شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۵

ص ۵۴۷-۵۶۴

بررسی تأثیر آنتی‌اکسیدان گیاهی کاتچین در ملانوزیز در میگوی پرورشی (*Litopenaeus vannamei*) در انجماد

❖ **مینا سیف‌زاده*:** کارشناس ارشد، مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، انزلی، ایران
❖ **علی‌اصغر خانی‌پور:** دکتری، مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، انزلی، ایران
❖ **سیدحسن جلیلی:** دکتری، مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، انزلی، ایران

چکیده

در این مقاله تأثیرات کاتچین به منظور جلوگیری از ایجاد لکهٔ سیاه در میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) پرورشی ارزیابی شد. برای عمل‌آوری میگوهای کامل با کاتچین از غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد آن به مدت ۱۵ دقیقه، و برای نمونه‌های شاهد از متا بی‌سولفیت سدیم ۳ درصد به مدت ۱۰ دقیقه و میگوی بدون آنتی‌اکسیدان استفاده شد. کیفیت تیمارها طی شش ماه نگهداری در سردخانه با استفاده از آزمایش‌های شیمیایی و حسی ارزیابی شد. طی این مدت زمان، فاکتورهای pH، بازهای نیتروژنی فرار[1] و تری متیل آمین[2] در تیمار ۰/۳ درصد کاتچین، تفاوت معنی‌دار نشان دادند (P< ۰/۰۵). اسید چرب آزاد[3] در تیمار ۰/۲ درصد کاتچین تفاوت معنی‌دار نشان نداد (P>۰/۰۵). فاکتورهای TMA، FFA و TVB-N در تیمار متا بی‌سولفیت سدیم تفاوت معنی‌داری را در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند (P<۰/۰۵). از حیث ترکیبات تقریبی و پروتئاز در نمونه‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین در مقایسه با نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (P>۰/۰۵). فاکتورهای PV ، TBARS[4]، FFA ، pH و TVB-N در تیمارهای ۰/۲و ۰/۳ درصد کاتچین در مقایسه با تیمار متا بی‌سولفیت سدیم طی مدت زمان نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (P>۰/۰۵). اما در مقایسه با تیمار بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار نشان دادند (P<۰/۰۵). تا پایان مدت زمان نگهداری در سردخانه لکه‌های سیاه در تیمارهای کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم مشاهده نشد، ولی در میگوی بدون آنتی‌اکسیدان طی مدت زمان کمتر از یک ماه نگهداری در سردخانه ملانوزیز ظاهر شد. بر اساس نتایج، کاتچین با غلظت ۰/۲ درصد می‌تواند جانشین مناسبی برای متا بی‌سولفیت سدیم به منظور جلوگیری از بروز لکهٔ سیاه در میگوی پاسفید غربی پرورشی طی شش ماه نگهداری در سردخانه باشد.

واژگان کلیدی: لکهٔ سیاه، کاتچین، متا بی‌سولفیت سدیم، میگوی پاسفید غربی، نگهداری در سردخانه..

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۶۶۱۶۵۵۹۷
Email: M_seifzadeh_ld@yahoo.com

1. TVB-N
2. TMA
3. FFA

۴. تیوباربیتوریک اسید

۱. مقدمه

محدودیت صید ذخایر دریایی و ازدیاد جمعیت سبب افزایش تقاضا برای پروتئین دریایی به‌ویژه میگو شد. بنابراین توجه جوامع بشری به تولید میگوی پرورشی معطوف شد. با توسعهٔ پرورش میگو بالاخص میگوی سفید غربی به‌منزلهٔ یکی از فعالیت‌های مهم آبزی‌پروری در جهان، این صنعت به شکل تجاری تقریباً از اوایل دههٔ هفتاد در سواحل جنوبی ایران آغاز شد (Office of budget and planning organization of Iran fisheries., 1390).

عمل‌آوری مهم‌ترین عنصر در بازاریابی میگو است. انتخاب فنّاوری عمل‌آوری در صنعت فرآوری برای صادرات و کشورهای واردکننده حائز اهمیت است، بایستی بر اساس نیاز بازار و بهداشت مواد غذایی در نظر گرفته شود و از سوی سازمان امنیت غذاها پذیرفته شده باشد. بنابراین، با توجه به ویژگی‌های فرآورده مناسب‌ترین فنّاوری را برای تهیهٔ آن می‌توان انتخاب کرد. بر این اساس، بهره‌برداری مناسب و بهینه از میگوی پرورشی در کشور با به‌کارگیری روش‌های بهینهٔ جابه‌جایی، فرآوری و تغییرات پس از برداشت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Rackowe, 1992).

هم‌اکنون در بازارهای جهانی، میگو به اشکال منجمد، بلوک‌شده، سالاد میگوی پخته‌شده، انجماد سریع انفرادی، میگوی پرورشی و میگوی AFD[1] عرضه می‌شود. میگوی منجمد به دلیل قیمت مناسب و مدت زمان نگهداری طولانی در سردخانه از ارزش تجاری بالا و تقاضای زیاد مصرف‌کنندگان برخوردار است. از مهم‌ترین تغییرات کیفی که طی نگهداری طولانی میگوی منجمد در سردخانه اتفاق می‌افتد می‌توان به ازبین‌رفتن رنگ، اکسیداسیون چربی، دناتوره‌شدن پروتئین و تشکیل بلورهای یخ اشاره کرد (Fieger, 1950).

در حال حاضر به منظور جلوگیری از تشکیل لکهٔ سیاه[2] از متا بی‌سولفیت سدیم استفاده می‌شود. این ترکیب آنتی‌اکسیدان مصنوعی و حساسیت‌زاست که سبب آزادسازی گاز دی‌اکسید گوگرد طی عمل‌آوری می‌شود و در مواردی مرگ کارگران نیز از استشمام آن گزارش شده است (Forbes, 1996; Martinez-Alvarez *et al*., 2005). کاربرد متا بی‌سولفیت سدیم پروسهٔ طبیعی بعد از برداشت میگو است و سبب شفاف‌شدن پوست میگو می‌شود، اما به دلیل باقی‌ماندن آن در بافت میگو و عوارض مصرف آن استفاده از این ترکیب در بسیاری از کشورها ممنوعیت قانونی دارد. علاوه بر این، خورنده است و سبب آسیب‌رساندن به تجهیزات عمل‌آوری در کارخانه‌های عمل‌آوری میگو می‌شود (Abu Baker, 1996).

پلی فنل‌ها قوی‌ترین میکرونوترینت در برنامهٔ غذایی انسان به‌شمار می‌روند (Chen and Ho, 1995). کاتچین ترکیب گیاهی فلاونوئید و بی‌رنگ است و برخلاف متا بی‌سولفیت سدیم سبب تغییر رنگ پوست میگو نمی‌شود. این آنتی‌اکسیدان از پلی فنل‌های گیاهی قوی محسوب می‌شود و از اسیدهای آمینهٔ آروماتیک مانند فنیل آلانین و ال تیروزین تشکیل شده است. تیروزین اسید آمینه‌ای است که به طور طبیعی در میگو وجود دارد. این اسید آمینه از

1. Accelerated freeze drying (نوعی متد حفاظت غذا)

2. Blackspots

یک حلقهٔ فنولیک تشکیل شده است که می‌تواند به وسیلهٔ آنزیم پلی فنل اکسیداز از نواحی کاراپاس سفالوتراکس میگو، caudal و کوتیکل شکم اکسیده شود (Fieger, 1950). کاتچین یکی از مواد مهم برگ سبز چای، متابولیت ثانویه، فاقد عوارض جانبی برای بدن انسان، ۲۵ تا ۱۰۰ برابر آنتی‌اکسیدان قوی‌تر در مقایسه با ویتامین‌های E و C و قابل حل در آب است (Chen and Ho, 1995).

لکهٔ سیاه یا ملانوزیس (Melanosis) پیگمان سیاه غیر محلول (ملانین) در سطح پوستهٔ داخلی میگو است که به اکسیداسیون آنزیماتیک پیش‌سازهای فنولیک مربوط است. این تغییر رنگ در سطح بدن میگو، لابستر و خرچنگ به دلیل تیره‌شدن غشای زیر پوست طی مرحلهٔ جمود نعشی ظاهر می‌شود. اکسیژن، دما و نور خورشید در بروز این لکه‌ها نقش اساسی دارند. لکه‌های سیاه پدیدهٔ آنزیمی‌اند که به وسیلهٔ آنزیم پلی فنل اکسیداز (polyphenol oxidase) ایجاد می‌شوند (Concalves and Grindi, 2009). پلی فنل اکسیداز در پاسخ ایمنی، استحکام کوتیکول، ترمیم زخم‌ها و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها در سخت‌پوستان نیز نقش دارد. این آنزیم، آنزیم داخلی بدن میگو است، فعالیت آن ارتباطی با باکتری‌های عامل فساد ندارد، طی نگهداری در یخچال و یخ فعال است و حتی بعد از انجماد نیز فعال باقی می‌ماند. لکهٔ سیاه مشکلی مهم در گونه‌های تجاری میگو است و می‌تواند تأثیر منفی در ظاهر، کیفیت میگو، مدت زمان ماندگاری، بازارپسندی، ارزش اقتصادی و پذیرش محصول از سوی مصرف‌کننده داشته باشد (Gomez and Monters, 2007; Flores and Crawford, 1973). در جهان برای جلوگیری از ملانوزیز و غیرفعال‌کردن آنزیم پلی فنل اکسیداز از روش‌های مختلفی مانند حرارت مایکروویو، بخار (روش حرارتی)، آنتی‌اکسیدان و حذف اکسیژن (گاز دی‌اکسید کربن متراکم) استفاده می‌شود. از سایر روش‌های مورد استفاده برای غیرفعال‌کردن این آنزیم کاربرد روش‌های شیمیایی است. از این روش‌ها می‌توان ترکیبات احیاکنندهٔ قوی مانند میموزین، سیناپیک اسید، پی‌کوماریک، کوجیک اسید، ارگانیک اسید، سدیم بنزوات، اتیلن دی آمین ترا استیک اسید، سدیم هیدروژن پیرو فسفات، عامل‌های سولفاته و غیره را نام برد (Flick and Lovel, 1972). تاکنون در زمینهٔ کاربرد کاتچین برای جلوگیری از ایجاد لکهٔ سیاه در میگو در داخل کشور تحقیقی انجام نشده است، اما در سایر کشورها کاتچین (Nirmal) و متا بی‌سولفیت سدیم (McEvily ، Rotllant ، Alwarez، Martinez Alvarez) به منظور جلوگیری از ایجاد ملانوزیز در میگوهای کامل به طور گسترده‌ای استفاده شده‌اند.

۲. مواد و روش کار

۲. ۱. مشخصات کلی متا بی‌سولفیت سدیم و کاتچین

متا بی‌سولفیت سدیم (Sigma) پودر جامد سفیدرنگ با نقطهٔ ذوب ۱۵۰ درجهٔ سلسیوس، وزن مولکولی ۱۹۰/۱۱ g/mo^2، ارزش pH ۴ – ۴/۸، فلزات سنگین (سرب) ≤۰/۰۰۱ ٪ و درجهٔ خلوص ۹۸ – ۱۰۰/۵ ٪ است.

کاتچین $C_{15}H_{14}O_8$ (Sigma) پودر جامد بی‌رنگ دارای حجم مولی ۲۷/۲۹۰ g/mol ، نقطهٔ ذوب ۱۷۷ درجهٔ سلسیوس و ضریب تخریب ۴/۰۱ است.

۲. ۲. آماده‌سازی محلول کاتچین

برای آماده‌سازی محلول کاتچین از روش نرمال و بنجاکول استفاده شد. برای آماده‌سازی محلول کاتچین غلظت‌های مورد نظر از این ترکیب در آب فیلترشدهٔ دریا حل شد. pH محلول‌ها با استفاده از سود ۶ نرمال به ۸ رسانده شد. سپس محلول‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند. pH نهایی محلول با استفاده از اسید کلریدریک ۶ نرمال روی ۷ تنظیم شد.

۲. ۳. روش تهیهٔ محلول متا بی‌سولفیت سدیم

برای تهیهٔ محلول متا بی‌سولفیت سدیم به مقدار ۶۰۰ گرم از این ترکیب در ۲۰ لیتر آب استخر و پودر یخ حل شد (۳٪).

۲. ۴. عمل‌آوری

عمل‌آوری میگو در یکی از سایت‌های پرورش میگوی تیاپ جنوبی شهرستان میناب از استان هرمزگان انجام شد. این پروژه در ۴ تیمار و ۳ تکرار عمل‌آوری شد. تیمارها شامل میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین‌اند. میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ درصد متا بی‌سولفیت سدیم در زمان ۱۰ دقیقه و میگوی بدون آنتی‌اکسیدان به‌منزلهٔ نمونهٔ شاهد در نظر گرفته شدند. میگوها بعد از برداشت دریچه‌ای با استفاده از آب یخ به مدت ۳ دقیقه سرد شدند. سپس میگوهای سردشده در داخل محلول‌های کاتچین ۲ /۰ و ۰/۳ درصد به مدت ۱۵ دقیقه و متا بی‌سولفیت سدیم ۳ درصد به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند. محلول‌ها به نسبت دو برابر وزن میگو تهیه شدند. میگوهای پوشش‌شده تحت شرایط بهداشتی و دمای صفر درجهٔ سلسیوس زیر پوششی از یخ به نسبت ۲ به ۱ به وسیلهٔ سبد به کارخانهٔ عمل‌آوری میگوی بندر کلاهی انتقال داده شدند. بعد از این مرحله میگوها با استفاده از پلاستیک‌های پلی‌اتیلن در مقادیر ۵۰۰ گرمی بسته‌بندی شده، سپس جعبه‌گذاری شده و به مدت ۸ – ۱۲ ساعت در داخل تونل انجماد قرار داده شدند. میگوهای بسته‌بندی‌شده به سردخانهٔ ۱۸ – تا ۲۵ – درجهٔ سلسیوس انتقال داده شدند.

برای تهیهٔ نمونهٔ شاهد بدون آنتی‌اکسیدان، میگوها تحت شرایط بهداشتی و دمای صفر درجهٔ سلسیوس زیر پوششی از یخ به نسبت ۲ به ۱ به وسیلهٔ سبد به کارخانهٔ عمل‌آوری بندر کلاهی انتقال داده شدند. بعد از این مرحله میگوها با استفاده از پلاستیک‌های پلی‌اتیلن در مقادیر ۵۰۰ گرمی بسته‌بندی شدند. سپس جعبه‌گذاری شدند و به مدت ۸ – ۱۲ ساعت در داخل تونل انجماد قرار داده شدند میگوهای بسته‌بندی‌شده به سردخانهٔ ۱۸ – تا ۲۵ – درجهٔ سلسیوس انتقال داده شدند. کیفیت نمونه‌های آزمایشی و شاهد به مدت شش ماه در سردخانه ارزیابی شد.

آزمایش‌های شیمیایی و حسی برای بررسی کیفیت نمونه‌های منجمد آزمایشی و شاهد طی هفت مرحله انجام شد. مرحلهٔ اول قبل از سردخانه‌گذاری، مرحلهٔ دوم یک ماه بعد از سردخانه‌گذاری و سایر مراحل هر ماه یک بار در رأس زمان‌های معین به مدت شش ماه انجام شد. همچنین میگوهای برداشت‌شده قبل از فرایند عمل‌آوری از نظر شیمیایی و حسی ارزیابی شدند. نمونه‌برداری برای انجام این آزمایش‌ها به روش تصادفی انجام شد. نتیجه‌گیری

نهایی و تعیین مدت زمان ماندگاری در سردخانه بر اساس بروز لکهٔ سیاه در میگو انجام گرفت.

آزمایش‌های شیمیایی برای نمونه‌های آزمایشی و شاهد منجمد شامل تری متیل آمین به روش اصلاح‌شده (Bullard and Collins, 1980)، تیوباربیتوریک اسید به روش مستقیم (Pearson, 1997)، رطوبت به روش آون خشک، پروتئین به روش ماکروکجلدال، چربی به روش هیدرولیز اسیدی، خاکستر به روش تعیین گراویمتریک، اسید چرب آزاد به روش تیتراسیون، بازهای نیتروژنی فرار به روش ماکروکجلدال، پراکسید به روش تیتراسیون یدومتریک و pH به روش الکترومتریک انجام شدند (AOAC. 2002). مواد شیمیایی استفاده‌شده در آزمایش‌های شیمیایی از نمایندگی شرکت Merck در ایران تهیه شدند.

آزمایش‌های حسی به منظور بررسی کیفیت نمونه‌های آزمایشی و شاهد (۱۰ نمونه برای هر تیمار) با استفاده از جدول امتیازبندی کیفی میگوهای خام (با ۱۰ امتیاز و ۴ سطح کیفی) انجام شد. پارامترهای مورد بررسی در این جدول شامل ملانوزیز، گوشت، چشم‌ها، سرسینه و دم، بو، پاها، پوست و شاخک‌ها و رنگ ظاهری به روش Quality index method scoring است (Luten, 2000). در هر مرحله، آزمایش‌های شیمیایی و حسی با ۳ تکرار انجام شد.

۲. ۵. آزمایش پروتئازکل

فعالیت پروتئاز به روش Muhila-Almazan و Garcia-Arreno (2002) و با استفاده از آزوکازئین به‌منزلهٔ سوبسترا تعیین شد. برای آغاز واکنش ۱۰ میکرولیتر از عصارهٔ پروتئاز خام به مخلوط شامل ۵۰۰ میکرولیتر آزوکازئین ۱درصد در بافر تریس اسید کلریدریک ۵۰ میلی‌مول در pH ۸ و دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس افزوده شد. بعد از ۱۰ دقیقه ۵۰۰ میکرولیتر تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصد افزوده شد. مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس به منظور رسوب سوبسترای پروتئینی هیدرولیزنشده گذاشته شد. سپس مخلوط رویی به مدت ۵ دقیقه در ۷۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. مایع رویی جداسازی شد و در طول موج ۳۶۶ نانومتر جذب آن اندازه‌گیری شد. از عصارهٔ پروتئاز خام به انضمام تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصد به‌منزلهٔ شاهد برای مقایسه با نمونهٔ آزمایشی استفاده شد (با استفاده از همین روش تهیه شد).

تجزیه و تحلیل اطلاعات خام به‌دست‌آمده از آزمایش‌های شیمیایی و حسی در میگوهای آزمایشی و شاهد به وسیلهٔ نرم‌افزار آماری SPSS و تست آنالیز واریانس دوطرفه به منظور بررسی تغییرات طی مدت زمان نگهداری در سردخانه و آنالیز واریانس یک‌طرفه به منظور بررسی تفاوت بین تیمارها در سطح معنی‌دار (۵٪) انجام گرفت و نتایج نمونه‌های آزمایشی و شاهد با یکدیگر مقایسه شدند.

۳. نتایج

مقدار آنزیم پروتئاز در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین ۰/۲ و ۰/۳ درصد، متا بی‌سولفیت سدیم و شاهد به ترتیب ۱/۷۰، ۲/۳۰، ۲/۹۰ و ۲/۹۰ واحد/ میلی‌گرم بود.

جدول ۱. ارزیابی کیفی میگوی خام

ویژگی / امتیاز	۸– ۹ –۱۰	۵ – ۶– ۷	۲ – ۳ – ۴	۱
رنگ(ظاهری)	بی‌رنگ، شفاف، عدم وجود هر گونه رنگ تیره	بی‌رنگ، کمی شفاف، ظهور برخی از علائم سیاه‌شدگی، سر سینه قهوه‌ای تیره، روی باله‌های دمی خطوط سیاه	سرسینه تیره/ سیاه، برخی باله‌های دمی سیاه‌شده، وجود برخی خطوط سیاه در پوسته	سیاه‌شدن کامل (سرسینه، باله‌های دمی و پوسته)
سرسینه / دم	سرسینه و دم سفت و کاملاً پیوسته	سرسینه و دم پیوسته بوده اما چندان سفت نیست و حرکت آن افزایش داشته، در برخی سستی شروع شده	سرسینه و دم پیوستگی اندکی دارند و به‌راحتی کنده می‌شوند، شل‌شدگی طبیعی، بخش گوشت سرسینه قابل رؤیت است، چند دم و سرسینه کنده شده‌اند	بیشتر سرسینه و دم‌ها کنده شده‌اند
پاها، پو.سته‌ها، شاخک‌ها	کامل، سخت	کامل، پاها و شاخک‌ها سختی کمتری داشته (به‌راحتی کنده می‌شوند)	شروع به کنده‌شدن پاها و شاخک‌ها در جعبهٔ نگهداری	اغلب شاخک‌ها و پاها کنده شده، برخی پوسته‌ها نیز کنده شده‌اند
چشم‌ها	شفاف، سفت	کاهش شفافیت، کمی تیره	کاهش رنگ، برخی چشم‌ها کنده شده‌اند (جست‌وجو در جعبهٔ نگهداری)	اغلب چشم‌ها کنده شده‌اند
بو	بویی شبیه جلبک‌های دریایی بوی آب دریا، خوشایند	بدون بو	برخی دارای بوی ملایم ماهی	بوی شدید آمونیاکی و سولفیدی، تهوع‌آور
گوشت (بافت، رنگ، رگ)	سفت، آبدار، سفید، شفاف، رگ سفت، مقاوم	سفتی کاهش یافته، نرم، سفید مات، رگ هنوز کامل است اما مقاومت کمتری دارد، سیاهی وجود ندارد	ظهور سیاه شدگی در گوشت سرسینه، خود هضمی رگ‌ها شروع شده (رگ‌برداری مشکل است)	سیاه‌شدن (گوشت، سرسینه، دم)، وجود برخی رنگ رنگ‌های زرد و سبز در گوشت دم، پاره‌شدن رگ‌ها)

امتیاز کیفی نهایی(OQS) = ۶ /Σsi

بر اساس این جدول اگر امتیاز کیفی نهایی برابر ۴ باشد، کیفیت نمونه در مرز قبولی (پذیرش) است. اگر این امتیاز کمتر از ۴ باشد، نمونه غیر قابل پذیرش (مردود) است. اگر امتیاز نهایی بین ۸ – ۱۰ باشد، نمونه از کیفیت خیلی خوبی برخوردار است. اگر امتیاز نهایی بین ۵ – ۷ باشد، نمونه قابل قبول است

جدول ۲. نتایج تغییرات فاکتورهای شیمیایی میگوهای کامل عمل‌آوری‌شده با کاتچین طی زمان نگهداری در سردخانه به مدت شش ماه

ویژگی	پراکسید (میلی اکی والان گرم /کیلوگرم روغن)		اسید چرب آزاد (گرم/ ۱۰۰)		تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم/ کیلوگرم)		TVB-N (میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم)		pH		تری متیل آمین (میکروگرم/ گرم)	
نمونه	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده باغلظت ۰/۳ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده باغلظت ۰/۳ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده باغلظت ۰/۳ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲ ٪ کاتچین	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳ ٪ کاتچین
زمان سردخانه‌گذاری												
صفر	۰/۱۳ ±۰/۴۳aA	۰/۱۲ ±۰/۳۱aA	۰/۷۱ ±۰/۲۳aA	۰/۵۸ ±۱/۳۵aA	۰/۰۸ ±۰/۲۳aA	۰/۰۸ ±۰/۱۳Aa	۱۱/۸ ±۱/۳aA	۱۱/۶ ±۱/۸aA	۶/۹۹ ±۱/۸aA	۶/۹۶±۱/۱aA	۰/۵۴ ±۰/۴۸aA	۰/۵۸ ±۱/۳۵aA
یک ماه بعد	۰/۵۷ ±۰/۳۸b	۰/۴۷±۰/۴۹a	۰/۸۶ ±۰/۱۳a	۰/۶۱ ±۱/۱۷a	۰/۱۳ ±۰/۱۸a	۰/۱۳ ±۰/۱۹a	۱۲/۴ ±۲/۲b	۱۲/۲ ±۱/۸b	۷/۰۹ ±۲/۴a	۷/۰۸ ±۱/۲a	۰/۸۵ ±۰/۳۵a	۰/۸۶ ±۱/۵۸a
دو ماه بعد	۰/۹۵ ±۰/۳۹c	۰/۷۴ ±۰/۷۱a	۰/۸۹ ±۰/۶۱a	۰/۶۷ ±۱/۴۳a	۰/۱۶±۰/۱۳a	۰/۱۵ ±۰/۲۷a	۱۲/۶±۲/۴c	۱۲/۶ ±۱/۸b	۷/۱۶ ±۱/۲a	۷/۱۸ ±۲/۱a	۱/۱۲ ±۰/۵۶a	۱/۱۲ ±۱/۶۳a
سه ماه بعد	۰/۸۷ ±۰/۵۷c	۰/۶۹ ±۰/۱۴a	۰/۹۲ ±۰/۵۹a	۰/۶۹ ±۱/۹۶a	۰/۲۴ ±۰/۱۵a	۰/۲۱ ±۰/۱۳a	۱۴/۲ ±۱/۸d	۱۳/۲ ±۱/۸c	۷/۲۴ ±۱/۷a	۷/۲۳ ±۱/۳a	۱/۵۶ ±۰/۲۸b	۱/۳۵ ±۱/۷۵a
چهار ماه بعد	۰/۶۹ ±۰/۴۴c	۰/۶۱ ±۰/۱۸a	۰/۹۲ ±۰/۴۸a	۰/۷۴ ±۱/۶۵a	۰/۲۳ ±۰/۱۵a	۰/۲۵ ±۰/۱۸a	۱۵/۶ ±۱/۶e	۱۳/۶ ±۱/۸c	۷/۲۹ ±۱/۹a	۷/۲۹ ±۱/۵a	۲/۳۸ ±۰/۴۳c	۱/۷۸ ±۱/۴۹b
پنج ماه بعد	۰/۶۴±۰/۵۶c	۰/۵۷ ±۰/۳۴a	۰/۹۳ ±۰/۵۲a	۰/۷۷ ±۱/۱۴a	۰/۴۱ ±۰/۱۴a	۰/۳۲ ±۰/۱۱a	۱۶/۸ ±۲/۶f	۱۵/۴ ±۱/۸d	۷/۳۵ ±۱/۳a	۷/۳۶ ±۱/۴a	۳/۶۳ ±۰/۲۴d	۱/۹۵ ±۱/۸۵b
شش ماه بعد	۰/۵۳ ±۰/۳۴c	۰/۴۵ ±۰/۲۳a	۰/۹۵ ±۰/۱۶a	۰/۸۱ ±۱/۱۱a	۰/۴۴ ±۰/۳۴ab	۰/۳۶ ±۰/۳۴a	۱۸/۲ ±۱/۲g	۱۶/۸ ±۱/۸e	۷/۴۳ ±۲/۲ab	۷/۴۸ ±۱/۷ab	۴/۰۳ ±۰/۳۱e	۲/۴۰ ±۱/۴۴c

حروف مشابه نشانهٔ نبود تفاوت معنی‌دار در هر ردیف است (P>۰/۰۵).

در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین ۰/۲ و ۰/۳ درصد میانگین فاکتورهای پراکسید، اسید چرب آزاد، تیوباربیتوریک اسید، TVB-N ، pH و تری متیل آمین به ترتیب ۰/۶۲و ۰/۴۹ میلی اکی والان گرم / کیلوگرم روغن، ۰/۸۸ و ۰/۶۹ گرم/ ۱۰۰، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۱ میلی‌گرم/ کیلوگرم، ۱۴/۵۱و۱۳/۶۲میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم، ۷/۲۲ و ۷/۲۲ و ۲/۰۱ و ۱/۴۳ میکروگرم/ گرم است.

جدول ۳. نتایج تغییرات فاکتورهای شیمیایی نمونه‌های شاهد (میگوی عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم و بدون آنتی‌اکسیدان) طی زمان نگهداری در سردخانه به مدت شش ماه

ویژگی	پراکسید (میلی اکی والان گرم / کیلوگرم روغن)		اسید چرب آزاد (گرم/ ۱۰۰)		تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم/ کیلوگرم)		TVB-N (میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم)		pH		تری متیل آمین (میکروگرم/ گرم)	
نمونه زمان سردخانه گذاری	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان
قبل از	۰/۱۳ ±۰/۱۴aA	۰/۱۴ ±۰/۱۴ aA	۰/۱۴ ±۰/۲۳aA	aB۰/۷۶ ±۰/۲۵	۰/۰۹±۰/۱۷aA	۰/۰۸ ±۰/۱۲aA	۱۱/۸ ±۲/۶aA	۱۱/۸ ±۱/۴aA	۶/۹۹ ±۱/۴aA	۶/۹۸ ±۱/۴aA	۰/۵۴ ±۰/۱۹aA	۰/۵۶ ±۰/۴۸aA
یک ماه بعد	۰/۳۹±۰/۱۷a	۱/۲۵ ±۰/۱۴ b	۰/۴۳±۰/۱۹a	b ۳/۷۳ ±۰/۱۲	۰/۱۷ ±۰/۱۴a	۰/۲۱ ±۰/۲۵a	۱۲/۴ ±۲/۶b	۱۲/۴ ±۱/۵ b	۷/۱۱ ±۱/۴a	۷/۱۱ ±۱/۸a	۰/۹۷ ±۰/۳۴a	۳/۲۴ ±۰/۳۵b
دو ماه بعد	۰/۸۵ ±۰/۲۸a	۲/۹۷ ±۰/۱۴ d	۰/۵۱ ±۰/۱۴a	c ۵/۴۶±۰/۱۸	۰/۲۵ ±۰/۲۶a	۰/۳۴ ±۰/۲۲a	۱۳/۸ ±۲/۶b	۱۳/۸ ±۱/۲ c	۷/۱۷ ±۱/۴a	۷/۱۷ ±۲/۲a	۴/۸۶ ±۰/۹۷b	۴/۸۵ ±۰/۵۶c
سه ماه بعد	۰/۸۲ ±۰/۳۱a	۲/۸۶ ±۰/۱۴ d	۰/۵۷ ±۰/۲۸a	c ۵/۴۸±۰/۳۷	۰/۳۱ ±۰/۱۱a	۰/۴۷ ±۰/۱۶a	۱۵/۲ ±۲/۶c	۱۵/۲±۱/۹ d	۷/۲۱ ±۱/۴a	۷/۲۹ ±۱/۹a	۶/۹۳ ±۱/۱۲c	۷/۶۳ ±۰/۲۸d
چهار ماه بعد	۰/۷۸ ±۰/۳۹a	۲/۴۵ ±۰/۱۴ c	۰/۷۹ ±۰/۳۷b	c۵/۴۹ ±۰/۴۵	۰/۲۹ ±۰/۲۱a	۰/۶۱ ±۰/۱۷ab	۱۶/۶ ±۲/۶d	۱۶/۶ ±۱/۸ e	۷/۳۲ ±۱/۴a	۷/۴۳ ±۱/۷a	۸/۴۶ ±۰/۹۵d	۹/۰۳ ±۰/۴۳e
پنج ماه بعد	۰/۶۹ ±۰/۲۵a	۲/۱۲ ±۰/۱۴ c	۰/۸۵ ±۰/۳۵b	c۵/۴۹ ±۰/۲۸	۰/۵۱ ±۰/۲۸a	۰/۷۸ ±۰/۱۹ab	۱۷/۸ ±۲/۶e	۱۸/۲ ±۱/۷ f	۷/۴۳ ±۱/۴a	۷/۵۴ ±۲/۴b	۱۰/۳۵ ±۱/۳۶e	۱۳/۶۲±۰/۲۴f
شش ماه بعد	۰/۶۷ ±۰/۱۹a	۱/۷۹ ±۰/۱۴ c	۱/۱۱ ±۰/۳۳b	c۵/۵۳ ±۰/۴۱	۰/۶۴ ±۰/۳۴a	۰/۸۵ ±۰/۳۴ab	۱۹/۶ ±۲/۶f	۱۹/۸ ±۱/۱ g	۷/۴۸±۱/۴a	۷/۶۷±۲/۶ b	۱۳/۱۱ ± ۱/۶۸f	۱۶/۵۸ ±۱/۰۳g

حروف مشابه نشانهٔ نبود تفاوت معنی‌دار در هر ردیف است (P>۰/۰۵) .

در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم میانگین فاکتورهای پراکسید، اسید چرب آزاد، تیوباربیتوریک اسید، TVB-N ، pH و تری متیل آمین به ترتیب ۰/ ۶۱ میلی اکی والان گرم/ کیلوگرم/ روغن، ۰/۶۲ گرم/ ۱۰۰، ۰/۰۳۳ میلی‌گرم/ کیلوگرم، ۱۵/۳ میلی‌گرم / ۱۰۰گرم، ۷/۲۴و ۶/۴۶ میکروگرم/ گرم است (جدول ۲).

در نمونه‌های شاهد بدون آنتی‌اکسیدان میانگین فاکتورهای پراکسید، اسید چرب آزاد، تیوباربیتوریک اسید، TVB-N ، pH و تری متیل آمین به ترتیب ۱/۹۲ میلی اکی والان گرم / کیلوگرم روغن، ۴/۵۷ گرم/ ۱۰۰، ۰/۴۷ میلی‌گرم/ کیلوگرم، ۱۵/۴ میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم، ۷/۳۱ و ۷/۹۵ میکروگرم/ گرم است (جدول ۲).

باقی‌ماندهٔ متا بی‌سولفیت سدیم در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با این ترکیب در زمان صفر ۵۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم بود.

جدول ۴. نتایج آزمایش‌های حسی میگوهای کامل عمل‌آوری‌شده با کاتچین طی مدت زمان سردخانه‌گذاری به مدت شش‌ماه

ویژگی	رنگ		سرسینه / دم		پاها/ پوسته‌ها / شاخک‌ها		چشم‌ها		بو		گوشت	
نمونه / زمان سردخانه‌گذاری	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین
قبل از	۹/۶۵±۰/۵۸aA	۹/۶۵±۰/۴۳aA	۹/۶۹±۰/۸۶aA	۹/۷۳±۰/۳۲aA	۹/۵۶±۰/۷۵aA	۹/۵۶±۰/۱۴aA	۹/۶۶±۰/۳۶aA	۹/۷۱±۰/۲۷aA	۹/۵۶±۰/۹۴aA	۹/۶۶±۰/۲۸aA	۹/۷±۰/۹۲aA	۹/۶۶±۰/۷۵aA
یک ماه بعد	۹/۶۵±۰/۴۶a	۹/۶۵±۰/۴۷a	۹/۶۸±۰/۹۵a	۹/۷۳±۰/۱۲a	۹/۵۶±۰/۷۱a	۹/۵۶±۰/۱۶a	۹/۶۶±۰/۴۹a	۹/۷۱±۰/۴۸a	۹/۵۶±۰/۶۹a	۹/۶۶±۰/۹۴a	۹/۶۹±۰/۷۸a	۹/۶۶±۰/۶۳a
دو ماه بعد	۹/۶۲±۰/۶۷a	۹/۶۴±۰/۸۷a	۹/۶۸±۰/۷۴a	۹/۷۳±۰/۱۹a	۹/۵۶±۰/۶۵a	۹/۵۶±۰/۵۳a	۹/۶۶±۰/۵۹a	۹/۶۹±۰/۳۲a	۹/۵۶±۰/۵۶a	۹/۶۶±۰/۶۶a	۹/۶۹±۰/۸۱a	۹/۶۱±۰/۲۱a
سه ماه بعد	۹/۶۱±۰/۸۳a	۹/۶۱±۰/۹۱a	۸/۹۷±۰/۹۶b	۸/۷۵±۰/۳۸b	۸/۷۵±۰/۵۹b	۸/۷۵±۰/۷۲b	۹/۲۴±۰/۷۸b	۹/۲۵±۰/۲۷b	۹/۴۶±۰/۹۸a	۹/۵۱±۰/۵۷a	۹/۱۸±۰/۵۲b	۹/۶۱±۰/۴۸a
چهار ماه بعد	۹/۵۳±۰/۹۱a	۹/۵۸±۰/۱۴a	۸/۸۶±۰/۸۱b	۸/۷۱±۰/۵۶b	۸/۷۳±۰/۹۷b	۸/۷۳±۰/۶۳b	۹/۲۳±۰/۸۶b	۸/۸۷±۰/۸۵b	۹/۴۱±۰/۸۶a	۹/۴۷±۰/۴۲a	۹/۱۸±۰/۶۴b	۹/۲۳±۰/۷۴ab
پنج ماه بعد	۹/۳۸±۰/۷۵a	۹/۴۹±۰/۳۴a	۸/۲۹±۰/۷۲b	۸/۳۷±۰/۸۶b	۸/۲۴±۰/۸۷c	۸/۲۴±۰/۴۹c	۸/۵۱±۰/۸۸c	۸/۷۵±۰/۴۱b	۹/۲۶±۰/۷۹a	۹/۲۸±۰/۶۱a	۸/۴۵±۰/۶۸c	۸/۹۸±۰/۷۹ab
شش ماه بعد	۹/۲۵±۰/۵۴a	۹/۳۸±۰/۲۲a	۸/۲۷±۰/۶۹b	۸/۳۴±۰/۷۶b	۸/۱۹±۸۳۰bc	۸/۱۹±۰/۵۱c	۸/۴۲±۰/۹۹c	۸/۶۹±۰/۸۹b	۸/۷۹±۰/۹۱b	۸/۸۳±۰/۳۹b	۸/۴۵±۰/۸۱c	۸/۹۶±۰/۶۸ab

حروف مشابه نشانهٔ نبود تفاوت معنی‌دار در هر ردیف است (P>۰/۰۵).

طی مدت زمان سردخانه‌گذاری نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین در فاکتور رنگ (ملانوزیز)، بو، چشم‌ها، گوشت، سرسینه و دم، پاها، پوسته‌ها و شاخک‌ها تفاوت معنی‌داری نداشتند (P<.۰/۰۵). بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین۰/۲ و ۰/۳ درصد و متا بی‌سولفیت سدیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم با میگوی بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (P>۰/۰۵).

جدول ۵. نتایج آزمایش‌های حسی نمونه‌های شاهد (میگوی عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم و بدون آنتی‌اکسیدان) طی زمان نگهداری در سردخانه به مدت شش‌ماه

ویژگی	رنگ			سرسینه / دم			پاها/ پوسته‌ها / شاخک‌ها		چشم‌ها		بو		گوشت	
نمونه / زمان سردخانه‌گذاری	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ ٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان		میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ ٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان		میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ ٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ ٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ ٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان	میگوی عمل‌آوری‌شده با غلظت ۳ ٪ متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسیدان
زمان صفر	۹/۷۱ ±۰/۸۵aA	۹/۶۳±۰/۵۶aB		۹/۶۴ ±۰/۷۳ aA	۹/۵۶±۰/۶۸aB		۹/۶۳ ±۰/۹۴aA	۹/۵۷±۰/۸۴aB	۹/۷۱ ±۰/۸۶aA	۹/۶۶±۰/۴۵aB	۹/۶۳ ±۱/۱۲ aA	۹/۶۶±۰/۸۸aB	۹/۶۳ ±۱/۹۲ aA	aB۹/۶۳±۰/۷۷
یک ماه بعد	۹/۷۱ ±۰/۷۴ a	۳/۳۵±۰/۱۴ b		۹/۵۵±۰/۷۶ a	۳/۵۶±۰/۱۱ b		۹/۶۳ ±۱/۱۵a	۳/۱۴±۰/۳۲ b	۹/۷۱ ±۱/۸۵ a	۳/۸۹±۰/۴۴ b	۹/۶۳ ±۱/۷۴a	۳/۸۶±۰/۷۹ b	۹/۵۹ ±۱/۱۴ a	۳/۳۴±۰/۴۱ b
دو ماه بعد	۸/۶۹ ±۰/۹۵ a	۲/۲۴±۰/۲۵c		۹/۴۳ ±۰/۸۳ a	۳/۲۴±۰/۲۹ b		۹/۶۳ ±۰/۹۲a	۲/۹۶±۰/۲۸ b	۹/۴۳ ±۱/۱۵ a	۳/۵۸±۰/۷۸ b	۹/۶۳ ±۰/۹۸ a	۳/۷۵±۰/۹۴ b	۹/۵۸ ±۰/۹۴ a	۲/۲۱±۰/۲۸ c
سه ماه بعد	۸/۱۴ ±۰/۹۱ a	۲/۲۱±۰/۳۷ c		۸/۶۱ ±۰/۷۸ b	۲/۱۵±۰/۳۷ c		۸/۸۵ ±۱/۱۹b	۲/۴۵±۰/۴۷ b	۹/۳۸ ±۰/۹۷ a	۳/۱۴±۰/۴۸ b	۹/۵۴ ±۱/۱۲ a	۳/۵۴±۰/۹۶ b	۸/۷۵ ±۱/۷۶ b	۲/۱۸±۰/۴۹ c
چهار ماه بعد	۸/۱۱ ±۰/۷۹ b	۱/۹۰±۰/۷۳ c		۸/۶۱ ±۰/۶۲b	۱/۷۶±۰/۷۳ c		۸/۷۶ ±۱/۳۴ b	۱/۹۱±۰/۵۸ c	۹/۳۶ ±۰/۷۴ a	۲/۱۳±۰/۵۰ c	۹/۱۹ ±۱/۱۹ a	۳/۵۳±۰/۸۹ b	۸/۷۲ ±۱/۴۹ b	۱/۸۹±۰/۸۴ c
پنج ماه بعد	۷/۹۵ ±۰/۸۹ b	۱/۸۵±۰/۸۴ c		۸/۱۴ ±۰/۹۸ b	۱/۵۴±۰/۸۴ c		۸/۳۴ ±۱/۵۴c	۱/۷۵±۰/۹۵c	۸/۴۹ ±۱/۱۲ b	۱/۳۵±۰/۵۷ c	۹/۱۸ ±۱/۴۴ a	۱/۷۵ ±۰/۷۳ c	۸/۲۱ ±۱/۳۷ b	۱/۷۴±۰/۳۹ c
شش ماه بعد	۷/۹۱ ±۰/۷۳ b	۱/۱۳±۰/۳۹ d		۸/۱۱ ±۰/۹۹ b	۱/۳۵±۰/۳۹ c		۸/۲۷ ±۱/۶۷c	۱/۱۴±۰/۷۶ d	۸/۴۱ ±۱/۴۵ b	۱/۱۸±۰/۱۴ c	۸/۸۵ ±۰/۹۷ a	۱/۶۳±۰/۹۵c	۷/۷۹ ±۱/۵۶ b	۱/۵۳±۰/۸۱ c

حروف مشابه نشانهٔ نبود تفاوت معنی‌دار در هر ردیف است (P>۰/۰۵).

جدول ۶. نتایج تغییرات رطوبت در میگوهای کامل عمل‌آوری‌شده با کاتچین و شاهد طی زمان نگهداری در سردخانه به مدت شش‌ماه

نمونه زمان سردخانه‌گذاری	میگوی عمل‌آوری‌شده با ۰/۳ درصد کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با ۰/۲ درصد کاتچین	میگوی عمل‌آوری‌شده با ۳ درصد متا بی‌سولفیت سدیم	میگوی بدون آنتی‌اکسید
قبل از	۷۷/۶۱±۲/۲a	۷۷/۹۹ ±۱/۲a	۷۷/۹۸ ±۱/۵a	۷۷/۹۹ ±۱/۱a
یک ماه بعد	۷۷/۶۱±۲/۲a	۷۷/۶۱ ±۱/۲a	۷۷/۱۱ ±۱/۵b	۷۷/۱۳ ±۱/۱b
دو ماه بعد	۷۶/۱۹±۲/۲b	۷۷/۱۸ ±۱/۲b	۷۶/۴۸ ±۱/۵c	۷۶/۸۲ ±۰/۱۴b
سه ماه بعد	۷۵/۸۱±۲/۲b	۷۶/۷۸ ±۱/۲b	۷۵/۹۳ ±۱/۵d	۷۵/۸۷ ±۱/۱c
چهار ماه بعد	۷۶/۴۹±۲/۲b	۷۶/۳۹ ±۱/۲b	۷۵/۲۴ ±۱/۵e	۷۵/۲۴ ±۱/۱d
پنج ماه بعد	۷۵/۵۱±۲/۲c	۷۵/۵۴±۱/۲c	۷۴/۸۹±۱/۵e	۷۴/۷۶ ±۱/۱e
شش ماه بعد	۷۴/۸۷±۲/۲d	۷۴/۸۷ ±۱/۲d	۷۴/۲۳ ±۱/۵f	۷۴/۲۳ ±۱/۱f

حروف مشابه نشانهٔ نبود تفاوت معنی‌دار در هر ردیف است (P>۰/۰۵).

جدول ۷. نتایج ارزش غذایی میگوهای کامل عمل‌آوری‌شده با کاتچین و بدون افزودن هیچ ماده‌ای (شش ماه بعد از سردخانه‌گذاری)

فاکتور نمونه	پروتئین	چربی	خاکستر
نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۲٪ کاتچین	۱۸/۲±۱/ ۲a	۳/۱۳ ±۰/۳۱ a	۱/۳ ±۰/۱۳a
نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با غلظت ۰/۳٪ کاتچین	۱۸/۳±۲/ ۲a	۳/۱۸ ±۰/۸۵ a	۱/۴ ±۰/۲۱a
نمونهٔ عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم	۱۸/۱ ±۱/۵ a	۲/۳۷ ±۰/ ۲۵a	۱/۲ ±۰/۱۹a
نمونهٔ شاهد (بدون آنتی‌اکسیدان)	۱۸/۱ ±۱/ ۱a	۲/۲۸ ±۰/ ۱۴a	۱/۲ ±۰/۱۷a

حروف مشابه نشانهٔ نبود تفاوت معنی‌دار است (P>۰/۰۵).

۴. بحث

بر اساس جداول ۴ و ۵ ملانوزیز در میگوهای کامل عمل‌آوری‌شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین و میگوهای عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم ۳ درصد تا پایان مدت زمان ماندگاری در سردخانه مشاهده نشد، اما در میگوهای شاهد کمتر از یک ماه ماندگاری در سردخانه ملانوزیز مشاهده شد. از حیث مدت زمان ماندگاری در سردخانه در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بین این نمونه‌ها و نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم با نمونه‌های شاهد بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. رنگ پوست میگو در نمونه‌های آزمایشی عمل‌آوری‌شده

با متا بی‌سولفیت سدیم در قیاس با سایر نمونه‌ها رنگ شفاف‌تری داشت. نتایج این تحقیق با تحقیقات بسیاری از محققان دیگر (McEvily در سال ۱۹۹۱، Omar در سال ۱۹۹۸، Rotllant در سال ۲۰۰۲، Alwarez در سال ۲۰۰۲، Martinez Alvarez در سال ۲۰۰۵ و Nirmal در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) دربارهٔ جلوگیری از ملانوزیز در میگو مطابقت دارد.

کاتچین به روش‌های مختلفی مانند جلوگیری از تشکیل دوپاکروم و کوئینون کاتالیزشده به وسیلهٔ آنزیم پلی فنل اکسیداز، واکنش با محصولات حد واسط واکنش‌های مولد قهوه‌ای‌شدن و غیرفعال‌کردن پلی فنل اکسیداز از بروز ملانوزیز و تغییر رنگ سطحی در میگو جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، تیروزین (سوبسترای منوفنولیک اساسی) طی مراحل مختلفی و تحت تأثیر اکسیژن به ترکیباتی مانند دوپا، دوپاکوئینون، لوکو، دوپاکروم، ۵ و ۶ دی هیدروکسی اندول به انضمام دی‌اکسید کربن، اندول ۵ و ۶ کوئینون و در نهایت به پیگمان با وزن مولکولی بالا و سیاه‌رنگ ملانین تبدیل می‌شود. بنابراین تیروزین موجود در کاتچین به جای تیروزین بافت میگو می‌تواند به‌منزلهٔ سوبسترا برای آنزیم پلی فنل اکسیداز (کمپلکس آنزیمی درگیر در اکسیداسیون فنل شامل تیروزیناز و کاتکول اکسیداز) عمل کند و از بروز واکنش قهوه‌ای‌شدن و تغییر رنگ در میگوی آزمایشی جلوگیری کند (Nirmal and Benjaku, 2010). حذف اکسیژن یکی دیگر از مکانیسم‌های جلوگیری از ایجاد ملانوزیز است (Cobb *et al*., 1973; Xiong, 1997)، زیرا آنزیم پلی فنل اکسیداز (وزن مولکولی ۲۱۰ تا ۲۲۰ کیلودالتون) از اکسیژن مولکولی به‌منزلهٔ سوبسترا استفاده می‌کند. این آنزیم در نوع مت ([cu(II)cu(II)]) با اکسیژن مولکولی واکنش می‌دهد و سبب تشکیل پلی فنل اکسیداز در حالت اکسی ([cu(II)cu(II)o_2]) می‌شود که مستعد کاتالیز واکنش‌های مونو دی فنل است. این آنزیم در نوع اکسی (مونوفنل اکسیداز یا تیروزیناز) هیدروکسیلاسیون مونوفنل‌ها (تیروزین) را به دی فنل‌ها کاتالیز می‌کند و سبب بروز ملانوزیز در میگو می‌شود. اکسیداسیون سوبسترای دی فنولیک به کوئینون‌ها به وسیلهٔ آنزیم دی فنل اکسیداز و در حضور اکسیژن کاتالیز می‌شود که تحت تأثیر اتواکسیداسیون و پلی مریزاسیون به تشکیل ملانین و تولید رنگدانهٔ سیاه منجر می‌شود. کاتچین با چسبیدن به سطح میگو، پوشاندن سطح فرآورده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی اکسیژن را حذف می‌کند و از فعالیت آنزیم و بروز تغییر رنگ جلوگیری می‌کند (Nirmal and Benjaku, 2011; Howgate, 2008). آنزیم پلی فنل اکسیداز در سرما از بین نمی‌رود، اما در این شرایط فعالیت آن کاهش می‌یابد و قادر است به مرور زمان سبب تغییر رنگ و بروز لکهٔ سیاه در میگوی کامل شاهد شود (Nirmal and Benjakul, 2009).

پی اچ مکانیسم دیگری برای جلوگیری از ایجاد ملانوزیز در میگو است. دو واکنش اساسی پلی فنل اکسیداز برای ایجاد ملانوزیز شامل کاتالیز هیدروکسیلاسیون و اکسیداسیون در شرایط اسیدی (pH<۵) و شرایط قلیایی (pH>۸) انجام‌پذیر نیستند. بنابراین به وسیلهٔ تنظیم pH محلول کاتچین روی ۷ نیز می‌توان مانع از فعالیت این آنزیم شد (He and Shahidi, 1997).

از سایر مکانیسم‌های جلوگیری از بروز ملانوزیز چلاته‌کردن فلز مس است. کمپلکس آنزیمی پلی فنل

اکسیداز یک آنزیم تترامر، متالوپروتئین و از پروتئین‌های وابسته به مس است. این آنزیم از ۴ اتم مس مولکولی تشکیل شده و ۲ اتم آن در جایگاه فعال آنزیم قرار دارد. کاتچین از دستهٔ پلی فنل‌ها محسوب می‌شود و دارای خاصیت جذب فلزات است. این آنتی‌اکسیدان قادر به احیا، کاهش سطح مس دردسترس، حذف فلز مس از آنزیم پلی فنل اکسیداز و غیرفعال‌کردن این آنزیم است. با توجه به ساختار این کمپلکس، گروه‌های هیدروکسیل کاتچین و توانایی این ترکیب برای تشکیل بازهای شیف و گروه‌های آلدئید این بازها کاتچین می‌تواند آنزیم پلی فنل اکسیداز را چلاته کند (بازهای شیف به وسیلهٔ واکنش بین آمین نوع اول با کربونیل فعال تشکیل می‌شوند). علاوه بر این، این بازها یک گروه آمین یا آزومتین دارند که از طریق زوج الکترون غیرپیوندی روی نیتروژن می‌تواند به فلز مس حملهٔ نوکلئوفیلی کند (He, 2000; Rauf, 2005).

متا بی‌سولفیت سدیم یک نگهدارندهٔ غذایی سنتتیک محسوب می‌شود که علاوه بر حذف اکسیژن، واکنش با کوئینون‌های حد واسط در واکنش ملانوزیز و تشکیل سولفو کوئینون‌ها به وسیلهٔ واکنش برگشت‌پذیر با آنزیم پلی فنل اکسیداز و غیرفعال‌کردن آنزیم می‌تواند از بروز واکنش ملانزیز جلوگیری کند (Omar, 1998; Rotllant *et al.*, 2002). این آنتی‌اکسیدان می‌تواند مستقیماً روی ساختمان آنزیم پلی فنل اکسیداز عمل کرده و آن را غیرفعال کند. متا بی‌سولفیت سدیم قادر به شفاف‌کردن پوست میگو نیز است. این شفافیت تحت تأثیر خاصیت سفیدکنندگی متا بی‌سولفیت سدیم است (Martinez-Alvarez *et al.*, 2005).

مقدار آنزیم پروتئاز در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین در قیاس با نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم و بدون آنتی‌اکسیدان کاهش نشان داد، اما تفاوت معنی‌دار نداشت. مقدار این آنزیم در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم در مقایسه با نمونه‌های بدون آنتی‌اکسیدان کاهش نشان نداد. نتایج این آزمایش با نتایج Nirmal and Benjakul در سال ۲۰۰۹ مطابقت دارد. پلی فنل اکسیداز به‌منزلهٔ پیش‌ساز در بدن میگو سنتز می‌شود (Nirmal and Benjakul, 2009). پروتئاز ترشح‌شده از هپاتوپانکراس میگوی وانامی قادر است پلی فنل اکسیداز را فعال کند. به این ترتیب که هنگام جمود نعشی پیش‌ساز آنزیم پلی فنل اکسیداز تحت تأثیر آنزیم‌های پروتئولیتیک به آنزیم پلی فنل اکسیداز تبدیل می‌شود. محصولات تولیدشده از هیدرولیز آنزیماتیک پروتئین به وسیلهٔ پروتئاز سوبسترای پلی فنل اکسیدازند. کاتچین با غیرفعال‌کردن آنزیم‌های پروتئولیتیک (پروتئاز) می‌تواند از تولید سوبسترا برای فعالیت این آنزیم جلوگیری کند، اما متا بی‌سولفیت سدیم قادر به جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک (پروتئاز) و غیرفعال‌کردن پلی فنل اکسیداز به این روش نیست (Kusaimah, 2001).

شاخص‌های بررسی‌شده برای ارزیابی حسی کیفیت میگوهای خام بر اساس سیستم QIM اقتباس‌شده از Luten (جدول ۱) انجام شد. بر اساس جداول ۴ و ۵ از حیث کیفیت گوشت، بافت، چشم، شاخک و بو بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد کاتچین تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. بین این نمونه‌ها و نمونه‌های

عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد، اما بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم با نمونه‌های شاهد بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم و کاتچین از کیفیت گوشت، بافت و بوی خوبی تا پایان مدت زمان ماندگاری در سردخانه برخوردار بودند. علاوه بر این شاخک‌های این میگوها تا پایان مدت زمان سردخانه‌گذاری به سر میگوها چسبیده بود و از استحکام بالایی برخوردار بود. چشم‌های این میگوها نیز تا پایان مدت زمان نگهداری در سردخانه روی سر میگو چسبیده بود، اما میگوی بدون آنتی‌اکسیدان کمتر از یک ماه ماندگاری در سردخانه کیفیت خود را از دست داد. نتایج این تحقیق با تحقیقات بسیاری از محققان دیگر (McEvily, 1991; Omar, 1998; Rotllant, 2002; Alwarez, 2002; Martinez Alvarez, 2005; Nirmal, 2009, 2010) دربارهٔ جلوگیری از ایجاد ملانوزیز در میگو مطابقت دارد.

بر اساس جداول ۲ و ۳ مقدار اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم در مقایسه با نمونهٔ بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار داشت. تأثیر کاتچین در این فاکتور تحقیق نشده است. در نمونهٔ شاهد به دلیل تأثیر اکسیژن و آنزیم‌های لیپولیتیک در چربی ماهی، آنزیم لیپولیتیک ترشح‌شده از باکتری‌های استافیلوکوک و آنزیم‌هایی که از باکتری‌های مرده و تجزیه‌شده آزاد می‌شوند قادر به فعالیت در فاکتور آبی پایین بوده و می‌توانند طی فرایند لیپولیز سبب هیدرولیز چربی‌ها و تولید اسیدهای چرب غیراشباع شوند، اما در نمونه‌های آزمایشی تحت تأثیر خاصیت آنتی‌اکسیدانی کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم و حذف اکسیژن آنزیم لیپاز قادر به فعالیت نیست و این فاکتور کاهش نشان داد (Bottino *et al.*, 1979; Huss, 1994; Hui, 2004).

بر اساس جداول ۲ و ۳ در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین، متا بی‌سولفیت سدیم و شاهد از ماه اول تا دوم مقدار پراکسید افزایش داشت، اما از ماه دوم به بعد کاهش نشان داده است. TBARS در این نمونه‌ها از روز اول تا پایان مدت زمان نگهداری در سردخانه سیر افزایشی داشت. نتایج این آزمایش با نتایج Nirmal and Benjakul در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مطابقت دارد. در نمونهٔ شاهد تأثیر انجماد در بافت میگو سبب کاهش رطوبت و افت وزن در زمان سردخانه‌گذاری، افزایش امکان نفوذ اکسیژن به داخل بافت و در نتیجه اکسیدشدن چربی‌های غیراشباع و افزایش پراکسید شد، ولی با گذشت زمان پراکسید شروع به تجزیه‌شدن می‌کند که منجر به تولید آلدئید، کتون، ستن و کاهش مقدار پراکسید می‌شود؛ در حالی که در تیمارهای عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم تحت تأثیر خاصیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات و حذف اکسیژن از هیدرولیز چربی، افزایش اکسیداسیون و در نهایت تولید محصولات ثانویهٔ اکسیداسیون و افزایش TBARS جلوگیری می‌شود. افزایش این فاکتور در نمونه‌های شاهد در قیاس با آزمایشی به دلیل افزایش اکسیداسیون و تولید محصولات ثانویهٔ اکسیداسیون است (Chen and Ho, 1995).

بر اساس جداول ۲ و ۳ مقدار pH در نمونه‌های

آزمایشی در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد. نتایج این آزمایش با نتایج Nirmal and Benjakul در سال ۲۰۱۰ مطالقت دارد. علاوه بر تولید بازهای فرار (آمونیاک و تری متیل آمین) و TVB-N با گذشت زمان محصولات اولیهٔ اکسیداسیون چربی مانند هیدروپراکسیدها تجزیه می‌شوند و ترکیباتی مثل آلدئیدها و غیره تولید می‌شوند. این ترکیبات خواص بازی دارند و سبب افزایش pH در نمونهٔ شاهد می‌شوند. در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم به دلیل کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها، کاهش تری متیل آمین، کاهش TVB-N و تشکیل محلول اسیدی به وسیلهٔ متا بی‌سولفیت سدیم این فاکتور در قیاس با شاهد کاهش نشان داد. بر اساس جداول ۲ و ۳ مقدار TVB-N در نمونه‌های آزمایشی در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد. در نمونهٔ شاهد کاهش رطوبت سبب شکسته‌شدن ساختار پروتئین و تولید ترکیب‌های ازت‌دار فرار قابل تقطیر می‌شود و در نتیجه سبب افزایش TVB-N می‌شود، اما در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم به دلیل کاهش تشکیل اسیدهای چرب آزاد و تأثیر آن در دناتوره‌شدن پروتئین، کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها و در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳درصد کاتچین کاهش فعالیت آنزیم پروتئاز هپاتوپانکراس میگو مقدار این فاکتور در مقایسه با نمونهٔ شاهد کاهش نشان داد (Shahidi and Botta, 1994).

بر اساس جداول ۲ و ۳ مقدار تری متیل آمین در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین، نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم و میگوی بدون آنتی‌اکسیدان طی مدت زمان ماندگاری در سردخانه کاهش معنی‌دار نشان داد، اما بین این تیمارها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. تأثیر کاتچین در این فاکتور تحقیق نشده است. چربی میگو حاوی فسفولیپیدی است که از متیل آمین غنی است. تحت تأثیر فعالیت باکتری‌ها و آنزیم‌های داخلی بدن میگو فسفولیپیدها تجزیه می‌شوند و تری متیل آمین آزاد می‌شود. خاصیت ضد باکتریایی کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم سبب کاهش شمارش باکتری‌ها و بالطبع کاهش مقدار تری متیل آمین در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با این ترکیبات در مقایسه با شاهد شد (Haard and Simos, 2004; Sotelo and Rehben, 2000).

بر اساس جدول ۶ مقدار رطوبت در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین، متا بی‌سولفیت سدیم و شاهد طی مدت زمان نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌دار نشان داد. بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین، متا بی‌سولفیت سدیم و بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. تأثیر کاتچین در این فاکتور تحقیق نشده است. در نمونه‌های شاهد به علت وجود فضای خالی بین میگوها و نیز نوسانات دمایی سردخانه میگوهای درون بسته‌ها رطوبت خود را از دست دادند و دچار خشک‌شدگی و بالطبع کاهش وزن شدند. این حالت می‌تواند به دلیل تشکیل کریستال‌های یخ نیز در فرآورده بروز کند. تشکیل یخ عمل پایه‌ای دهیدراتاسیون محسوب می‌شود، سبب خروج رطوبت منجمد به شکل بخار از مادهٔ غذایی می‌شود. جریان هوا در سردخانه نیز می‌تواند خروج رطوبت را تشدید کند. این حالت می‌تواند تخریب پروتئین‌ها و اکسیداسیون چربی‌ها را تسریع کند و سبب کاهش کیفیت بافت و تغییر رنگ در این

نمونه‌ها شود. آنتی‌اکسیدان‌های کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم قادر به حفظ رطوبت میگو طی مدت زمان سردخانه‌گذاری نبودند (Johnston, 1994).

بر اساس جدول ۷ در ترکیبات تقریبی شامل پروتئین، چربی و خاکستر بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین، متا بی‌سولفیت سدیم و بدون آنتی‌اکسیدان تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. تأثیر کاتچین در این ترکیبات تحقیق نشده است. افزایش مقدار جزئی پروتئین در تیمارهای عمل‌آوری‌شده با کاتچین را می‌توان به ساختار پروتئینی کاتچین مربوط دانست که از اسید آمینه‌های، تانن تیروزین و فنیل آلانین تشکیل شده است (Huss, 1994). افزایش مقدار جزئی چربی در نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم در مقایسه با شاهد بدون آنتی‌اکسیدان را می‌توان به خاصیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات و جلوگیری از واکنش اکسیداسیون و بالطبع عدم هیدرولیز چربی مرتبط دانست (Shahidi and Botta, 1994). به دلیل این‌که ترکیبات کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم فاقد ترکیبات معدنی‌اند در مقدار خاکستر نمونه تأثیر نداشتند.

سرانجام با توجه به تأثیر ترکیبات کاتچین و متا بی‌سولفیت سدیم برای جلوگیری از فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با این ترکیبات تا پایان مدت زمان ماندگاری در سردخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار بودند، اما نمونه‌های شاهد بدون آنتی‌اکسیدان کمتر از یک ماه ماندگاری در سردخانه کیفیت حسی خود را از دست داده بودند. بر اساس نبود تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با کاتچین و نمونه‌های عمل‌آوری‌شده با متا بی‌سولفیت سدیم و با توجه به ارزش اقتصادی می‌توان کاتچین ۰/۲ درصد را به جای متا بی‌سولفیت سدیم برای عمل‌آوری میگو پیشنهاد کرد.

References

[1]. [1]. Abu Baker, F., 1996. Effectiveness of chemical preservatives in preventing melanosis in prawns. Asian Food Journal. 11: 363- 369.

[2]. Alwarez Gumez Guillen, M. C., Montero, P., 2005. Role of sulfites and 4-hexylresorcinol in microbial growth and melanosis prevention of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) using a controlled atmosphere. Journal Food Protection. 68: 98 – 104.

[3]. A.O.A.C. 2002. Official Method of Analysis, 965.33, Peroxide value of oils and fats. AOAC International . USA.

[4]. Bottino, N.R., Lilly, M.L., Finne, G. 1979. Fatty acid stability of Gulf of Mexico brown shrimp (*Penaeus aztecus*) held on ice and in frozen storage. J0urnal of Food Science. 44: 123 – 127.

[5]. Bullard F. A., Collins J., 1980. An improved method to analyze trimethylamine in fish and the interference of ammonia and dimethylamine. Fishery Bulletin. 78:465- 473.

[6]. Chen, C.W., Ho, C.T., 1995. Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black tea. Journal Food Lipids. 1: 125 -132.

[7]. Cobb III, B.F., I. Alaniz, C.A. Thrompson Jr. 1973. Biochemical and microbial studies on shrimp: volatile nitrogen and amino nitrogen analysis. Journal of Food Science. 38: 225 – 229.

[8]. Concalves, A.A., Gindri Junior, C.S.G., 2009. The effect of uptake on storage quality of frozen shrimp. Journal of food engineering. 90: 344 – 351.

[9]. Fieger, E. A., 1950. Problems in handling fresh and frozen shrimp. Food Technology.4: 250 – 256.

[10]. Flick, G. J., Lovell, R.T. 1972. Post-mortem biochemical changes in the mus/cle of gulf shrimp, Journal Food Science. 32:609 – 611.

[11]. Forbes, I. C., 1996. Sodium Metabisulfite and Sodium Sulfite Blends to Control Shrimp Melanosis and Reduce Sulfur Dioxide. University of Florida, 242 p..

[12]. Flores, S.C., Crawford, D.L., 1973. Postmortem quality changes in iced Pacific shrimp (*Pandalus jordani*). Journal of Food Science. 38: 146 – 152.

[13]. Gomez-G-uillén M.C., Montero M. P., 2007. Polyphenol Uses in Seafood Conservation. 2: American Journal of Food Technology. 2: 365 – 369.

[14]. Haard, N.F., Simos, B.K., 2004. Seafood Enzymes. Marcle Dekker, New York.175p.

[15]. He, Y., Shahidi, F. 1997. Antioxidant activity of green tea and its catechin in a fish meat model system. Journal. Agricultural. Food Chemistry. 45: 116 – 123.

[16]. Howgate, P., 2008. Melanosis in shrimp. FDA. USA.10 p.

[17]. Hui, Y.H., Cornillon, P., Legarreta, I.G., Lim, M., Murrell, K.D., Nip, W.K., 2004. Handbook of Frozen Foods, vol. 133. Part IV: Frozen Seafoods, Marcel Dekker Incorporated, USA, 1293 p.

[18]. Huss, H. H., 1994. Assurance of seafood quality. Italy. FAO, Fisheries Dep. Report number: 334, 169p.

[19]. Johnston, W. A., 1994. Freezing and Refrigerated Storage in Fisheries. Italy. FAO, Fisheries Dep. Report number: 340.143p

[20]. Kusaimah M; Soottawat, B., Kongkarn, K., 2011. Polyphenol oxidase, proteases, melanosis and properties of pre-cooked Pacific White Shrimp as affected by heating conditiond. The 12 th Asian food conference. Bangkok, Thiland. Pp: 485 – 489.

[21]. Luten, J. B. 2000. 'Development and implementation of a computerized sensory system (QIM) for evaluating fish freshness for the period from 01-01-98 to 31-03-00'. The Netherlands. Institute for Fisheries Research (Final Report. Report Number: CT97 9063, 18p.

[22]. Martinez-Alvarez, O., Gomez-Guille'n, M. C., Montero, P., 2005. Role of sulfites and 4 - hexylresorcinol on microbial growth and melanosis prevention in shrimps using controlled atmosphere. Journal Food Protect. 68: 103-110.

[23]. McEvily, A., Radha, I., Otwell, S., 1991. Sulfite alternative prevents shrimps melanosis. Food Technology. 45: 80-86.

[24]. Muhila – Almazan, A., Garcia- Careeno, F. L. 2002. Influence of molting and starvation on the synthesis of photolytic enzymes in the midgut gland of the white shrimp Penaeus vannamei. Comparative biochemistry and physiology part B. 133:383-393.

[25]. Nirmal, N. P., Benjakul, S., 2009. Melanosis and Quality Changes of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Treated with Catechin during Iced Storage. Journal. Agricultural. Food Chemistry. 57: 224 – 227.

[26]. Nirmal, P., Benjakul, S., 2010. Effect of catechin and ferulic acid on melanosis and quality of Pacific white shrimp subjected to prior freeze-thawing during refrigerated storage. Food Control. 21: 1263 – 1271.

[27]. Office of Budget and Planning Organization of Iran Fisheries., 1390. Fisheries Statistical Yearbook of Iran, 1379 -1389. Iranian Fisheries Organization / Department of Planning and Development Manager / Office of Budget and Planning.

[28]. Omar, M. I.V. 1998. Utlization of sodium metabisulfite for preservation of frozen - thawed shrimp (*Pandaleus borealis*). Icelandic Fisheries Laboratories. 15p

[29]. Pearson, D., 1997. Laboratory Techniques in food analysis. Butter worth. Co. LtD. England.

[30]. Rackowe, R. 1992. Shrimp processing. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. Orlando, Florida. 5p.

[31]. Rauf, A. 2005. Synthesis and biological studies of some Schiff base compounds and their transition metal complexes. Department of Chemistry.Bahauddin Zakariya University. Multan. akistan.113p.

[32]. Rotllant, G., Arnau, F., Garcia, J. A., Rodrigues, M., Sarda, F. 2002. Note. Effect of Metabisulphite Treatments and Freezing on Melanosis Inhibition in Rose Shrimp Aristeus antennatus. Food Science and Technology International . 320P.

[33]. Shahidi, F and Botta, J, R., 1994. Seafoods, chemistry, processing technology and quality, Chapman & Hall, 342 P.

[34]. Sotelo, C.G., REHBEN, H., 2000. TMAO Degrading Enzymes, pp:167-190. In: Haard, N.F., and Simos, B.K., on (Eds.), Seafood Enzymes. Marcle Dekker, New York.

[35]. Xiong, Y.L., 1997. Protein denaturation and functionality losses. In Quality in Frozen Food (M. Erickson and Y.-C. Hung, eds.) pp. 111–140, Chapman Hall/International Thomson Publishing, New York, NY.