مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۲ شماره ۲/ سال ۱۴۰۱/ صفحات ۳۱ تا ۴۲
DOI: 10.22034/FR.2022.40761.1751

مقایسه روش‌های مختلف انجماد زدایی در ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*)

بابک کرمی*[۱] و المیرا حاجیها[۲] و محمد کاظمیان[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/٤/۲٦ تاریخ پذیرش: ٤۰۰/۱/۳۱

[۱] استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۳] استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: B.karami@iau-tnb.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: انجماد تنها روش نگهداری مواد غذایی می‌باشد که تغییرات ایجاد شده در بافت آبزیان را به حداقل می رساند. بنابراین نگهداری محصول در حالت منجمد یک روش مطمئن برای عمل‌آوری آبزیان دریایی می‌باشد. **هدف:** این مطالعه به منظور ارزیابی تاثیر روش‌های مختلف انجمادزدایی (دمای محیط، مایکروویو و یخچال) روی فیله ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) منجمد انجام شد. **روش کار:** در این تحقیق، ابتدا فیله کفال طلایی در دمای ۳۵ – درجه سلسیوس منجمد و سپس به مدت ٦۰ روز در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شده و تاثیر روش‌های مختلف انجمادزدایی شامل انجمادزدایی در دمای محیط (۲۱ درجه سلسیوس)، مایکروویو (۸ درجه سلسیوس) و در دمای یخچال (٤ درجه سلسیوس) بر میزان ارزش غذایی و شاخص‌های کیفی آن مورد بررسی قرار گرفت. مدت زمان انجمادزدایی در دمای محیط ۱ ساعت، دمای مایکروویو ۳ دقیقه و در دمای یخچال به مدت ۸ ساعت به طول انجامید. **نتایج:** نتایج حاکی از آن بود که از نظر میزان کاهش اکسیداسیون ثانویه (تیوباربیتوریک اسید) و مواد ازته فرار، پائین‌ترین مقادیر شاخص‌های شیمیایی مربوط به تیمار انجمادزدایی شده در دمای یخچال بود و داده‌های آن با دو روش دیگر اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). کمترین مقدار pH در تیمار انجمادزدایی شده در دمای مایکروویو مشاهده شد. از نظر حفظ کیفیت ارزش غذایی ماهی (درصد پروتئین، چربی و حفظ رطوبت) روش انجمادزدایی در دمای یخچال و دمای محیط بهتر از دمای مایکروویو بود ($p<۰/۰۵$). همچنین از نظر شاخص‌های رنگی، به جز شاخص روشنایی، فیله‌های انجمادزدایی شده در دمای محیط از کیفیت و مقبولیت بالاتری نسبت به دو تیمار دیگر برخوردار بودند. **نتیجه‌گیری نهایی:** بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان کرد که انجمادزدایی آبزیان در دمای یخچال موجب حفظ ارزش غذایی ماده غذایی پس از انجمادزدایی خواهد شد. بنابراین، این روش مناسب ترین روش برای انجمادزدایی فیله کفال طلائی می‌باشد.

واژگان کلیدی: انجمادزدایی، تغییر کیفیت، ترکیبات شیمیایی، کفال طلائی

مقدمه

افزایش آگاهی مردم نسبت به فواید مصرف آبزیان سبب افزایش توجه و مصرف این ماده غذایی گردیده است. به طور کل آبزیان به صورت تازه، منجمد، عمل اوری شده به شکل کنسرو، دودی، خشک و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند (جعفرپور و شکری ۱۳۹٦). یکی از مهم‌ترین روش های نگهداری آبزیان، انجماد است که ترکیبات مغذی موجود در مواد غذایی را با کمترین تغییرات برای مدت نسبتاً طولانی حفظ می‌کند (لی و همکاران ۲۰۱۷). ممکن است گوشت ماهی طی فرآیندهای انجماد و انجماد زدایی با افت شاخصه‌های کیفی نظیر تغییر ماهیت پروتئین، اکسیداسیون چربی عضله ماهی، تخریب رنگ و طعم، تغییرات بافتی و کاهش وزن همراه باشد (کیلینک و کاکلی، ۲۰۰٤، علیزاده و همکاران ۲۰۰۷). این تغییرات روی خصوصیات حسی تاثیر گذاشته و باعث آسیب رساندن به کیفیت فیزیکی‌شیمیایی و بافتی می‌شود (سرینیواسان و همکاران ۱۹۹۷). محصولات دریایی منجمد پیش از فرآوری، انجمادزدایی شده و یا در معرض حرارت قرار می‌گیرند، بنابراین، تغییرات کیفی طی فرآیند انجمادزدایی بیشتر از انجماد است (اوانس ۲۰۰۸). به طوری که انجمادزدایی نامناسب می‌تواند باعث هدر رفتن همه تلاش‌های به عمل آمده در زمان نگهداری محصول منجمد در شرایط مطلوب شود (هویی و همکاران ۲۰۰٤)، در واقع، فرآیند انجمادزدایی کندتر از فرآیند انجماد بوده و به همین دلیل سبب تخریب بیشتر بافت غذاهای منجمد می‌شود (علیزاده و همکاران ۲۰۰۷). همچنین، طی فرآیند انجمادزدایی تغییرات میکروبی، فیزیکی و شیمیایی در ماده غذایی ایجاد می-شود (ژو و همکاران ۲۰۰۷، علیزاده و همکاران ۲۰۰۷). بنابراین، بایستی حداقل درجه حرارت برای فرآیند انجمادزدایی به علت کاهش فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی در نظر گرفته شود (علیزاده و همکاران ۲۰۰۷). فرآیند انجمادزدایی برای جلوگیری از رشد میکروبی و حفظ ویژگی‌های حسی مواد غذایی باید با بیشترین سرعت ممکن صورت گیرد. همچنین طی فرآیند باید از گرم شدن بیش از حد مواد غذایی که موجب از دست دادن آب می شود جلوگیری شود (ژو و همکاران ۲۰۰۳).

روش‌های مورد استفاده برای فرآیندهای انجمادزدایی نقش مهمی را در حفظ کیفیت غذاهای منجمد ایفا می‌کنند (علیزاده و همکاران ۲۰۰۷). تعیین مناسب‌ترین روش انجمادزدایی محصولات شیلاتی به منظور کاهش آب چک و به دنبال آن، حفظ بیشتر ارزش غذایی هنگام انجمادزدایی، جلوگیری از افزایش بار میکروبی و شاخص‌های کنترل کیفی و شیمیایی ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، انتخاب روش مناسب انجماد زدایی اهمیت زیادی دارد، زیرا بر وزن خالص فرآورده تاثیر می‌گذارد. به طور کلی بهتر است فرایند انجمادزدایی به سرعت انجام گیرد تا محصول کمتر در معرض دمای بالا قرار گیرد، در غیر این صورت شرایط برای رشد و فعالیت باکتری‌ها مناسب خواهد بود. انجماد زدایی در یخچال و مایکروویو برای بسیاری از بافت‌های حیوانی انجام می‌شود. تاکنون روش‌های مختلفی انجمادزدایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند، از جمله: انجمادزدایی در هوا، آب و یخچال (ژانگ و همکاران ۲۰۱۷)، در مایکروویو (فینی و همکاران ۲۰۱۷)، انجمادزدایی فراصوت (التراسونیک)(لی و همکاران ۲۰۱۹)، جریان برق ولتاژ بالا (کشانی و همکاران ۲۰۲۱ و فتاحی و همکاران ۲۰۲۰)، انجمادزدایی در فشار بالا (بکی ۲۰۱۷) و غیره. هر کدام از این روش‌های مزایا و معایب خاص خود را دارند (دوگو و اومیت ۲۰۱۵). انجمادزدایی در مایکروویو سریعتر انجام گرفته و هدایت گرما در این روش به صورت یکنواخت بوده و به همین دلیل اثرات آسیب به بافت‌ها را به حداقل می‌رساند (بونسومرج و همکاران ۲۰۰۷). محدودیتی که در این روش وجود دارد خطر افزایش سریع درجه حرارت تا حد پخت محصول است (رضوی شیرازی ۱۳۸۰). انجمادزدایی در یخچال

می‌تواند به طور نامطلوبی آهسته باشد، به علاوه این غذاها، فضای یخچال را اشغال کرده و ممکن است سبب آلوده کردن غذاهای آماده مصرف موجود در یخچال شوند (اندرسون و همکاران ۲۰۰٤).

کفال طلایی (*Liza aurata*) متعلق به خانواده کفال ماهیان از نظر میزان صید در دریای خزر دومین گونه پرتعداد بعد از ماهی سفید می باشد. با توجه به کاهش صید ماهی سفید از دریای خزر (محمدنژاد شموشکی و همکاران، ۱۳۹۲)، لزوم بررسی و مطالعه بر روی ماهی کفال بیشتر از گذشته می‌باشد. از این رو، در تحقیق حاضر اثر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر کیفیت شیمیایی، میکروبی، حسی و فیزیکی کیفی فیله ماهی کفال طلایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ماهی کفال با اندازه بازاری (۳۰ ± ٤۰۰ گرم) به تعداد ۲۰ قطعه به صورت یکجا و زنده خریداری و بلافاصله با یخ‌گذاری (با استفاده از یخ پودر شده با نسبت ۱ به ۱) در مخازن عایق (یونولیت های با اندازه متوسط) به مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان (محل اجرای تحقیق) منتقل شد. ماهی‌ها پس از شستشو به صورت پروانه‌ای (Butterfly)، سر و دم زنی، خالی کردن اندام‌های داخلی، فیله شده و به نسبت مساوی در سه گروه تیمار بندی شد. ابتدا نمونه‌ها منجمد شده و سپس ارزیابی‌های لازم روی آن‌ها انجام شد. گروه‌های تیماربندی شده شامل انجماد زدایی در مایکروویو، دمای محیط و دمای یخچال بود. مدت زمان مورد نیاز برای انجمادزدایی به وزن قطعات منجمد شده بستگی داشت که در هر کدام از روش‌های به کار برده شده این زمان متفاوت بود؛ به طوری‌که مدت زمان مورد نیاز برای انجماد زدایی قطعات منجمد شده با میانگین وزنی ۵۰ گرمی در محیط با درجه حرارت ۱۸ درجه سلسیوس، ۲ ساعت و در مایکروفر (۲٤۵۰ مگاهرتز و ۵۰۰ وات)، به مدت ۳ دقیقه به طول انجامید (جنت علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). انجام آزمایش‌ها در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان در بندر انزلی (وابسته به موسسه تحقیقات شیلات ایران) و در آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال در مهر و آبان ماه سال ۱۳۹۷ صورت گرفت.

نمونه برداری به منظور انجام آزمایش‌های ترکیبات تقریبی (پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر) در مرحله صفر (قبل از انجماد) و مرحله نهایی (پس از ۲ ماه نگهداری) پس از انجماد زدایی انجام شد. نمونه‌برداری برای آزمایش شاخص‌های فساد از قبیل اندازه‌گیری TVB-N و TBA، اندازه‌گیری pH، اندازه‌گیری ارزش غذایی و ارزیابی حسی (رنگ سنجی و آنالیز بافت)، در سه بازه‌ی زمانی یک ماهه طی دو ماه نگهداری (مرحله صفر، پس از یک ماه و پس از دو ماه) انجام شد. در هر بار نمونه‌برداری، ۲ بسته از هر تیمار (هر بسته شامل یک فیله ماهی) به صورت تصادفی انتخاب شده و به آزمایشگاه شیمی واقع در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان منتقل می‌شد.

شاخص‌های رطوبت، خاکستر و پروتئین به روش AOAC (2019)، بازهای نیتروژنی فرار به روش ماکروکجلدال AOAC (2019)، درصد چربی به روش پروانه (۱۳۹۸)، اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید (TBA) به روش رنگ‌سنجی AOAC (2019) و اندازه گیری pH مطابق روش AOAC (2019) انجام شد. همچنین، برای سنجش رنگ نمونه‌ها، از دستگاه رنگ‌سنج (NR60CP Precision Colorimeter, 3nh, China) استفاده شد و میزان قرمزی (a*)، زردی (b*)، روشنی (L*)، شدت رنگ (C) نمونه‌ها مشخص شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از نرم‌افزار SSPS v.13 استفاده شد. تعیین نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف–اسمیرونوف (Kolomogorov – Smirnov) انجام شد و سپس، برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حاصل از هر شاخص و مقایسه میانگین تیمارها،

آنالیز تحلیل واریانس یکطرفه (ONE way ANOVA) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) انجام شد (فتاحی و همکاران ۲۰۲۰).

نتایج

تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی

مقادیر تیوباربیتوریک اسید (TBA)، مواد ازته فرار (TVB-N)، pH، پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر در سه تیمار و طی دو ماه نگهداری در دمای انجماد در جدول ۱ مشاهده می‌شود. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه مقادیر عددی تیوباربیتوریک‌اسید حاکی از آن بود که در روز اول روش‌های مختلف انجماد زدایی تاثیر معنی‌داری بر فیله ماهی کفال نداشتند ($p>۰/۰۵$). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با گذشت زمان در هر سه تیمار میزان عددی تیوباربیتوریک اسید افزایش یافته است، به طوری‌که این افزایش در تیمار انجماد زدایی شده در مایکروویو با شدت بیشتری همراه بوده و در روز شصتم نگهداری، این شاخص در تیمار انجمادزدایی‌شده در مایکروویو به صورت معنی-داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود ($p<۰/۰۵$). مقایسه سه روش انجمادزدایی فیله ماهی کفال نشان‌دهنده این مطلب بود که انجمادزدایی در دمای یخچال نسبت به دو روش دیگر روند افزایش کندتری طی گذشت زمان داشت و مشخص شد که بهترین حفظ کیفیت فیله در زمان نگهداری و پس از انجمادزدایی، مربوط به تیمار انجمادزدایی شده در دمای یخچال بوده است.

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه مقادیر عددی مواد ازته فرار حاکی از آن بود که نحوه انجماد زدایی تاثیر معنی-داری بر فیله ماهی کفال داشته است ($p<۰/۰۵$). اندازه-گیری ازت فرار یکی از شاخص‌های فساد شیمیایی محسوب می‌شود و مقایسه بین سه تیمار مؤید آن بوده است که بهترین حفظ کیفیت مربوط به تیمار انجمادزدایی شده در دمای یخچال می‌باشد، به‌طوری‌که پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای انجماد در محدوده استاندارد و بالاترین کیفیت حفظ شده است و داده های سه تیمار پس از انجمادزدایی با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$).

همان‌طور که مشاهده می‌شود تفاوت مقدار pH در روش‌های مختلف انجمادزدایی و دو تیمار زمانی معنی-دار بود ($p<۰/۰۵$). به طور کلی، با گذشت زمان در تمام تیمارها مقدار pH کاهش یافت؛ به‌طوری‌که این کاهش در تیمار انجمادزدایی شده در دمای مایکروویو با شدت بیشتر و در تیمار انجمادزدایی شده در دمای یخچال و محیط با شدت کمتری همراه بود. با توجه به نتایج آماری مشخص شد که بهترین حفظ کیفیت طی ۶۰ روز نگهداری در دمای انجماد و پس از انجمادزدایی، مربوط به تیمار انجمادزدایی شده در دمای یخچال بود.

همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که درصد پروتئین تیمارهای انجمادزدایی شده در طول زمان کاهش یافته است. داده‌های دو تیمار در دمای محیط و یخچال تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ($P>./.۵$)، ولی تفاوت آن‌ها با تیمار مایکروویو معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). علاوه بر این، تفاوت داده‌های تغییرات درصد چربی در فاز صفر بین تیمارهای انجمادزدایی در دمای محیط و یخچال معنی‌دار نبود ($P>./.۵$)، ولی با تیمار انجمادزدایی در دمای مایکروویو تفاوت معنی‌داری داشتند ($P>./.۵$) ، پس از ۶۰ روز نیز درصد چربی در تیمار انجمادزدایی با استفاده از مایکروویو و با دو تیمار دیگر تفاوت معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$).

در این بررسی، میزان خروج رطوبت در تیمار انجمادزدایی با مایکروویو بیشتر از دو تیمار دیگر بود و داده‌های مربوط به انجماد زدایی در دمای محیط و در دمای یخچال در فاز صفر و پس از ۶۰ روز تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ($P>./.۵$)، اما تفاوت آن‌ها با تیمار انجماد زدایی در دمای مایکروویو معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). از طرف دیگر، در اندازه‌گیری درصد

خاکستر مشخص شد که داده‌های سه تیمار تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (P>./.۵).

جدول ۱- تاثیر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر برخی از ترکیبات موجود در فیله ماهی کفال طلائی در روز اول و پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سلسیوس

Table 1- Effect of different thawing processes on some content of mullet fillets in different thawing treatments in first day and after 60-day frozen storage (-18°C)

Parameters	Time	Thawing		
		Microwave	Ambient air	Refrigerator
TBAs (mda/gr)	First day	0.075±0.001[a]	0.07±0.001[a]	0.07±0.001[a]
	After 60 days	0.98±0.042[a]	0.785±0.030[b]	0.68±0.021[c]
TVB-N (mg/100g)	First day	10.5±0.98[a]	9.1±0.99[b]	9±0.93[b]
	After 60 days	14.7±0.91[a]	11.9±0.93[b]	10.6±0.91[c]
pH	First day	6.6±0.14[a]	6.7±0.15[a]	6.7±0.15[a]
	After 60 days	5.75±0.07[c]	6.005±0.14[b]	6.4±0.18[a]
Crude protein (%)	First day	18.25±0.06[b]	19.13±0.04[a]	19.18±0.06[a]
	After 60 days	17.37±0.04[b]	18.89±0.02[a]	18.95±0.05[a]
Fat content (%)	First day	3.76±0.04[b]	4±0.14[a]	4±0.14[a]
	After 60 days	3.57±0.10[b]	3.77±0.03[a]	3.78±0.04[a]
Moisture content (%)	First day	77.27±0.05[b]	77.19±0.02[a]	78.11±0.04[a]
	After 60 days	66±0.28[b]	72.015±0.12[a]	73.016±0.18[a]
Ash content	First day	0.96±0.02[a]	0.96±0.06[a]	0.95±0.01[a]
	After 60 days	98.06±0.07[a]	0.98±0.04[a]	0.97±0.02[a]

Values are Mean ± S. E. of three replicates.

Different letters in each row indicate significant difference of treatments (p<0.05).

جدول ۲- تاثیر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر شاخص‌های رنگ‌سنجی فیله ماهی کفال طلائی در روز اول و پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سلسیوس

Table 2- Effect of different thawing processes on color assessment of mullet fillets in different thawing treatments in first day and after 60-day frozen storage (-18°C)

	Time	Thawing		
		Microwave	Ambient air	Refrigerator
*L	First day	42.44±4.58[c]	47.98±1.99[b]	49.91±1.93[a]
	After 60 days	53.19±1.60[c]	49.73±1.95[b]	55.18±1.60[a]
*a	First day	7±1.25[b]	8.8±1.20[a]	6.8±1.22[b]
	After 60 days	4.15±0.76[b]	5.7±1.85[a]	4±0.71[b]
*b	First day	0.9±0.16[b]	1.5±0.52[a]	0.7±0.11[b]
	After 60 days	1.1±1.08[b]	3.3±0.14[a]	1±1.08[b]
C	First day	7.44±0.76[b]	9.37±1.30[a]	7.31±0.71[b]
	After 60 days	4.59±0.62[b]	6.35±1.22[a]	4.5±0.56[b]

Values are Mean ± S. E. of three replicates.

Different letters in each row indicate significant difference of treatments (p<0.05).

نتایج مربوط به شاخص‌های رنگ‌سنجی فیله ماهی کفال طلائی در تیمارهای مختلف انجمادزدایی‌شده در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در فاز صفر و پس از ٦٠ روز نگهداری، بهترین کیفیت روشنایی فیله مربوط به تیمار انجمادزدایی در دمای یخچال بود و پس از آن، به ترتیب تیمارهای انجمادزدایی در محیط و در مایکروویو قرار داشتند. در مورد سایر شاخص‌ها نیز انجمادزدایی در دمای محیط، در اولویت بود و دو تیمار انجمادزدایی در یخچال و در مایکروویو پس از آن قرار داشتند و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳ نشان‌دهندهٔ درصد افت وزنی در اثر خارج شدن رطوبت در سه روش انجمادزدایی است. نتایج نشان داد که داده‌های سه تیمار تفاوت معنی‌داری با هم داشتند و انجمادزدایی در دمای یخچال بهتر از دو روش دیگر بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳- تاثیر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر درصد افت وزنی فیله ماهی کفال طلائی در روز اول و پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سلسیوس

Table 3- Effect of different thawing processes on percentage of weight loss of mullet fillets in different thawing treatments in first day and after 60-day frozen storage (-18°C)

Different methods of thawing	Initial weight	Final weight	Drip (%)
Thawing in microwave	138.69±5.42	131.58±4.7	$7.11±1.21^{a}$
Thawing in ambient air	167.26±6.8	166.1±3.8	$1.16±0.89^{b}$
Thawing in refrigerator	180.30±5.4	180.25±4.1	$0.05±0.11^{c}$

Values are Mean ± S. E. of three replicates.

Different letters in the last column indicate significant difference of treatments ($p<0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی

در این پژوهش، افزایش معنی‌داری در میزان تیوباربیتوریک اسید در هر سه روش انجمادزدایی مشاهده شد. این موضوع می‌تواند بیانگر افزایش اکسیداسیون چربی باشد که می‌تواند به دلیل رهاسازی آنزیم‌های اکسیداتیو و پراکسیدان‌ها از سلول‌های از هم گسیخته در اثر انجمادزدایی باشد (بونسومرج و همکاران، ۲۰۰۷). نتیجه مشابهی در پژوهش‌های بنجاکول و بائور (۲۰۰۱) و بونسومرج و همکاران (۲۰۰۷) روی گربه ماهی *Silurus glanis* به دست آمده است. در بین سه تیمار انجمادزدایی‌شده در فیله ماهی کفال طلائی بیشترین میزان TBA در نمونه‌های انجمادزدایی شده در دمای ماکروویو مشاهده شد که احتمالاً دلیل آن تولید انرژی بالاتر در مایکروویو می باشد که سبب فعال شدن اکسیداسیون چربی می‌شود (جوادی ۱۳۹۰، بونسومرج و همکاران ۲۰۰۷). نتایج مشابهی در پژوهش جوادی (۱۳۹۰) روی فیله ماهی قزل‌آلا و فیله ماهی سفید که در دمای یخچال و دمای مایکروویو انجمادزدایی شده بودند، مشاهده شد. همچنین، نتایج مشابه تحقیق در راستای انجمادزدایی ماکرل، باس دهان بزرگ و تیلاپیای نیلی به روش‌های مختلف مشاهده شد (کایی و همکاران ۲۰۲۰؛ زوسانگ و جینگ، ۲۰۲۰؛ زوانازی و همکاران ۲۰۲۰).

مقدار TVB-N نشان‌دهنده نوع فساد (باکتریایی و یا اتولیتیک) نبوده، ولی استفاده از این شاخص در اندازه-گیری کیفیت ماهیانی که برای تولید پودر استفاده می-شوند و نیز سخت‌پوستانی مانند میگو و لابستر می-تواند سودمند باشد (هال ۲۰۱۱). به طور کلی، میزان مجموع بازهای ازته فرار ماهی تازه صید شده می‌تواند بین ۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم گوشت باشد، اما مقدار ۳۵-۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت حد قابل قبول مجموع بازهای ازته فرار برای مصرف انسان است (هال ۲۰۱۱). نتایج نشان داد که مقادیر بازهای

ازته فرار (TVB-N) پس از فرایند انجمادزدایی در هر سه تیمار با افزایش معنی‌دار همراه بود. مقادیر مجموع بازهای ازته فرار پس از ٦٠ روز نگهداری در دمای انجماد و انجماد زدایی به‌ترتیب برای تیمار انجمادزدایی‌شده در دمای مایکروویو، دمای محیط و دمای یخچال به‌ترتیب ١٤/٧ ، ١١/٩ و ١٠/٦ میلی‌گرم در گوشت بود. نتایج مشابه در پژوهش ارسوی و همکاران (٢٠٠٨) روی مارماهی مهاجر (*A. anguilla*) انجماد زدایی شده در مایکروویو، آب، یخچال و دمای محیط مشاهده شد که در آن مقادیر مجموع ازته فرار بین ١٢/١١-٥٢/٥٣ میلی‌گرم در صدگرم گوشت بود. بررسی روند تغییرات مجموع بازهای ازته فرار در فیله ماهی کفال طلائی حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سه تیمار انجمادزدایی می‌باشد. به‌طوری‌که مقدار آن در نمونه انجمادزدایی شده در دمای محیط به‌طور معنی داری کمتر از نمونه انجمادزدایی در دمای یخچال و مایکروویو بود. این کاهش احتمالاً به دلیل از دست دادن آبچک در اثر تولید انرژی بالا در داخل مایکروویو و خروج ترکیبات نیتروژن‌دار از بافت ماهی می‌باشد. تجادا و هوئیدوبرو (٢٠٠٢) و چیتری و همکاران (٢٠٠٤) نیز در بررسی‌های خود TVB-N را یک فاکتور ضعیف برای بیان تازگی ماهی معرفی کردند.

یکی از تغییرات شیمیایی اولیه در گوشت ماهی تغییرات pH است. مقادیر pH گوشت ماهی بر حسب گونه متغییر است؛ بنابراین، pH شاخص دقیقی برای تعیین تازگی و کیفیت اغلب آبزیان نیست، اما به عنوان یک شاخص مکمل برای پارامترهای دیگر استفاده می‌شود. pH ماهی زنده به طور معمول بین ٦/٧ تا ٧ است که با تغییر فصل، تغذیه و درجه حرارت بدن ماهی تغییر می‌کند (هال ٢٠١١). در مطالعه حاضر، پس از فرایند انجماد و انجمادزدایی در هر دو روش کاهش معنی داری در مقدار pH مشاهده شد که این کاهش پس از ٦٠ روز نگهداری در دمای انجماد، در تیمار انجمادزدایی شده در دمای یخچال با شدت کمتری نسبت به تیمار انجمادزدایی شده در دمای محیط و مایکروویو همراه بوده است. در مطالعه جوادی (١٣٩٠) و ارسوی و همکاران (٢٠٠٨) نتایج مشابهی مشاهده شد.

آنالیز تقریبی

بر اساس نتایج حاصل، در هر سه تیمار پس از ٦٠ روز نگهداری در دمای انجماد و انجمادزدایی میزان رطوبت نمونه‌ها کاهش یافت و اختلاف معنی‌داری در میزان رطوبت نمونه‌ها بین تیمارها مشاهده شد؛ به‌طوری‌که کاهش رطوبت در تیمار انجمادزدایی شده در دمای مایکروویو با شدت بیشتری نسبت به تیمارهای انجماد زدایی شده در دمای محیط و یخچال همراه بود و این کاهش معنی‌دار در میزان رطوبت نمونه‌ها را می‌توان به دلیل خروج آب‌میان بافتی از بدن ماهی به دلیل انرژی بالای حاصل از اشعه مایکروویو نسبت داد. همچنین، میزان این کاهش به فاکتورهای مختلف همانند سرعت انجمادزدایی، دمای نگهداری و نوسانات دمایی بستگی دارد (رضوی شیرازی ١٣٨٦). در این رابطه جواهری بابلی و همکاران (١٣٩١) عنوان کردند که انجماد ماهی در دمای ١٨- درجه سلسیوس منجر به کاهش میزان پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر در میگوی پاسفید غربی می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر عنوان شد که دو روش مختلف انجمادزدایی در دمای ٤ درجه سلسیوس یخچال و مایکروویو موجب تغییر در ارزش غذای فیله تاس ماهی (*Acipenser persicus*) می‌شود. به‌طوری‌که در هر دو روش انجمادزدایی کاهش معنی‌داری در میزان پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر مشاهده شد و انجمادزدایی در مایکروویو نسبت به انجمادزدایی در یخچال کاهش بیشتر در میزان رطوبت به همراه داشت (جنت علی‌پور و همکاران ١٣٩٢).

تفاوت در ترکیبات شیمیایی بدن به ویژه میزان چربی می‌تواند تغییر ویژگی‌های حسی مانند طعم، بو، بافت، رنگ و مشخصات ظاهری که تعیین‌کننده میزان مقبولیت ماهی هستند را به همراه داشته باشد (اجاق و همکاران ٢٠١٠). بعد از فرآیند انجمادزدایی کاهش معنی‌دار مقدار

پروتئین، خاکستر و چربی مشاهده شد که این کاهش در تیمار انجمادزدایی شده در دمای مایکروویو با شدت بیشتری نسبت به تیمار انجمادزدایی شده در دمای محیط و یخچال بود که علت این کاهش ممکن است به دلیل به وجود آمدن آبچک در فرآیند انجمادزدایی و محلول بودن خاکستر و پروتئین در آب چک باشد و به دلیل اینکه ماکروویو دارای انرژی بالایی است، موجب خروج بیشتر آب میان‌بافتی از بدن ماهی می‌شود. همچنین دلیل دیگر کاهش پروتئین، احتمالاً تغییر نسبی ترکیبات شیمیایی عضله و تغییر ماهیت پروتئین می‌باشد (کاستریلون و همکاران ۱۹۹۷). نتایج مشابهی در پژوهش جوادی (۱۳۹۰)، جنت علی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) و جواهری بابلی و همکاران (۱۳۹۱) به دست آمده است.

ارزیابی شاخص‌های کیفی

رنگ یکی از جنبه‌های مهم و ظاهری مواد غذایی است که روی قابلیت پذیرش آن‌ها توسط مصرف‌کننده اثرگذار می‌باشد. در این تحقیق، با توجه به نوع انجمادزدایی، تغییرات در شاخص‌های رنگ متفاوت بود؛ به‌طوری که در دمای مایکروویو به طور معمول فرآیند انجمادزدایی سریع‌تر انجام می‌شود و میزان آبچک بیشتر است و این فرآیند سریع‌تر منجر به کدر شدن رنگ فیله و تمایل رنگ بیشتر به سمت زردی می‌شود که در این تحقیق نیز مشاهده شد. میزان روشنایی در فیله انجمادزدایی شده در دمای یخچال از درصد بالاتری نسبت به تیمار انجمادزدایی شده در محیط و دمای مایکروویو بود که این عامل، برتری انجمادزدایی به این روش است. همچنین، سایر مشخصات از جمله میزان قرمزی، زردی و شدت رنگ در تیمار انجمادزدایی شده به روش مایکروویو بالاتر از سایر تیمارها بود که نشان‌دهنده افت کیفیت از نظر رنگ سنجی در این تیمار می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق سایر پژوهشگران از جمله جنت علی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، جواهری بابلی و همکاران (۱۳۹۱) و کمالی پورو همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

فرآیند انجمادزدایی تاثیر زیادی روی کیفیت ماهی دارد و میزان تغییر کیفیت به عوامل زیادی نظیر آماده‌سازی قبل از انجماد، کنترل سرعت انجماد، شرایط ذخیره سازی و روش انجمادزدایی بستگی دارد به‌طور کلی، نتایج حاصل از تحقیق حاضر، بهتر بودن انجمادزدایی در دمای یخچال را در مقایسه با انجمادزدایی در دمای محیط و مایکروویو مورد تائید قرار می‌دهد.

منابع مورد استفاده

پروانه و، ۱۳۹۸. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم، ۳۵٤ صفحه.

جعفرپور، ع و شکری، م ۱۳۹٦. ویژگی‌های بیوشیمیایی، بافتی و ارزیابی حسی برگر ترکیبی گوشت قرمز و سوریمی ماهی کپور معمولی در طول دوره نگهداری در حالت انجماد ($18^{o}C$ –). نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۷(۱)، ۵۸-۳۷.

جنت علی‌پور ح، شعبانپور ب، صادقی ماهونک ع ر و شعبانی ع، ۱۳۹۲. اثرات انجماد و دو روش انجمادزدایی روی کیفیت غذائی فیله تاس ماهی ایرانی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ٤۰(۱۰)، ۲۰-۱۱.

جوادی س ر، ۱۳۹۰. اثر روش‌های مختلف انجمادزدایی بر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisiikutum*)و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus myki*). رساله دکتری. رشته مهندسی منابع طبیعی شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر.

جواهری بابلی م، چوی ر، عسکری ساری ا و میانی ل، ۱۳۹۱. بررسی اثر انجماد بر تغییرات کیفیت شیمیایی و ترکیب اسید چرب میگوی پا سفید غربی پرورشی. مجله علمی شیلات ایران، ۲۱(۳)، ٤٤-۳۱.

رضوی شیرازی ح، ۱۳۸۰. تکنولوژی فرآورده های دریایی. انتشارات نقش مهر، ۲۹۲ صفحه.

رضوی شیرازی ح، ۱۳۸٦. تکنولوژی فرآورده های دریایی- اصول نگهداری و عمل‌آوری. انتشارات پارس نگار، ۳۳٦ صفحه.

کمالی پور ش، خلیل پذیر م، ۱۳۹۵. تاثیر روش های مختلف انجماد زدایی بر ارزش غذایی آبزیان. مجله ترویجی میگو و سخت پوستان، ۱(۳)، ۵۷-۵۳.

محمدنژاد شموشکی م، دردی ئی خ، رضایی شیرازی ع و یحیایی م، ۱۳۹۲. طالعه روند صید سه ساله ماهیان استخوانی سفید (*Rutilus frisii* kutum)، کفال (*Liza* spp.) و کپور (*Cyprinus carpio*) در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان (۱۳۸۸-۱۳۹۰). مجله آبزیان و شیلات، ۱۵(٤)، ۳۸-۲۷.

Abe S, Osako K, Watanabe M and Suzuki T, 2011. The effect of thawing condition for frozen fish meats. Vol. 26.

Alizadeh E, Chapleau N, Lamballerie MD and LeBail A, 2007. Effects of freezing and thawing processes on the quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) fillets. Journal of Food Science 72: 279-284.

Anderson BA, Sun S, Erdogdu F and Singh RP, 2004. Thawing and freezing of selected meat products in household refrigerators. International Journal of Refrigeration 27(1): 63-72.

AOAC, 2019. Association of official analytical chemists, 21 Edition, Washington DC, USA.

Backi, CJ (2017) Methods for (industrial) thawing of fish blocks: A review. Journal of Food Process Engineering 41(1): 1–11.

Benjakul S and Bauer F, 2001. Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis* Linne) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. Food chemistry 72: 207-217.

Boonsomrej S, Chaiwanichsiri S, Tantratian S, Suzuki T and Takai R, 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. Journal of Food Engineering 80: 292-299.

Cai L, Zhang W, Cao A and Cao M, 2020. Effects of different thawing methods on the quality of largemouth bass (*Micropterus salmonides*). LWT 120: 108908.

Castrillon AM, Navaro P and Alvarez-Pontes E, 1997. Changes in chemical composition and nutritional quality of fried sardine (*Clupea pilchardus*) product by frozen storage and reheating. Journal of the Science of Food and Agriculture 75(1): 125-132.

Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis IN and Kontominas MG, 2004. Microbiological, chemical and Sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. Food Microbiology 21: 157-165.

Duygu, B, Ümit, G (2015) Application of ohmic heating system in meat thawing. Procedia – Social and Behavioral Sciences 195: 2822–2828.

Ersoy B, Aksan E and Özeren A, 2008. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*). Food Chemistry 111: 377-380.

Evans JA, 2008. Frozen food Science and Technology, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, p. 1-26.

Fattahi SH. Zamindar N. 2020. Effect of immersion ohmic heating on thawing rate and properties of frozen tuna fish. Food Science and Technology International ۲٦(٥): 36-48.

Hall GM, 2011. Fish processing- sustainability and new opportunities, Blackwell Publishing.

Hui, YH, Cornillon P, Legarreta IG, Lim HM, Murrell KD and Nie WK, 2004. Handbook of frozen foods. Marcel Dekker, Inc.

Keshani, M., Zamindar N and Hajian R, 2021. Effect of Immersion Ohmic Heating on Thawing Rate and Properties of Frozen Tuna Fish. Iranian food science and technology research journal 5(65): 621-628.

Kilinc B and Cakli S, 2004. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardine pilchardus*) during marination. Food Chemistry 88: 275-280.

Liu, L, Llave, Y, Jin, Y, Zheng, D, Fukuoka, M, Sakai, N (2017) Electrical conductivity and ohmic thawing of frozen tuna at high frequencies. Journal of Food Engineering 197: 68–77.

Mousakhani-Ganjeh A, Hamdami N and Soltanizadeh N, 2015. Impact of high voltage electric field thawing on the quality of frozen tuna fish (Thunnus albacares). Journal of Food Engineering 156: 39–44.

Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH and Hosseini SMH, 2010. Effects of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry 120: 193-198.

Phinney DM, Frelka JC, Wickramasinghe A and Heldman DR, 2017. Effect of freezing rate and microwave thawing on texture and microstructural properties of potato (Solanum tuberosum). Journal of Food Science 82(4): 933–938.

Srinivasan S, Xiong YI and Blanchard SP, 1997. Effects of freezing and thawing method and storage time on Thermal properties of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). Journal of the Science Food and Agriculture 75: 37-44.

Tejada M and Huidobro A, 2002. Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting. European Food Research and Technology 215: 1–7.

Xuesong W and Jing X, 2020. Effects of different thawing methods on the quality of frozen horse mackerel. Food Science 41(23): 137-143.

Zhang M, Li F, Diao X, Kong B and Xia X, 2017. Moisture migration, microstructure damage and protein structure changes in porcine longissimus muscle as influenced by multiple freeze–thaw cycles. Meat Science 133: 10–18.

Zhu S, Bail A and Ramaswamy HS, 2007. Ice crystal formation in pressure shift freezing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as compared to classical freezing methods. Journal of Food Processing and Preservation 27(6): 427-444.

Zuanazzi, JSG, Goes ESR, de Almeida FLA, Goes MD, de Lara JAF and Ribeiro RP, 2020. Effects of freezing and thawing cycles on the quality of *Nile tilapia* fillets. Food Science and Technology 40: 300-304.

Journal of Food Research, 2022,32(2):31-42
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

DOI: DOI: 10.22034/FR.2022.40761.1751

Comparison of different thawing methods quality of mullet fillets (*Liza aurata*)

B Karami[1*], E Hajiha[2] and M Kazemian[3]

Received: July 16, 2020 Accepted: April 20, 2021
[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, Tehran North Branch. Tehran, Iran
[2]Former MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, Tehran North Branch. Tehran, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch. Tehran, Iran
[*]Corresponding author: E mail: B.karami@iau-tnb.ac.ir

Introduction: Aquatic products are becoming a vital dietary component in humans' daily life (Zhou et al., 2012), due to their high protein and low fat, especially rich in polyunsaturated fatty acids (omega-3 and omega-6). Golden grey mullet, *Liza aurata*, have a commercial value for fisheries, especially in internal waters. This species usually lives inshore, lagoons and estuaries, and rarely move into freshwater. Additionally, they are widely distributed in the Mediterranean Sea and the Black Sea, Atlantic coasts from the Azores and Madeira northward to the British Isles, and the southern coasts of Norway and Sweden. Many technologies have been used in the food industry to extend the shelf-life of fish for ease of transportation, such as freezing which is the most effective method to ensure food quality and safety (Li et al., 2017). Consequently, the frozen fish should be thawed before further processing. Generally speaking, the quality of frozen food is highly associated with the thawing process. Improper thawing methods have caused unacceptable changes of the chemical and physical properties of frozen fish such as drip loss, enzymatic reaction, lipid and protein oxidation, and inhomogeneity (Abe et al., 2011). There are different thawing methods in foods reported, such as air thawing, water thawing, refrigerator thawing (Zhang et al., 2017), microwave thawing (Phinney et al., 2017), ultrasonic thawing (Li et al., 2017), high-voltage electric field thawing (Mousakhani-Ganjeh et al., 2015), high-pressure thawing (Backi, 2017), and so on. However, each thawing method has its advantages and disadvantages. Therefore, it is necessary to explore a better thawing method that is beneficial for maintaining the quality of frozen fish. The purpose of this study was to evaluate the effects of different thawing methods on the chemical, microbial, sensory, and physical quality of goldfish fillets after thawing.
Material and methods: Twenty live *L. aurata* weighted 400± 30 g were purchased and were kept in powdered ice in a ratio of 1 to 1 in medium-sized tanks and immediately transferred to the laboratory of the National Center for Aquatic Processing Research. After arrival, the butterfly method was used to wash fishes, then their skin and internal organs were removed. Two back fillets removed from the back. Each fillet was individually packed in a polythene bag to prevent moisture loss and frozen in storage at-35°C and then maintained at -18 °C for 60 days. The fillets were randomly divided into three groups and thawed by different treatments as follows: thawing in the

microwave (8°C), ambient temperature (21°C) and refrigerator temperature (4°C). The duration of thawing in each of the above conditions lasted 1 hour, 10 minutes, and 8h, respectively (Ersoy et al. 2008). The experiments were performed at the National Center for Aquatic Processing Research in Bandar Anzali (affiliated to the Iranian Fisheries Research Institute) and at the Food Industry Laboratory of the Azad University of North Tehran Branch in October and November 2016. To determine the approximate amount of protein, fat, moisture, and ash sampling was performed in zero phases (before freezing) and final stage (after 2-months storage) after thawing. For measuring some content of mullet fillets (such as TVB-N and TBA, pH, etc.), color assessment, and weight loss, sampling was done three times during 2-months storage (zero phase, after one month, and after two months). Moisture, ash and protein contents, TVB-N, and pH were measured according to AOAC (2019). Also, fat content and TBA were determined by Parvaneh' method (2019) and colorimetry (AOAC 2019), Moreover, the color assessment was done using a colorimeter (NR60CP Precision Colorimeter, 3nh, China). All experiments were performed in triplicates. The normality of obtained data was checked by Kolmogorov – Smirnov method. All data were presented as mean values ± standard error (SE), which were compared using one-way analysis of variance (ANOVA) following Duncan's multiple range test. A P-value of less than 0.05 was considered significant. This study was done in the summer of 2018.

Results and discussion: The results indicated that the amount of thiobarbituric acid (TBAs) and volatile nitrogen (TVB-N) and pH were significantly different between treatments. The highest value of the first two parameters and the lowest pH was found in microwave thawing ($p<0.05$). Also, a significant increase in thiobarbituric acid levels was observed in all three thawing methods. This may indicate increasing the fat oxidation, which may be due to the release of oxidative enzymes and peroxidants from disintegrated cells due to freezing. Regarding the moisture content, crude protein, fat content, and ash content, the results showed that thawing in ambient temperature and refrigerator is better than that thawing in the microwave. It must be due to the formation of drip in the process of thawing and the solubility of ash and protein in drip. Also, it should be related to the high energy of microwaves which causes the removal of intermittent water from fish's bodies. also, color indices showed that the thawing fillets at ambient temperature had higher quality than at refrigerator and microwave temperature treatment, except for L*, which is the highest in refrigerator temperature.

Conclusion: Based on the results of this research, it can be noted that the freezing of the aquatic environment at refrigerator temperature will maintain the nutritional value of the food after dehumidification, the most suitable method for the thawing of the fillet.

Keywords: Thawing, Quality changes, Chemical composition, Mullet