

ارزیابی کیفیت و زمان ماندگاری میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) تازه، طی نگهداری در یخ فالوده‌ای (Slurry ice)

محمد علی خانلر^۱، سیدمهدی اجاق^{۲*}، بهاره شعبانپور^۳، علی‌رضا عالیشاهی^۴، سید ولی حسینی^۵

۱. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳. دانشیار گروه فراوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
۴. استاد گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۵. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۲۵

چکیده

میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) گونه مهم و غالب پرورشی در سرتاسر جهان می‌باشد. ارزیابی کیفیت و زمان ماندگاری میگوی تازه قبل از تیمار نگهدارنده (متابلی سولفیت سدیم) طی فرایند برداشت ضروری است. روش‌های مختلف نگهداری، شامل نگهداری در یخچال (۴°C) (تیمار A) و نگهداری در یخ پودری (تیمار B) و یخ فالوده‌ای (تیمار C)، بر کیفیت و زمان ماندگاری میگوی پاسفید غربی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، آزمایش‌های مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)، تیوباربیتوریک اسید (TBARS)، مقادیر اسیدیته و آزمایش‌های میکروبی شامل شمارش کلی باکتری‌ها (APC) و شمارش باکتری‌های سرمادوست (PTC) طی ۱۲ روز (هر دو روز یک‌بار) انجام شد. افزایش میزان (TBA، TMA-N، TVB-N) و (PV) طی دوره نگهداری در یخ فالوده‌ای به شکل معنی‌داری در مقایسه با یخ پودری و یخچال (۴°C) کاهش یافت ($P < 0.05$). زمان ماندگاری نگهداری میگوی در یخچال (۴°C)، ۶ روز بود. روند رشد باکتری‌های هوازی (APC)، باکتری‌های سرماپسند (PTC) در نمونه‌های نگهداری شده در یخچال در مقایسه با دو تیمار دیگر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). به طور کلی، نتایج حاکی از عملکرد بهتر تیمار (C) یخ فالوده‌ای در حفظ کیفیت میگوها طی ۱۲ روز نگهداری بود.

واژگان کلیدی: میگوی پاسفید غربی، یخ فالوده‌ای، کیفیت، زمان ماندگاری، یخ‌گذاری.

۱. مقدمه

فراورده‌های دریایی منبع مهمی از مواد مغذی بوده که استفاده از آن در رژیم غذایی انسان به‌ویژه از دیدگاه سلامتی مورد توجه قرار گرفته است. از جمله مواد منابع مهم دریایی می‌توان به میگو اشاره کرد که غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع بلندزنجیر، اسیدهای آمینه و پپتیدها بوده که در پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی نقش دارد. در همین راستا افزایش تقاضا برای غذاهای دریایی تازه رو به افزایش است، این در حالی است که برای پاسخگویی به تقاضای مصرف‌کنندگان برای غذاهای تازه، افزایش زمان ماندگاری میگوی تازه، هنگام نگهداری در یخچال مورد استقبال بیشتری قرار گرفته است (Chouliara et al., 2008). در حال حاضر گونه پرورشی غالب در جهان میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) متعلق به خانواده پنائیده است. در ایران نیز گونه اصلی پرورشی در سال‌های اخیر بوده است که یکی از مهمترین محصولات صادراتی غیر نفتی با ارزش به حساب می‌آید. به دلیل فعالیت بیوشیمیایی، کاهش کیفیت ظاهری، شیمیایی و فیزیکی آن‌ها پس از صید آغاز می‌گردد (Mastromatteo et al., 2010). آبریان حاوی مقادیر زیادی ترکیبات ازت‌دار غیر پروتئینی و آنزیم‌های اتولیتیک می‌باشد که همراه با میگرورانیزم‌های عامل فساد منجر به توسعه سریع تغییرات نامطلوب کیفی و ظاهری پس از صید می‌شوند (Jiang, 2014). زمان ماندگاری و کیفیت ظاهری میگو در طول فرایند برداشت، عمل آوری و نگهداری، در پذیرش مصرف‌کننده یا خریدار، تعیین‌کننده بوده و یکی از مسائل مورد توجه صنعت آبریان می‌باشد (Parisenti et al., 2011). به صورت سنتی در صنعت میگو به‌منظور کاهش افت کیفیت محصول از یخ پودری حاصل از آب شیرین در اتاق سرد ۴ درجه سانتی‌گراد (به‌جهت کاهش آسیب فیزیکی به محصول) نسبت به یخ خرد شده استفاده می‌شود (Piñeiro et al., 2004). همچنین در مطالعات مختلف تأثیر استفاده از یخ فالوده‌ای با مزیت سرعت سردسازی بیشتر با توجه به کاهش سرعت رشد میکروبی و افزایش زمان ماندگاری برای طیف وسیعی از گونه‌های آبریان گزارش شده است (Kauffeld et al., 2010).

بررسی تأثیر فناوری‌های جدید مثل استفاده از ازن در یخ‌های پودری (Okpala, 2015) و استفاده ترکیبی آن با یخ فالوده‌ای در یک سیستم ترکیبی برای جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن با هدف افزایش زمان ماندگاری در گونه‌های سالمون (*Oncorhynchus kisutch*) (Rodríguez et al., 2008)، سوف‌ماهیان (*Sparus aurata*) (Tejada and Huidobro, 2002)، سی‌باس (*Dicentrarchus labrax*) (Cakli et al., 2006)، ماکرل (*Trachurus trachurus*) (Losada et al., 2004b)، میگو صورتی (*Parapenaeus longirostris*) (Huidobro et al., 2002)، مطالعه شده است. اگر چه مزایا و کاربردهای یخ فالوده‌ای به خوبی شناخته شده است، اما مطالعاتی بر تأثیر آن روی میگوی پاسفیدغربی پرورشی در ایران که از لحاظ ویژگی‌های ظاهری روند متفاوتی را پس از برداشت دارا می‌باشد، انجام نشده است. این مطالعه بخشی از یک مطالعه استراتژیک با هدف برنامه‌ریزی عملیاتی استفاده از یخ فالوده‌ای و مقایسه آن با یخ پودری و درجه حرارت یخچال در نگهداری محصول بوده است که تأثیر آن را بر پارمترهای شیمیایی و میکروبی میگوی پاسفیدغربی، در طول دوره نگهداری به مدت ۱۲ روز بررسی می‌کند.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه میگو، آماده‌سازی نمونه‌ها و یخ‌گذاری

انتخاب میگوها به صورت تصادفی از ۳۰ استخر ۱/۸ هکتاری در ۳ مزرعه پرورشی سایت گمیشان واقع در استان گلستان از بین میگوهای با اندازه و وزن یکسان انجام شد. میانگین وزن میگوهای برداشت شده 17 ± 3 گرم و مقدار کل میگوهای تهیه شده ۱۵۰ کیلوگرم (۸۰۰۰-۹۰۰۰ عدد میگو) بود. در مرحله بعد پس از صید و شستشو میگوهای پرورشی در مزرعه به مدت ۲ دقیقه در محلول آب سرد (۱ تا -۱ درجه سانتی‌گراد) غوطه‌ور شدند، سپس در مرحله بعد به تیمارهای روش‌های نگهداری شامل تیمار A (نگهداری در یخچال 4°C)، تیمار B (نگهداری در یخ پودری با نسبت ۱/۱، یک لایه یخ و یک لایه میگو)، تیمار C (نگهداری در یخ فالوده‌ای) تقسیم و در جعبه‌های پلی‌استایرن

۲۵ میلی‌لیتر دیگر را درون ارلن ریخته و ۳۷ میلی‌لیتر اسید استیک به آن اضافه شد. به محلول یک میلی‌لیتر محلول یدور پتاسیم اشباع اضافه گردید. پس از یک دقیقه ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و یک میلی‌لیتر محلول نشاسته به محلول اضافه و با تیوسولفات سدیم ۰/۱۰ نرمال تیترا شد تا رنگ محلول از زرد به سفیدی شیری تغییر یابد. میزان پراکسید (میلی اکسی والان O₂ در کیلوگرم چربی میگو) از رابطه زیر مورد محاسبه قرار گرفت (Kirk and Sawyer, 1991).

$$PV = \frac{0.1 \times 100 \times \text{تیوسولفات مصرفی}}{\text{وزن روغن}}$$

۴.۲. اندازه‌گیری تیوباریوتوریک اسید (TBARS)

در این آزمایش از روش Benjakul و Nirmal (۲۰۰۹) استفاده شد که مقدار ۱۰ گرم از نمونه چرخ شده ماهی به یک بطری انتقال داده شد و سپس با ۳۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک آن را به حجم رسانده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول فوق را داخل لوله‌های آزمایش ریخته و داخل سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۳۶۰۰ g (rpm) قرار داده شد. ۵ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به لوله‌های خشک درب دار وارد کرده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف TBARS افزوده گردید. لوله‌های درب دار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. توسط دستگاه اسپکتروفتومتری مقدار جذب در ۵۳۲ نانومتر در مقابل شاهد خوانده شد (Nirmal and Benjakul, 2009).

۵.۲. اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N= Total volatile basic - nitrogen)

۱۰ گرم گوشت چرخ شده میگو را همراه با ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل بالن کدال ریخته، سپس چند عدد پرل شیشه‌ای به همراه اکتان نرمال (ضد کف) به آن اضافه می‌گردد. سپس بالن را به دستگاه وصل کرده و از زیر به آن حرارت داده شد. در انتهای دستگاه یک ارلن مایر ۲۵۰

قرار گرفتند. برای تولید یخ فالوده‌ای از دستگاه (LRS-2T, Shenzhen Lier Machinery Equipment Co., Ltd, China) استفاده شد. ترکیب یخ فالوده‌ای شامل ۸۰ درصد یخ و ۲۰ درصد آب بود که از دریچه شوری با میزان شوری ۳ درصد تهیه شد و درجه حرارت متوسط مرکز نمونه‌ها بین (۱/۰ °C تا ۱/۶-) بود. همچنین برای تولید یخ پودری از دستگاه (BREMA GB 903 A, Brema Ice Makers) (Made in Italy) استفاده شد. درجه حرارت متوسط مرکز نمونه‌های غوطه ور در یخ پودری بین (۴°C تا ۱) بود. آنگاه نمونه‌ها با حفظ درجه حرارت و شرایط صحیح انتقال، به آزمایشگاه شیمی انتقال داده شدند. در طی روزهای نگهداری هر روز مقداری یخ تازه به منظور جبران یخ‌های ذوب شده و همچنین ثابت نگه داشتن دمای داخلی جعبه‌ها، اضافه گردید. فاکتورهای شیمیایی، میکروبی در روزهای صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایش‌ها در ۳ تیمار و ۳ تکرار انجام گرفت.

۲.۲. اندازه‌گیری اسیدیته (TA= Titratable acidity)

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از محلول سود ۰/۱ نرمال و با استفاده از رابطه زیر محاسبه و بر حسب درصد اسید غالب گزارش شد (Tiwari et al., 2008).

$$C = \frac{V \times N \times Meq}{W} \times 100$$

به‌طوری که در رابطه فوق W وزن نمونه، V حجم سود مصرفی، C اسیدیته بر حسب اسید سیتریک بر حسب گرم بر صد میلی‌لیتر، N نرمالیه سود و Meq اکسی والان اسید غالب می‌باشد.

۳.۲. پراکسید (PV= Peroxide value)

میزان پراکسید در هر سه تیمار از روش Kirk و Sawyer (۱۹۹۱) استفاده شد. ۴۰ گرم نمونه چرخ شده میگو با ۱۰۰ میلی‌لیتر کلروفرم مخلوط و با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده را برای استخراج چربی درون بشر ریخته و درون آون قرار داده تا کلروفرم آن تبخیر (اختلاف وزن بشر پس از تبخیر کلروفرم بیانگر وزن روغن خواهد بود) و

(Psychrophilic Bacterial Count)

برای شمارش PTC از نمونه‌های تهیه شده، از محیط پلیت کانت آگار استفاده شد. پلیت‌های مربوط به باکتری‌های سرمادوست بعد از ۱۰ روز انکوباسیون در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شمارش شدند (Hovda et al., 2007).

۸.۲. شمارش باکتری‌های هوازی (APC=)

(Aerobic plate count)

طبق روش AOAC (۲۰۰۵) برای آزمایش‌های میکروبی ۱۰ گرم از نمونه گوشت فیله در ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی ریخته و هموژن شده و متعاقب آن رقت‌های موردنیاز تهیه گردید. ۱ میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش پور پلت در محیط پلیت کانت آگار قرار گرفت. نمونه‌های کشت داده شده در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت برای شمارش تعداد باکتری‌های هوازی قرار گرفتند و پس از طی مدت انکوباسیون، کلونی‌ها شمارش شدند در صورت نیاز (بالا بودن تعداد باکتری‌ها در یک پلیت) رقیق‌سازی نمونه‌ها در محلول سرم فیزیولوژی انجام شد (Mu et al., 2012).

۹.۲. تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد و از آزمون لون (Leven) برای همگنی واریانس استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از سه تیمار از آنالیز واریانس دوطرفه (ANOVA) و برای بررسی تفاوت‌های بین میانگین‌ها در زمان‌های مختلف برای یک تیمار و بین دو تیمار در یک زمان از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده گردید، برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (18) استفاده گردید و شکلها با استفاده از نرم‌افزار Excel (2016) ترسیم شد.

۳. نتایج

۱.۳. فراسنجه‌های شیمیایی

میلی‌لیتری نیز حاوی ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسید-بوریک ۲٪ (۲ گرم اسید بوریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم رسانده) به همراه چند قطره معرف متیل رد (۰/۱ گرم متیل رد در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول به حجم رسانده) قرار داده شد. متیل‌قرمز در محیط اسیدی قرمز رنگ و در محیط بازی زرد رنگ می‌باشد. عمل تقطیر تا گذشت ۳۰ دقیقه از زمان جوشش مواد درون بالن، یا جمع شدن حدود ۱۲۵ میلی‌لیتر مایع در ارلن مایر ادامه یافت. محلول اسیدبوریک به محض قلیایی شدن توسط بازهای ازته فرار تقطیر شده زرد رنگ می‌شود. عمل تیتراسیون این محلول توسط اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا جایی ادامه می‌یابد که اسید بوریک دوباره قرمز شود. مقدار TVB-N به صورت میلی‌گرم در صد گرم گوشت ماهی با توجه به رابطه زیر به دست می‌آید (Malle and Tao, 1987).

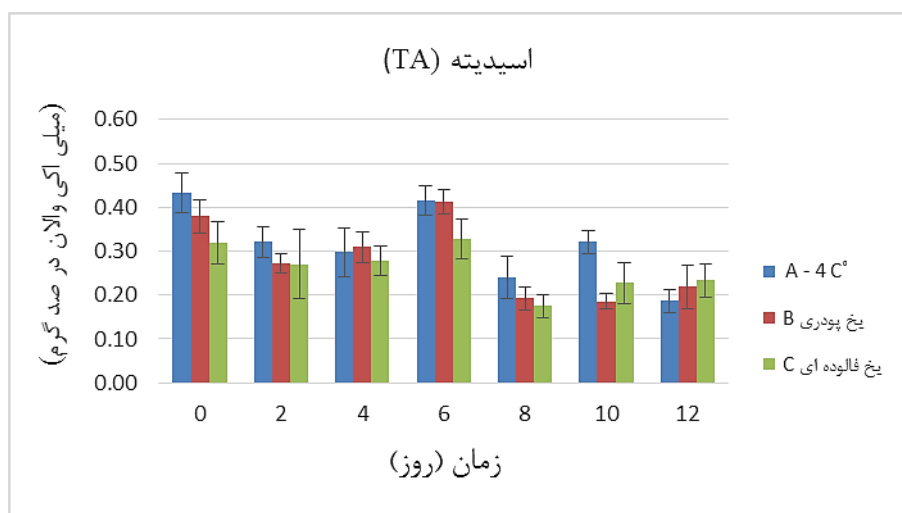
$$14 \times \text{میزان اسید سولفوریک مصرفی} = \text{TVB-N}$$

۶.۲. اندازه‌گیری TMA-N (Trimethylamine)

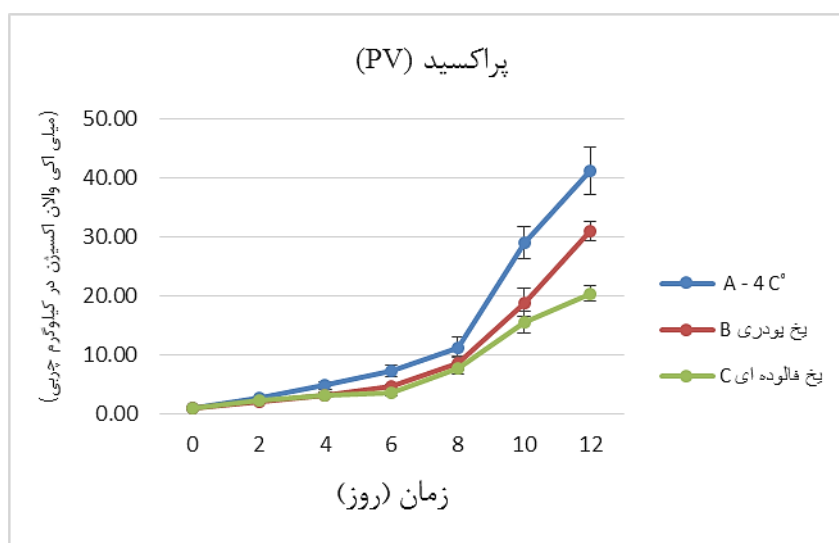
(nitrogen)

برای اندازه‌گیری تری‌متیل‌آمین از روش Kirk و Sawyer (۱۹۹۱) استفاده شد. جهت تهیه عصاره بافت میگو ۱۰ گرم از عضله میگو را با ۳۰ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۷/۵ درصد مخلوط کرده و سپس با دستگاه هموژنایزر به مدت ۲ دقیقه یکنواخت شد تا محلول شیری رنگ حاصل شود. در مرحله بعد بافت یکنواخت شده در سرعت (rpm) ۲۵۰۰ g دور و به مدت ۱۰۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و مواد جامد ته‌نشین شده و محلول فوقانی که شفاف می‌باشد به عنوان عصاره بافت عضله میگو مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تهیه محلول‌های استاندارد ۱۲۳ میلی‌لیتر محلول استاندارد با آب مقطر به ۴ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس با تعیین میزان جذب نور منحنی استاندارد رسم شد. در این آزمایش یک لوله به عنوان شاهد، استاندارد و مجهول را نشان می‌دهد. با تعیین میزان جذب نور در نمونه مجهول و با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده میزان TMA-N در عضله میگو محاسبه شد (Kirk and Sawyer, 1991).

۷.۲. شمارش باکتری‌های سرماپسند (PTC=)



شکل ۱- روند تغییرات اسیدیت قابل تیتراسیون TA تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز.



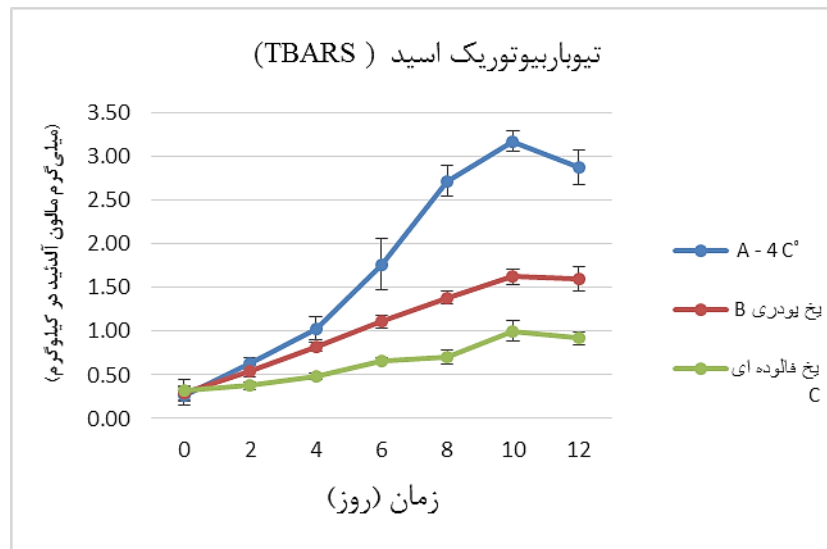
شکل ۲- روند تغییرات پراکسید (PV)، (میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی میگو) در تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز.

دوره نگهداری بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0.05$).

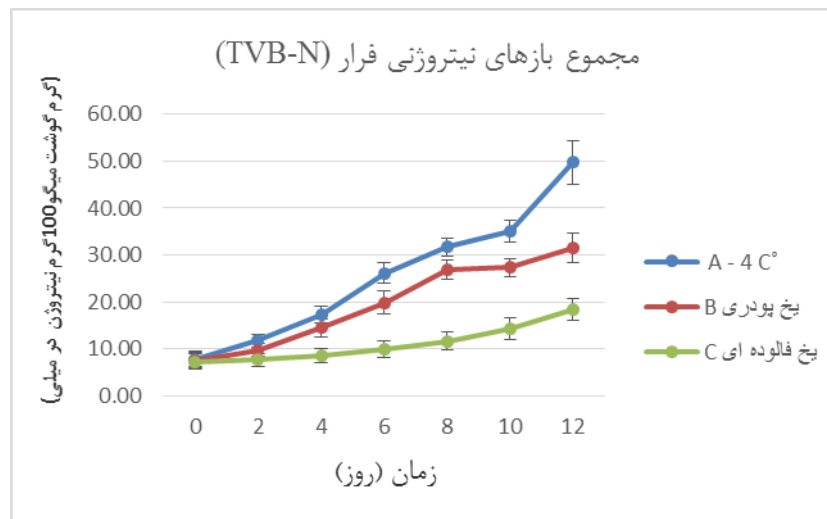
تغییرات در میزان TBARS در میگو پرورشی به هنگام نگهداری در شکل ۳ نشان داده شده است. میزان TBARS در از ابتدای دوره نگهداری تا روز دهم نگهداری افزایش یافت. بیشترین میزان TBARS برای تیمار A و در روز دهم مشاهده شد ($P < 0.05$).

تغییرات در میزان TVB-N تیمارهای مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. میزان TVB-N با طی دوره نگهداری به طور کلی افزایش معنی داری یافت ($P < 0.05$). بیشترین میزان TVB-N در تیمار A و در روز دوازدهم مشاهده شد که با میزان TVB-N بین روزهای نگهداری اختلاف معناداری داشت ($P < 0.05$). همچنین در تیمار C کمترین میزان

تغییرات در میزان TA در تیمارهای مختلف طی دوره نگهداری در شکل ۱ نشان داده شده است. همان-طور که مشاهده می شود میزان اسیدیت سه تیمار A، B و C طی دوره نگهداری با یکدیگر اختلاف معنی-داری داشتند ($P < 0.05$). تغییرات در میزان PV در میگو پرورشی به هنگام نگهداری در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان پراکسید در هر سه تیمار با افزایش زمان ماندگاری تا روز هشتم به صورت پیوسته روند افزایشی را نشان داد. پس از روز هشتم رشد ناگهانی در هر سه تیمار دیده شد ($P < 0.05$). در این بین تیمار A به طور معنی داری افزایش یافت و تیمار C روند کندتری را داشت. بیشترین میزان PV برای تیمار A ۴۵/۷۳ (میلی اکی والان در صد گرم گوشت) و در روز دوازدهم نگهداری مشاهده شد، از روز چهارم تا انتهای



شکل ۳ - روند تغییرات تیوباربیتوریک اسید TBARS (میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم گوشت میگو) تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز.



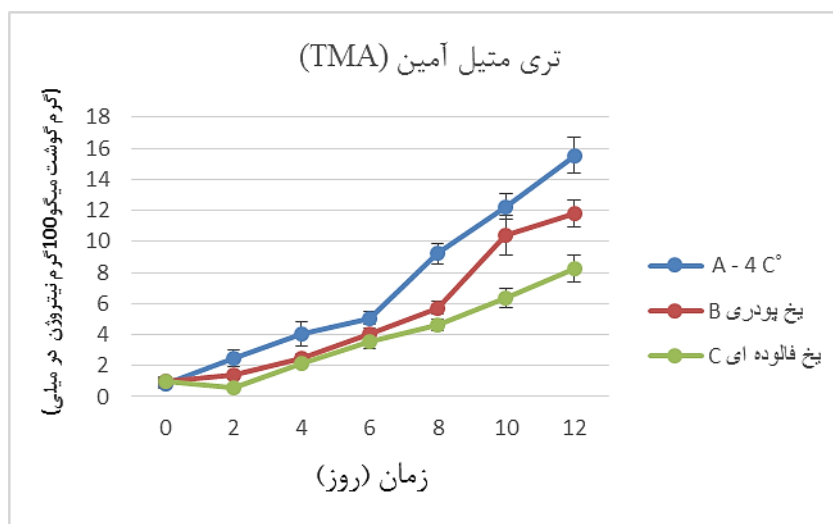
شکل ۴ - روند تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار TVB-N (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت میگو)، تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز.

انتهای دوره نگهداری به طور معنی داری نسبت به تیمار A، B پایین تر بود ($P < 0.05$).

مقایسه روند تغییرات تری متیل آمین TMA-N (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت میگو) و مجموع بازهای نیتروژنی فرار TVB-N (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت میگو) در تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز به همراه تابع و ضرایب همبستگی TMA-N و TVB-N طی دوره نگهداری در تیمارهای A، B، C به ترتیب در شکل ۱-۶، ۲-۶، ۳-۶ نشان داده شده است. با انجام آنالیز همبستگی بین TMA-N و TVB-N در تیمارهای مختلف نتایج نشان می دهد که با افزایش میزان TMA-N، در

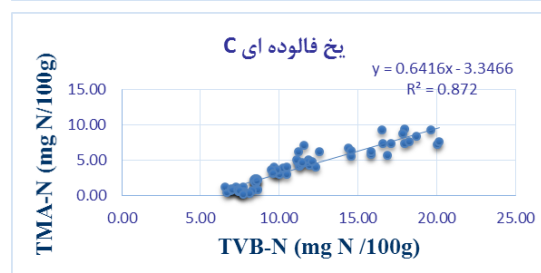
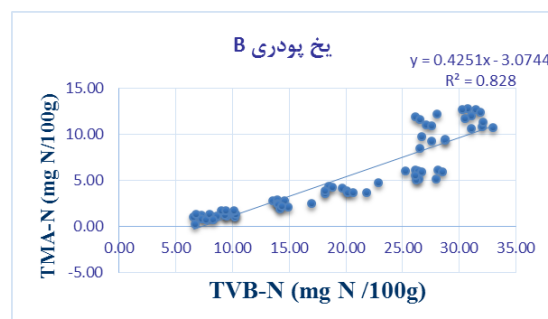
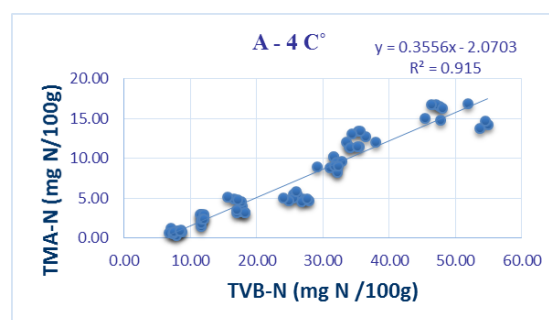
TVB-N مشاهده شد، این در حالی است که بین روزهای نگهداری رابطه معنی داری وجود داشت ($P < 0.05$).

تغییرات در میزان TMA-N تیمارهای مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. میزان TMA-N طی دوره نگهداری روندی صعودی داشته است، به طوری که این روند در تیمار A بیشتر از تیمار B و C بود. بیشترین میزان TMA-N برای تیمار A در روز دوازدهم مشاهده شد و بین روزهای مختلف نگهداری نیز اختلاف معنی داری داشتند ($P < 0.05$). همچنین کمترین میزان TMA-N نیز متعلق به تیمار C در روز دوم بود و مقادیر TMA-N این تیمار از روز هشتم تا



شکل ۵ - روند تغییرات تری متیل آمین نیتروژن TMA-N (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت) تیمارهای مختلف طی ۱۲ روز.

شکل ۶ - (۱) مقایسه تری متیل آمین نیتروژن و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمار A، (۲) مقایسه تری متیل آمین نیتروژن و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمار B و (۳) مقایسه تری متیل آمین نیتروژن و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمار C.

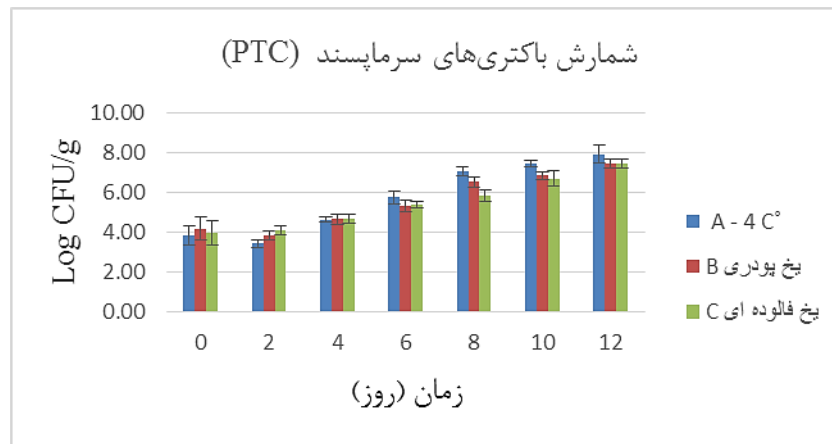


۲.۳. فراسنجه‌های میکروبی

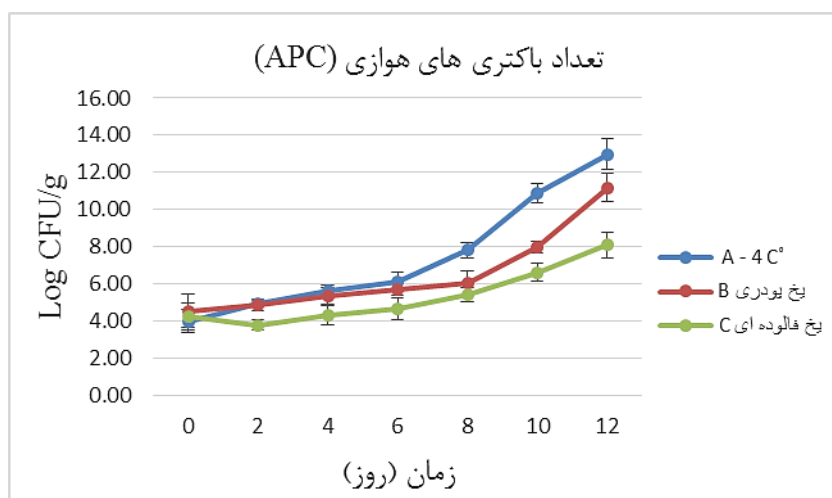
تغییرات در میزان PTC در میگو پرورشی به هنگام نگهداری در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، طی دوره نگهداری، جمعیت میکروب‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. بیشترین میزان PTC در تیمار A و در روز دوازدهم مشاهده شده است و همچنین نتایجی که برای روز نهم در این تیمار به دست آمده با میزان PTC آن در سایر روزها اختلاف معنی‌داری داشته است (شکل ۷).

تغییرات در میزان APC در میگو پرورشی به هنگام نگهداری در شکل ۸ نشان داده شده است. میزان باکتری‌های هوازی طی دوره نگهداری در هر سه تیمار روند صعودی داشته است و بیشترین میزان APC در تیمار A و در روز دوازدهم مشاهده شده است. همچنین کمترین میزان APC مربوط به تیمار C بود. نتایج نشان داد میزان APC در تیمار C به‌طور معنی‌داری پایین تر از تیمار A و B بوده است ($P < 0.05$).

تیمارهای مختلف (با ضرایب تیمار A (۴°C)، تیمار B، $R^2 = 0.915$ ؛ تیمار C، $R^2 = 0.828$ ؛ تیمار C، $R^2 = 0.872$) نیز افزایش پیدا می‌کند. رابطه خطی و توابع در شکل‌ها نشان داده شده است که در آن محور افقی X به مقادیر TVB-N و محور عمودی y به TMA-N اشاره دارد.



شکل ۷- روند تغییرات باکتری‌های سرماپسند (Log CFU/g) PTC در روش‌های نگهداری طی ۱۲ روز.



شکل ۸- روند تغییرات باکتری‌های هوازی (Log CFU/g) APC در روش‌های نگهداری طی ۱۲ روز.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه ترکیبات نیترروژنی در طول نگهداری منجر به افزایش pH گوشت می‌شود که نشانگر رشد باکتری ها، کاهش کیفیت و درنهایت فساد آبریان می‌باشد. اما اطلاعات کمی در مورد اسیدیته قابل تیتراسیون وجود دارد. با این حال برخی محققان بیان کرده‌اند که مواد مغذی و ترکیبات بیوشیمیایی محصولات غذایی متفاوت است، در واقع نسبت اسیدیته کل یا اسیدیته قابل تیتراسیون به مواد حل شده به‌عنوان ویژگی‌های کیفیت استفاده می‌شود. اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون تا نقطه پایانی که در حالت قلیایی قرار می‌گیرد، اگر چه میزان اسید را نشان نمی‌دهد اما با توجه به مصرف پروتون‌ها در تیتراسیون بر پایه اسید و رسم منحنی استاندارد تیتراسیون، می‌توان آن را تخمین زد. به عبارت دیگر، فعالیت آنزیمی و میکروبیولوژیکی فساد غذاهای دریایی را تعیین می‌کنند (Okpala, 2015).

بنابراین، اسیدیته یکی از عوامل کنترل عملکرد این دو عامل به حساب می‌آید که می‌تواند در فرایندهای عمل‌آوری و فراوری میگوی پاشیدغربی با توجه به استانداردهای موجود با احتیاط برای محدود کردن فعالیت میکروبی مورد استفاده قرار بگیرد (Martin-Belloso and Fortuny, 2010). نتایج حاصل از تغییرات TA طی دوره نگهداری در ابتدا کاهشی و در روز ششم دوباره افزایش داشته است، همچنین پس از آن دوباره کاهش را در هر سه تیمار نشان داد. میزان TA در تیمار A و در روز صفر ۰/۴۵ mEq/100 g که بیشترین میزان TA طی ۱۲ روز را نشان می‌دهد و نتایج حاکی از آن بود که با دو تیمار دیگر دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0.05$). همچنین کمترین میزان TA نیز متعلق به تیمار B در روز هشتم ۰/۱۸ mEq/100 g بوده است. تغییرات مقدار اسیدیته میگوی پاشیدغربی تازه و تغییرات آن در

زمان نگهداری در یخ با مطالعات Okpala و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت.

در روز دوم در تیمار A در مقایسه با تیمار B و C بیشتر بود ($P < 0.05$). در روز ۴ اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. همچنین در روز ششم نگهداری میزان TA در روش‌های A و B اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند اما اختلاف این دو تیمار با تیمار C معنی‌دار بود. در طی نگهداری میگو در یخ فعالیت‌های بیوشیمیایی همچنان ادامه پیدا می‌کند (Huang et al., 2016). یکی از مهمترین شاخص‌ها در کاهش کیفیت، اکسیداسیون چربی‌های غیراشباع است. در مطالعه حاضر تا روز هشتم نگهداری میزان PV در تیمارهای مختلف با شیب کم افزایش یافت. مقدار PV در روزهای اولیه نگهداری، با سرعت کم نشان‌دهنده این بود که اکسیداسیون در مرحله آغازین هست. در مرحله آغازین اکسیداسیون، برخی از ترکیبات سلولی موجود در بافت‌های بیولوژیک وجود دارند که با دادن الکترون به‌عنوان بازدارنده اکسیداسیون در مراحل آغازین عمل می‌کنند. پس از مصرف این ترکیبات در واکنش و اکسیدن شدن کل آن‌ها مرحله انتشار اکسیداسیون موجب افزایش ناگهانی PV در هر سه تیمار می‌شود. هیدروپراکسیدها فاقد عطر و طعم هستند، بنابراین از نظر نامطلوب شدن طعم غذا اهمیتی ندارند و روی هم رفته طعم نامناسب غذا به دلیل تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون ایجاد می‌شود. هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در مرحله انتشار محصولات اولیه اکسیداسیون هستند. هیدروپراکسیدها اغلب ناپایدار هستند و به محصولات ثانویه اکسیداسیون که با شاخص TBARS اندازه گیری شده است، تجزیه می‌شوند.

میزان TBARS در میگو تازه 29 ± 0.3 (میلی-گرم مالون‌آلدهید در کیلوگرم گوشت) نشان‌دهنده کیفیت عالی است. مقادیر TBARS در هر سه تیمار تا روز ۶ با شیب کم افزایش داشت. پس از روز هشتم با افزایش ناگهانی در هر سه تیمار A، B و C، که میزان TBARS در روز دهم به بیشترین میزان به ترتیب به ۳/۱۸، ۱/۶۲ و ۱/۰۰ (میلی گرم مالون آلدهید در کیلوگرم گوشت میگو) رسید و در روز ۱۲ اندکی کاهش یافت که به دلیل مصرف ترکیبات ثانویه بوده است. در بین تیمارها، مقادیر TBARS تیمار C در روز دوازدهم ۰/۹۲ (میلی گرم مالون دی‌آلدهید) به

طور معنی‌داری نسبت به تیمار B ۱/۶۰ میلی گرم مالون‌دی‌آلدهید و تیمار B نسبت به تیمار A ۲/۸۸ میلی گرم مالون‌دی‌آلدهید کمتر بود. در طی مراحل ثانویه اکسیداسیون چربی ترکیبات کربنیلی ظاهر می‌گردند (Baygar et al., 2008). وجود چنین ترکیباتی در گوشت آبزیان حاکی از پیشرفت اکسیداسیون چربی بوده (Ponnampalam et al., 2002) و سبب تغییراتی در ویژگی‌های حسی میگو از جمله طعم و بو می‌گردد (Jaffres et al., 2011).

ترکیب شدن پروتئین‌ها با چربی‌های اکسید شده نیز سبب ایجاد رنگ‌دانه‌های زرد رنگ می‌شود. آنزیم‌های لیپوکسیژنار و پراکسیداز موجب اکسیژنه شدن اسیدهای چرب دارای چند باند غیراشباع شده و آن‌ها را به هیدروپراکسید تبدیل می‌کنند. این تغییرات رنگی در خصوصیات ظاهری و پذیرش مصرف کننده در میگو اهمیت بیشتری دارد (Mexis et al., 2009). در محصولات دریایی با کیفیت عالی، شاخص TBARS باید کمتر از ۳ میلی گرم مالون‌آلدهید بر کیلوگرم و در محصولات دریایی با کیفیت خوب نباید بیشتر از ۵ میلی گرم مالون‌دی‌آلدهید بر کیلوگرم باشد. میزان ۷-۸ میلی گرم مالون‌دی‌آلدهید بر کیلوگرم نشان دهنده غیر قابل مصرف بودن محصول می باشد. به عبارت دیگر پیشرفت زمان نگهداری مقدار TBARS عضله افزایش معنی‌داری را نشان داد. استفاده از یخ فالوده‌ای برای کاهش فساد چربی و حفظ کیفیت در چند گونه از آبزیان، مانند ساردین (Sardina pilchardus) (Losada et al., 2004a)، کفشک پرورشی (Psetta maximus) (Rodríguez et al., 2006)، هوکی اروپایی (Merluccius merluccius) (Merluccius merluccius) (Losada et al., 2004b) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن‌ها با نتایج مطالعه حاضر که حاکی از عملکرد بهتر یخ فالوده‌ای در ممانعت از توسعه اکسیداسیون میگو نسبت به یخ‌های دیگر بود، مطابقت داشت.

TVB-N در واقع با فعالیت باکتریایی، آنزیمی با تجزیه پروتئین‌ها و ترکیبات ازت‌دار غیرپروتئینی گوشت تولید می‌شود (Özyurt et al., 2009). اگرچه TVB-N یک شاخص ضعیف برای سنجش تازگی آبزیان می‌باشد (Castro et al., 2006)، ولی به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی کیفی آبزیان استفاده می‌شود (Fan et al., 2008). میزان TVB-N در روزهای اولیه نگهداری با توجه به اینکه تعداد باکتری‌های

تیمارها مشاهده نشد. اما پس از روز دوم تا انتهای دوره نگهداری، مشاهده می‌شود که سه تیمار A، B و C با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. با توجه به این نتایج بیشترین میزان TMA-N در روز دوازدهم و کمترین میزان آن در روز دوم ایجاد شد. با استناد به این یافته‌ها، با بررسی جداگانه آزمون‌ها، بیشترین میزان TMA-N مربوط به تیمار A در روز دوازدهم و کمترین میزان آن مربوط به تیمار C در روز دوم بوده است. در مطالعات پیشین با توجه به متغیر بودن میزان TMA-N، گزارش دقیقی در مورد میزان آن در ابتدای دوره نگهداری وجود نداشت (Nirmal and Benjakul, 2009). حد مجاز TMA-N نیز ۵ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت، برای پذیرش کلی مصرف کننده از نظر کیفیت در نظر گرفته شده است که نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد، تیمار A در روز ششم، تیمار B در روز هشتم و تیمار C در روز دهم قابلیت مصرف را از دست داده‌اند.

باکتری‌های سرمادوست گرم منفی، میکروارگانیزم‌هایی به‌شدت هوازی هستند و در غیاب اکسیژن نمی‌توانند بقا داشته باشند. از ویژگی‌های مهم باکتری‌های سرمادوست دارا بودن آنزیم پروتئولیتیک و لیپولیتیک قوی و سرعت تکثیر آن‌ها در زمان کوتاه می‌باشد. بیشترین حد پیشنهادشده (MRL) برای PTC در میگو $\log CFU/g$ ۷ است (ICMSF, 2012). با توجه به نتایج این تحقیق، بار باکتریایی کم در روزهای ابتدایی دوره نگهداری بیانگر کیفیت خوب و تازگی نمونه‌ها می‌باشد، اما به مرور زمان در طی دوره نگهداری هر دو تیمار روند افزایشی داشته و تا پایان دوره نگهداری به بالاتر از حد مجاز رسیدند. میزان باکتری‌های سرماپسند در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری که میزان PTC در تیمار A به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار B و C بوده است. همچنین مشاهده می‌شود که در روزهای صفر و چهارم بین تیمارهای A، B، C اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، درحالی که در روزهای دوم و هشتم بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در روزهای ششم، دهم و دوازدهم تیمار A و B دارای عملکرد یکسانی بوده‌اند و تیمار A به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در مطالعه حاضر میزان APC در میگو پا سفید غربی نگهداری شده در هر سه تیمار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج نشان داد تعداد APC در تیمار A

هوازی در فاز پایه قرار دارند، قابل توجه نبود، اما پس از مرحله پایه، فاز رشد نمایی میکروارگانیزم‌ها به‌سرعت موجب افزایش TVB-N می‌شود (Arashisar et al., 2004). به عبارت دیگر افزایش میزان TVB-N در ۴ روز اول نگهداری با سرعت کمتری پیش رفت و افزایش آن در تیمار C روند کندتری را نسبت به دیگر تیمارها داشت. این امر به خاطر عامل تولیدکننده TVB-N یعنی باکتری‌ها بود (Okpala et al., 2014). پس از روزهای اولیه به دلیل واکنش‌های آنزیمی و شیمیایی اتولیتیک TVB-N (Bono and Badalucco, 2012) در تیمار A به‌سرعت افزایش یافت. در این تحقیق، افزایش در مقدار TVB-N، با بار آلودگی باکتری‌های سرمادوست به‌خصوص در نمونه‌های تیمار A در ارتباط بود. استاندارد حد مجاز TVB-N در میگو کمتر از ۱۲ می‌باشد، از نظر مصرف، ۲۰-۱۲ کمی فاسد شده اما قابل مصرف خوراکی داشته و بیشتر از ۲۵ فاسد و غیر قابل مصرف می‌باشد (Gornik et al., 2011). در روز دوازدهم بالاترین میزان TVB-N در تیمار A ۴۹/۷۱ و تیمار B و C به‌ترتیب با ۳۱/۴۰ و ۱۸/۴۲ میلی گرم در صد گرم گوشت دارای اختلاف معنی‌داری بود. تیمار A بر اساس استاندارد میزان TVB-N، در روز ششم، تیمار B در روز هشتم غیر قابل مصرف و تیمار C با کمترین میزان تا روز دوازدهم قابلیت مصرف داشتند. در مطالعه کنونی، به‌رغم این که تیمار A و تیمار B بیشترین مقادیر TVB-N را در روزهای دوازدهم نگهداری به خود اختصاص دادند. با این حال و بنابر نتایج حاصل از سایر آزمایش‌های کیفی، شرایط نگهداری در اتاق سرد به‌تنهایی نمی‌تواند موجب توقف تولید مجموع بازهای فرار گردد (Okpala et al., 2014). در یک‌روند مشابه، شاخص TVB-N میگوی پاسبیدغربی نگهداری شده در یخ پودری و فالوده‌ای افزایش یافت (Pantazi et al., 2008). تری‌متیل-آمین نیز معمولاً به‌عنوان شاخص کیفیت به‌طور گسترده‌ای برای بررسی تازگی محصولات دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر و TVB-N می‌تواند چگونگی فساد باکتریایی را به‌طور مستقل نشان دهند، این در حالی هست که فساد اتولیتیک پس از گذشت زمان صید و شروع فساد قابل تفکیک از فساد با عامل باکتریایی نیست (Ocaño-Higuera et al., 2009). در ابتدای دوره نگهداری اختلاف معنی‌داری بین

در روز هشتم، تیمار B در روز دهم به ترتیب به عدد $7/99 \text{ Log CFU/g}$ و $7/83 \text{ Log CFU/g}$ رسید که بالاتر از حد بحرانی بوده است، که با مطالعات Mu و همکاران (۲۰۱۲) که بیان نمودند نگهداری در یخ پودری به مدت طولانی می‌تواند قابلیت مصرف را کم کند و از پذیرش کلی محصول در بازار جلوگیری کند، مطابقت داشت. سه تیمار A، B و C در مقادیر APC با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. از آنجایی که بار باکتریایی تحت کنترل سیستم ایمنی میگو زنده می‌باشد، پس از صید میگو میزان باکتری‌های هوازی عامل فساد در اثر از کار افتادن سیستم ایمنی سریع توسعه پیدا می‌کنند (Lu, 2009). Mu و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کیفیت اولیه میگوها می‌تواند با یخ‌گذاری تا ۸ روز حفظ شد و پس از آن فساد اتولیز شروع می‌شود که می‌تواند قابلیت مصرف را کاهش و از پذیرش محصول در بازار جلوگیری کند (Mu et al., 2012). این درحالی است که در یخ فالوده‌ای در انتهای دوره نگهداری میزان APC در حد قابل قبول $6/09 \text{ Log CFU/g}$ بود.

به دلیل فعالیت بیوشیمیایی بالای آبزیان، کاهش کیفیت ظاهری، شیمیایی و فیزیکی آن‌ها پس از صید آغاز می‌گردد. روش‌های مختلف صید، هندلینگ، عمل‌آوری، نوع و سرعت انجماد و نوع انجمادزایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حفظ شاخصه‌های تازه‌گی میگو می‌باشد (Huang et al., 2016). تغییرات پس از برداشت شامل فعالیت آنزیم‌های درونی، تخریب کمپلکس پروتئین/کارتنوئید، تغییرات pH، شکست ساختار غشاء سلولی، اکسیداسیون چربی (Ahmad et al., 2014) و تولید ترکیبات نامطلوب TMA-N و TVB-N بوده است که به‌طور مستقیم و به‌شدت بر کیفیت و زمان ماندگاری میگو تأثیر می‌گذارد (Godiksen et al., 2009). نرخ رشد باکتری‌ها در درجه حرارت 2°C دو برابر 1°C می‌باشد که با استفاده از فناوری یخ فالوده‌ای می‌توان این میزان از کاهش نرخ رشد باکتری‌ها را تأمین کرد (Kauffeld et al., 2010). مقادیر PTC و APC نشان داد که میگو طی ۱۲ روز نگهداری در تیمار A (۴ درجه سانتی‌گراد) ۷ روز و در تیمار B (۱-۲ درجه سانتی‌گراد) ۹ روز و در تیمار C (۱- درجه سانتی‌گراد) ۱۲ روز برای مصرف کننده قابل مصرف می‌باشد. دو اثر اساسی این نوع یخ سرعت سردسازی تا نزدیک نقطه

انجماد و جلوگیری آسیب فیزیکی محصول را می‌توان بیان کرد. مزایای استفاده از یخ فالوده‌ای به دلیل اجزای تشکیل دهنده آن یعنی میلیون‌ها میکروبیستال تشکیل شده به حالت معلق در یک محلول آب نمک مایع را می‌توان نام برد (Piñeiro et al., 2004). این بلورهای کوچک یخ که معمولاً $0/5-0/25$ میلی‌متر قطر دارند سطح بیشتری از محصول را نسبت به دیگر انواع یخ در انتقال حرارت در بر می‌گیرد. همچنین یخ فالوده‌ای با سرعت سردسازی حداقل سه برابر بیشتر نسبت به یخ پودری می‌تواند مدت زمان انجماد محصول نهایی را کاهش دهد. کاهش درجه حرارت محصول تا نزدیک به صفر درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۴ دقیقه حاصل گردید (Kauffeld et al., 2010). یخ فالوده‌ای از کاهش وزن محصول جلوگیری می‌کند که موجب حفظ رطوبت محصول در طی پخت و پس از آن نیز می‌شود. در نهایت با توجه به مطالب بیان شده یخ فالوده‌ای با نرخ سردسازی بیشتر، حفظ رطوبت و کیفیت محصول باعث صرفه‌جویی ۴۰٪ در فرایند عمل‌آوری می‌گردد. استفاده از یخ فالوده‌ای تأثیر مکانیزم‌های مرتبط با کیفیت، مانند افزایش TBARS و TVB-N، PTC، APC، TMA-N و PV را می‌توان کنترل نمود، در حالی که روش حمل و نگهداری در یخ پودری و نگهداری در یخچال (4°C) این شرایط را به میزان کمتری کنترل نمود. اثرات یخ فالوده‌ای در حفظ کیفیت و مدت زمان ماندگاری میگو تازه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، همچنین ممکن است برنامه گسترده‌ای برای توسعه تجاری صادرات به صورت تازه با تضمین‌های بهتر کیفیت و ایمنی را فراهم آورد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (طرح شماره ۹۶۰۱۶۳۰۳) انجام گرفته است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Ahmad, I., Jeenanunta, C., Noomhorm, A., 2014. Recent developments in quality evaluation, optimization and traceability system in shrimp supply Chain. *Seafood Science: Advances in Chemistry, Technology and Applications*: 232.

- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M., Yanik, T., 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology* 97, 209-214.
- Baygar, T., Erkan, N., Mol, S., Ozden, O., Uçok, D., Yildirim, Y., 2008. Determination of the shelf-life of trout (*Oncorhynchus mykiss*) raw meatball that packed under modified atmosphere. *Pakistan Journal of Nutrition* 7, 412-417.
- Bono G., Badalucco, C., 2012. Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). *LWT-Food Science and Technology* 47, 500-504.
- Cakli, S., Kilinc, B., Cadun, A., Tolasa, S., 2006. Effects of using slurry ice on the microbiological, chemical and sensory assessments of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4°C. *European Food Research and Technology* 222, 130-138.
- Castro, P., Padrón, J.C.P., Cansino, M.J.C., Velázquez, E.S., Larriva, R.M.D., 2006. Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice. *Food Control* 17, 245-248.
- Chouliara, E., Badeka, A., Savvaidis, I., Kontominas, M.G., 2008. Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological, chemical and sensory changes. *European Food Research and Technology* 226, 877-888.
- Fan, W., Chi, Y., Zhang, S., 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry* 108, 148-153.
- Godiksen, H., Morzel, M., Hyldig, G., Jessen, F., 2009. Contribution of cathepsins B, L and D to muscle protein profiles correlated with texture in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry* 113, 889-896.
- Gornik, S., Albalat, A., Macpherson, H., Birkbeck, H., Neil, D., 2011. The effect of temperature on the bacterial load and microbial composition in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) tail meat during storage. *Journal of Applied Microbiology* 111, 582-592.
- HEMRE, G. I., Mommsen, T., Kroghdahl, Å., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition* 8, 175-194.
- Hovda, M. B., Sivertsvik, M., Tore Lunestad, B., Lorentzen, G., Rosnes, J.T., 2007. Characterisation of the dominant bacterial population in modified atmosphere packaged farmed halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) based on 16S rDNA-DGGE. *Food Microbiology* 24, 362-371.
- Huang, Y.-R., Zelaya, M.F.G., Shiau, C.-Y., 2016. Changes in biochemical compositions and quality of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 25, 35-45.
- Huidobro, A., López-Caballero, M., Mendes, R., 2002. Onboard processing of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) with liquid ice: effect on quality. *European Food Research and Technology* 214, 469-475.
- ICMSF, U., 2012. Microbial Ecology of Foods V1: Factors Affecting Life and Death of Microorganisms. Elsevier.
- Jaffres, E., Lalanne, V., Mace, S., Cornet, J., Cardinal, M., Sérot, T., Dousset, X., Joffraud, J.-J., 2011. Sensory characteristics of spoilage and volatile compounds associated with bacteria isolated from cooked and peeled tropical shrimps using SPME-GC-MS analysis. *International Journal of Food Microbiology* 147, 195-202.
- Jiang, L.-F., 2014. The polysaccharides from *Porphyra yezoensis* suppress the denaturation of bighead carp myofibrillar protein. *International Journal of Biological Macromolecules* 68, 18-20.
- Kauffeld, M., Wang, M., Goldstein, V., Kasza, K., 2010. Ice slurry applications. *International Journal of Refrigeration* 33, 1491-1505.
- Kirk, S., Sawyer, R., 1991. Pearson's composition and analysis of foods. Longman Group Ltd.
- Ladikos, D. and Lougovois, V., 1990. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chemistry* 35, 295-314.
- Losada, V., Barros-Velázquez, J., Gallardo, J. M., Aubourg, S.P., 2004a. Effect of advanced chilling methods on lipid damage during sardine (*Sardina pilchardus*) storage. *European Journal of Lipid Science and Technology* 10(6), 844-850.
- Losada, V., Piñeiro, C., Barros-Velázquez, J., Aubourg, S.P., 2004b. Effect of slurry ice on chemical changes related to quality loss during European hake (*Merluccius merluccius*) chilled storage. *European Food Research and Technology* 219, 27-31.
- Lu, S., 2009. Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *LWT-Food Science and Technology* 42, 286-291.
- Macé, S., Joffraud, J.-J., Cardinal, M., Malcheva, M., Cornet, J., Lalanne, V., Chevalier, F., Sérot, T., Pilet, M.-F., Dousset, X., 2013. Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from spoiled raw salmon (*Salmo salar*) fillets stored under modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Microbiology* 160, 227-238.
- Malle, P., Tao, S., 1987. Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation. *Journal of Food Protection* 50: 756-760.
- Martin-Belloso, O., Fortuny, R.S., 2010. Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing. CRC press.
- Mastromatteo, M., Danza, A., Conte, A., Muratore, G., Del Nobile, M.A., 2010. Shelf life of ready to use peeled shrimps as affected by thymol essential oil and modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Microbiology* 144, 250-256.
- Mexis, S., Chouliara, E., Kontominas, M., 2009.

- Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4°C. *Food Microbiology* 26: 598-605.
- Mu, H., Chen, H., Fang, X., Mao, J., Gao, H., 2012. Effect of cinnamaldehyde on melanosis and spoilage of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 2177-2182.
- Nirmal, N.P., Benjakul, S., 2009. Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food chemistry* 116, 323-331.
- Ocaño-Higuera, V., Marquez-Ríos, E., Canizales-Dávila, M., Castillo-Yáñez, F., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M., García-Orozco, K., Graciano-Verdugo, A., 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chemistry* 116, 933-938.
- Okpala, C.O.R., 2015. Quality evaluation and shelf life of minimal ozone-treated Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) stored on ice. *Journal Für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 10, 49-57.
- Okpala, C.O.R., Choo, W.S., Dykes, G.A., 2014. Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT-Food Science and Technology* 55, 110-116.
- Pantazi, D., Papavergou, A., Pournis, N., Kontominas, M., Savvaidis, I., 2008. Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. *Food Microbiology* 25, 136-143.
- Parisenti, J., Beirão, L.H., Tramonte, V.L., Ourique, F., da Silveira Brito, C.C., Moreira, C.C., 2011. Preference ranking of colour in raw and cooked shrimps. *International Journal of Food Science and Technology* 46, 2558-2561.
- Piñeiro, C., Barros-Velázquez, J., Aubourg, S.P., 2004. Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: a comparative review versus flake-ice chilling methods. *Trends in Food Science and Technology* 15, 575-582.
- Ponnampalam, E.N., Sinclair, A.J., Egan, A.R., Ferrier, G.R., Leury, B.J., 2002. Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat. *Meat Science* 60, 125-132.
- Rodríguez, A., Carriles, N., Cruz, J. M., Aubourg, S. P. 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5°C). *LWT-Food Science and Technology* 41, 1726-1732.
- Rodríguez, Ó., Barros-Velázquez, J., Piñeiro, C., Gallardo, J.M., Aubourg, S.P. 2006. Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry* 95, 270-278.
- Tejada, M., 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.
- Tiwari, B., Muthukumarappan, K., O'donnell, C., Cullen, P., 2008. Colour degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology* 41, 1876-1883.