان پوترسین در انجمادزدایی با روش مایکروویو نسبت به بقیه روش‌های انجمادزدایی و نیز تیمار شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<0/05$). تغییرات میزان پوترسین در انجمادزدایی با روش آب، هوا و یخچال نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود ($P>0/05$). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌کنید کمترین و بیشترین میزان پوترسین در عضله ماهی شوریده به‌ترتیب مربوط به انجمادزدایی با روش مایکروویو و یخچال بوده است.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید تغییرات میزان تیرامین در روش‌های مختلف انجمادزدایی در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار نیست ($P>0/05$)، اما در انجمادزدایی با آب میزان تیرامین نسبت به بقیه روش‌های انجمادزدایی و نیز تیمار شاهد بیشتر بود و بیشترین میزان آن در همین تیمار مشاهده شد (شکل ۳). طبق نتایج کمترین میزان تیرامین مربوط به انجمادزدایی با مایکروویو بود.

برخلاف سایر آمین‌های بیوژن میزان کدورین در مطالعه حاضر در ماهیان تازه (تیمار شاهد) نسبت به بقیه تیمارها بیشتر بود. از بین آمین‌های بیوژن کمترین میزان آن مربوط به کدورین بود. میزان



شکل ۳ – تغییرات تیرامین عضله ماهی شوریده در روش‌های مختلف انجمادزدایی (حروف متفاوت کوچک روی هیستوگرام نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد بین تیمارها می‌باشد).



شکل ۴ – تغییرات کدورین عضله ماهی شوریده در روش‌های مختلف انجمادزدایی (حروف متفاوت کوچک روی هیستوگرام نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد بین تیمارها می‌باشد).

کدورین در تیمارهای مختلف انجمادزدایی نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$). کمترین و بیشترین میزان کدورین به‌ترتیب مربوط به انجمادزدایی در یخچال و تیمار شاهد بود (شکل ۴).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

کیفیت ماهی منجمد پس از انجمادزدایی به میزان قابل توجهی به روش انجمادزدایی بستگی دارد. گوشت ماهی طی فرایند انجماد و انجمادزدایی با افت شاخص‌های کیفی نظیر تغییر ماهیت پروتئین، اکسیداسیون چربی، تغییرات بافتی همراه است و در بحث تولید آمین‌های بیوژن، نگهداری ماهیان حتی به صورت منجمد نیز منجر به تغییرات کیفی ناشی از جدا شدن پپتیدها و اسیدهای آمینه شده و در اثر فعالیت باکتری‌ها تبدیل به آمین‌های بیوژن به‌عنوان ترکیبات مضر می‌شوند. آمین‌های بیوژن هیستامین، پوترسین، تیرامین و کدورین به‌ترتیب در نتیجه‌ی دکربوکسیلاسیون باکتریایی از اسیدهای آمینه هیستیدین، اورنتین، تیروزین و لیزین بوجود می‌آیند (Bilgin and Genccelep, 2015). نتایج تحقیق حاضر بیانگر تاثیر روش‌های انجمادزدایی در یخچال و مایکروویو بر میزان هیستامین و پوترسین است. میزان هیستامین در انجمادزدایی با یخچال در مقایسه با سایر روش‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر و در انجمادزدایی با هوا

به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($P<۰/۰۵$)، اما در روش انجمادزدایی با آب و مایکروویو میزان آن نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. یک روش مناسب و اختصاصی برای سنجش هیستامین استفاده از تکنیک HPLC می باشد به‌طوری‌که زمان ردیابی توسط دستگاه HPLC با رقت‌های مختلف ترزیق و در طول موج ۲۵۴ nm در محدوده ۱۱-۹ دقیقه بود، که در مطالعه Cinquina (۲۰۰۴) برای سنجش هیستامین در ماهیان تن ردیابی هیستامین در طول موج ۴۱۲ nm در محدوده زمانی ۹/۵۷-۸/۲۴ گزارش شد. تشکیل هیستامین در ماهی به شرایط محیطی، میزان هیستیدین و حضور باکتری‌های دکربوکسیله کننده هیستیدین بستگی دارد (Bjornsdottir-Butler *et al*., 2015). در مطالعه حاضر هیستامین حتی در نمونه ماهیان شوریده تازه نیز مشاهده گردید. میزان هیستامین در مطالعه حاضر طی انجمادزدایی در یخچال در مقایسه بقیه روش‌های انجمادزدایی کمتر بود. مشخص گردیده که اغلب باکتری‌های تولیدکننده هیستامین مزوفیل هستند (Lehane and Olley, 2000)، بنابراین مقدار کم هیستامین در نمونه‌های ماهی شوریده انجمادزدایی در یخچال احتمالاً به دلیل رشد بسیار اندک باکتری‌های دکربوکسیله کننده هیستیدین در شرایط یخچال یا اثر بازدارنده دمای پایین بر تولید و فعالیت آنزیم دکربوکسیلاز این آمین بیوژن است (Lokuruka and Regenstein, 2007). همچنین مقادیر بالای هیستامین در انجمادزدایی با هوا در مطالعه حاضر بیانگر فعالیت بیشتر باکتری‌های مزوفیل دکربوکسیله کننده هیستدین و شروع فرایند خود هضمی که پس از انجمادزدایی ماهی در هوا است که سبب آزاد شدن بیشتر هیستدین از پروتئین‌های عضله و در نتیجه تولید بیشتر هیستامین شده است (Rossano *et al*., 2006; Oucif *et al*., 2012; Zare *et al*., 2013). Guizani و همکاران (۲۰۰۵) اثر دماهای مختلف نگهداری را بر روی تولید هیستامین در ماهی تن زردباله (*Thunnus albacres*) بررسی نمودند، در این مطالعه میزان هیستامین در تمام نمونه‌ها یک کاهش به میزان g mg/۱۰۰ ۰/۶۱ تا پایان مراحل نگهداری داشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در توافق با نتایج مطالعه حاضر Bita و همکاران (۲۰۱۳) نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای در غلظت هیستامین در ماهی هامور معمولی طی مرحله سردسازی گزارش نمودند شد. پوترسین در نتیجه دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه گلوتامین، آرژنین و آگماتین در اثر باکتری های سرمادوست ایجاد می‌شود (Bodmer *et* al., 1999). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان پوترسین در انجمادزدایی در یخچال در مقایسه با بقیه تیمارها بیشتر بود اما در انجمادزدایی با روش مایکروویو کاهش معنی‌داری در میزان آن مشاهده شد. غلظت کم پوترسین در انجمادزدایی با روش مایکروویو احتمالاً به دلیل عدم رشد یا رشد کم باکتری‌های سرمادوست دخیل در تولید پوترسین هست، به‌طوری‌که در یافته‌های Olafsdottir و همکاران (۲۰۰۶)، Esaiassen و همکاران (۲۰۰۴) و Dalgaard و همکاران (۱۹۹۷) نیز به‌خصوص حضور باکتری *Photobacterium phosphoreum* که از باکتری‌های سرمادوست می‌باشند، در تولید پوترسین در ماهیان طی نگهداری در سرما و نیز پس از انجمادزدایی گزارش شده است. در مطالعه حاضر برخلاف بقیه آمین‌های بیوژن میزان کدورین با میانگین غلظت ۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۳۶ میکروگرم/گرم عضله در نمونه‌های تازه (شاهد) نسبت به سایر تیمارهای انجمادزدایی بیشتر بود. غلظت پایین کدورین و تیرامین در نمونه‌های ماهی شوریده، احتمالاً به‌دلیل عدم فعالیت و رشد باکتری های دکربوکسیله کننده لیزین، تیروزین و یا میزان کم این دو اسیدآمینه در ماهی شوریده است، زیرا مهمترین عامل تشکیل آمین‌های بیوژنیک، آنزیم‌های باکتری‌ها (دکربوکسیلازها) و عمل آن‌ها بر روی سوبستراهایی مانند اسیدهای آمینه آزاد است (Bita *et al*., 2013). از طرفی گزارشاتی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد انواع و سطوح آمین‌های بیوژن تشکیل شده به فلور باکتریایی آن ماهی بستگی دارد (Soliman *et al*., 2017). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه Özogul و همکاران (۲۰۰۸) در ماهی هامور سفید (*Epinephelus aeneus*) و Bita و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ماهی هامور معمولی (*E. coioides*) کدورین و تیرامین تا پایان دوره نگهداری در یخ ردیابی نشدند.

با توجه به اهیمت فرایند انجمادزدایی در کیفیت نهایی ماهی استفاده از روش انجمادزدایی با یخچال

نسبت به سایر روش‌های انجمادزدایی می‌تواند مناسب-تر باشد زیرا در این روش میزان هیستامین که از نظر سلامتی برای مصرف کننده اهمیت زیادی دارد نسبت به سایر روش‌ها کمتر بوده است و از طرفی دیگر با توجه به بالا بودن میزان هیستامین و پوترسین نسبت به تیرامین و کدورین در نمونه‌های شاهد، می‌توان این دو آمین بیوژن را به‌عنوان شاخص مناسب برای ارزیابی و تعیین کیفیت ماهی شوریده مطرح کرد.

References

Backi, C.J., 2018. Methods for (industrial) thawing of fish blocks: A review. *Journal of Food Process Engineering* 41(1), e12598.

Bilgin, B., Gençcelep, H., 2015. Determination of biogenic amines in fish products. *Food Science and Biotechnology* 24(5), 1907-1913.

Bita, S., Malekpouri, M., Mohammadian, T., Najafzadeh Varzi, H., Kochanian, P., 2013. Changes in biogenic amines and microbial loads in the muscle of orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) during ice storage. *Journal of Food Science and Technology* 52(1), 240-248.

Bjornsdottir-Butler, K.; Green, D.P.; Bolton, G.E., McClellan-Green, P.D., 2015. Control of histamine-producing bacteria and histamine formation in fish muscle by trisodium phosphate. *Journal of Food Science and Technology* 80(6), 25-38.

Bodmer, S., Imark, C., Kneubühl, M., 1999. Biogenic amines in foods: histamine and food processing. *Inflammation Research* 48(6), 296-300.

Cinquina, A.L., Longo, F., Cali, A., De Santis, L., Baccelliere, R., Cozzani, R., 2004. Validation and comparison of analytical methods for the determination of histamine in tuna fish samples. *Journal of Chromatography A* 1032, 79-85.

Dalgaard, P., O. Mejlholm, T.J., Christiansen, T., Huss, H.H., 1997. Importance of *Photobacterium phosphoreum* in relation to spoilage of modified atmosphere-packaged fish products. *Letters in Applied Microbiology* 24, 373-378.

Dawood, A.A., Karkalas, J., Ray, R.N., Williams, C.S., 1988. The occurrence of non-volatile amine in chilled-stored rainbow trout (*Salmo irideus*). *Food Chemistry* 27, 33-45.

EFSA. 2011. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ); Scientific Opinion on Scientific Opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journ*al, 9(10), 23-93.

Esaiassen, M., Nilsen, H., Joensen, S., Skjerdal, T., Carlehog, M., Eilertsen, G., Gundersen, B., Elvevoll, E., 2004. Effects of catching methods on quality changes during storage of cod (*Gadus morhua*). *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 37, 643-648.

Evans, J.A., 2008. Frozen Food science and technology. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 26 p.

Guizani, N., Al-Busaidy, M.A., Al-Belushi, I.M., Mothershaw, A., Shafrur Rahman, M., 2005. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Research International* 38, 215-222.

Hui, Y.A., Cornillon, P., Legarreta, I.G., Lim, H.M., Murrell, K.D., Nie, W.K., 2004. *Handbook of frozen foods*. Marcel Dekker, Inc. 1-78.

Lehane, L., Olley, J., 2000. Review: Histamine fish poisoning revisited. *International Journal of Food Microbiology* 58, 1-37.

Lokuruka, M.N., Regenstein J.M., 2007. Handling and storage of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) on biogenic amine production. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 15(4), 7-33.

Mietz, J.L. and Karmas, E. (1978). Polyamine and histamine content of rockfish, salmon, lobster and shrimp as an indicator of decomposition. Journal of Association of Official *Analytical Chemists* 61(1), 139-145.

Olafsdottir, G., Lauzon, H.L., Martinsdottir, E., Kristbergsson, K., 2006. Influence of storage temperature on microbial spoilage characteristics of haddock fillets (*Melanogrammus aeglefinus*) evaluated by multivariate quality prediction. *International Journal of Food Microbiology* 111, 112-125.

Oucif, H., Ali-Mehidi, S., El-Amine Abi-Ayad, S.M., 2012. Lipid oxidation and histamine production in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) *versus time and mode of conservation. Journal of Life Sciences* 6, 713-720.

Özogul, F., Özogul, Y., Kuley, E., 2008. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4 C). *Food Chemistry* 108(3), 933-941.

Rossano, R., Mastrangelo, L., Ungaro, N., Riccio, P., 2006. Influence of storage temperature and freezing time on histamine level in the European anchovy *Engraulis encrasicholus* (L., 1758): A study by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography* B, 830, 161-164.

Soliman, W.S., Shaapan, R.M., Mohamed, L.A., Younes, A.M., Elgendy, M.Y., Salah El Din, D.A., 2017. Laboratory screening of biogenic amines producing bacteria potentially threatens human health in some Egyptian fish and fish products. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 12, 134-140.

Zare, D., Muhammad, K., Bejo, M.H., Ghazali, H., 2013. Changes in urocanic acid, histamine, putrescine and cadaverine levels in Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during storage at different temperatures. *Food Chemistry* 139, 320-325.