

تأثیر هیدروکلوئید کیتوزان و الیگوساکارید آن در مقایسه با پیروفسفات سدیم بر ویژگی‌های کیفی میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در شرایط انجماد

طاهره تاقانی^۱، بهاره شعبانپور^{۲*}، پرستو پورعاشوری^۳، علیرضا عالیشاهی^۳

- ۱- کارشناسی ارشد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استاد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
* نویسنده مسئول (shabanpour@gau.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

در این تحقیق، اثرات پوشش‌دهی کیتوزان و الیگوساکارید آن (۱ و ۲ درصد) روی برخی ویژگی‌های کیفی میگوی وانامی بدون پوست طی ۳ ماه نگهداری به صورت منجمد در مقایسه با پیروفسفات سدیم (۱ و ۲ درصد)، تیمار ترکیبی پیروفسفات-کیتوزان (۱ و ۲ درصد) و پیروفسفات-الیگوساکارید کیتوزان (۱ و ۲ درصد) مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی تیمارها با انجام آزمایش‌های تعیین مقدار رطوبت، تیوباربیتوریک اسید، دی‌ان‌های مزدوج، سنجش رنگ و بافت انجام گرفت. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی کیتوزان و الیگوساکارید آن به تنهایی یا در ترکیب با پیروفسفات سدیم تأثیر معنی‌داری بر حفظ ویژگی‌های بافت (قابلیت جویدن و ارتجاعی) در مقایسه با تیمار شاهد و پیروفسفات سدیم داشته است. مقادیر دی‌ان‌های مزدوج (CD) و تیوباربیتوریک اسید (TBA) طی نگهداری روند افزایشی داشت و در تیمارهای غوطه‌ور شده در کیتوزان ۱ درصد و ترکیبی با پیروفسفات مقدار TBA از ۰/۲۸ به ۰/۵۸ و ۰/۸۲ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید افزایش یافت. این شاخص و در تیمار شاهد و پیروفسفات سدیم (۱ و ۲ درصد) به ۰/۹۲ تا ۰/۹۷ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید افزایش یافت. نتایج نشان داد که تیمارهای حاوی کیتوزان و الیگوساکارید آن به تنهایی یا در ترکیب با پیروفسفات سدیم نقش مؤثری در به تعویق انداختن اکسیداسیون چربی و جلوگیری از اثرات نامطلوب آن در میگوی منجمد داشتند. به علاوه، شاخص‌های رنگ (L^*, a^*, b^*) در نمونه‌های تیمار شده با کیتوزان اثرات مثبت بر تثبیت و بهبود رنگ میگو طی دوره نگهداری به صورت منجمد نشان دادند. به طور کلی، نتایج نشان داد به‌کارگیری کیتوزان و الیگوساکارید آن به عنوان محافظ سرمایی سبب حفظ کیفیت بافت میگوی پوست‌کنی شده منجمد گردد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۲

واژه‌های کلیدی

اکسیداسیون
الیگوساکارید کیتوزان
بافت
کیتوزان
میگو

مقدمه

دوره پرورش، این گونه غالباً به صورت تازه در دسترس نیست. بنابراین معرفی شیوه‌های مناسب نگهداری و بسته‌بندی با حداقل آفت کیفیت برای این محصول شیلاتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Zhang, Fang, Hao, & Zhang, 2018).

طی چند دهه اخیر، میگو به عنوان یکی از غذاهای دریایی غنی از مواد مغذی در رژیم غذایی انسان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. میگوی وانامی^۱ یکی از گونه‌های مهم مورد استفاده در آبی‌پروری می‌باشد که به دلیل محدود بودن

¹ *Litopenaeus vannamei*

باند‌های هیدروژن، حلالیت بیشتری در اسیدهای آلی و معدنی دارند و همچنین در مقایسه با کیتین مشارکت زیادی در واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی دارند (Ogawa, Yui, & Okuyama, 2004؛ محبی، مهربان، نصیری و غریب‌زاده، ۱۳۸۹).

الیگوساکاریدهای کیتوزان (CSO^۳) الیگومرهای بتا-۱ به ۴ دی-گلوکزآمین کیتوزان با وزن مولکولی کمتر از ۴۰۰۰ دالتون، درجه پلیمریزاسیون کمتر از ۲۰ و محلول در آب هستند (Lodhi et al., 2014). الیگوساکاریدهای کیتوزان به‌واسطه وزن مولکولی و ویسکوزیته پایین، حلالیت بالا در آب، داشتن طول زنجیره کوتاه، دارای فعالیت‌های زیستی نظیر خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، محافظت عصبی، کاهش کلسترول و اثرات افزایش ایمنی بدن می‌باشد و دارای کاربردهای صنعتی فراوانی است (Jia et al., 2018). الیگوساکارید کیتوزان (CSO) دارای فعالیت بیولوژیکی گسترده نظیر فعالیت‌های ضدقارچی، ضدباکتریایی، ضدسرطانی و محافظت بالا در برابر خطرات میکروبی و حفظ امنیت غذایی، کیفیت و مدت ماندگاری و اثرات بیولوژیکی در ارگانیسم‌های بدن (جذب سریع و آسان جریان خون در روده) است و به‌دلیل ویژگی‌هایی نظیر درجه داستیلاسیون و خصوصیات شیمیایی مصرف زیادی در صنایع غذایی به‌عنوان نگهدارنده غذایی دارند (Zuber, Zia, & Barikani, 2013؛ محبی و همکاران، ۱۳۸۹).

منابع عمده کیتوزان و مشتقات آن پوسته سخت‌پوستان دریایی بخصوص خرچنگ، کریل^۵، میگو هستند (Oh et al., 2008). یکی از گونه‌های مهم پرورشی در کشور میگوی وانامی است، همچنین افزایش تقاضای غذاهای دریایی بخصوص میگو در سال‌های اخیر موجب افزایش تولید قسمت‌های غیرخوراکی مانند سر و دم و پوسته شده که می‌توانند مشکلات زیست‌محیطی فراوانی ایجاد کنند (تویسرکانی و صداقت، ۱۳۹۱). بنابراین بهره‌برداری از این ضایعات علاوه بر کاهش مشکلات زیست‌محیطی، به تولید موادی باارزش افزوده بالا و استفاده به‌عنوان جایگزینی مناسب برای نگهدارنده‌های مصنوعی و آزمایشگاهی در صنایع غذایی به‌کار گیرند (Ngo & Kim, 2014؛ غیاث‌الدین، شجاع‌الساداتی و واشقانی‌فراهانی، ۱۳۹۰). مطالعه‌های محدودی در مورد استفاده از کیتوزان تحت‌عنوان محافظ

انجماد مرسوم‌ترین شیوه نگهداری طولانی‌مدت میگو و محصولات آن است که سبب مهار رشد میکروارگانیسم‌ها، کاهش فعالیت آنزیمی، حفظ طعم و ارزش غذایی محصول می‌گردد (Lopkulkaert, Prapatsornwattana, & Rungsardthong, 2009). باین‌حال، برخی از تغییرات نامطلوب مانند تغییر ماهیت پروتئین‌ها، اکسیداسیون چربی، تبلور مجدد بلورهای یخ و آبچک بافت‌های عضلانی در طول فرایند انجماد و یا انجمادزدایی رخ می‌دهد، که تأثیر منفی روی کیفیت محصول و پذیرش مصرف‌کنندگان می‌گذارد (Ma, Zhang, Deng, & Xie, 2015). مقدار آب موجود در غذاهای دریایی بخصوص میگو نه‌تنها از لحاظ اقتصادی بلکه برای حفظ خواص حسی و کیفیت محصول نهایی مهم است (Chao, Bin, Lu-Kai, & Ji-Peng, 2017). ترکیباتی به‌عنوان محافظ‌های سرمایی علاوه بر ممانعت از بروز تغییرات شدید در مواد غذایی طی انجماد، نگهداری به‌صورت منجمد، انجمادزدایی و درصورت ترکیب با ماده غذایی منجر به ایجاد ثبات در ترکیبات مهم آن همچون پروتئین میوفیبریل شده و علاوه بر آن باعث ارتقای کیفیت و افزایش مدت ماندگاری محصولات منجمد می‌شوند. این ترکیبات که اکثراً مواد شیمیایی هستند ممکن است باعث تغییر مدت فرایند انجماد و ساختار فرآورده شوند (موسوی‌نسب، مصباحی و مقصودی، ۱۳۸۷). از آنجایی که وجود مواد شیمیایی به‌خودی‌خود باعث نگرانی مصرف‌کنندگان در خصوص مسائل بهداشتی می‌شوند، در راستای برطرف کردن این نگرانی‌ها سازمان‌های مربوطه و محققین با تأکید بر استفاده ترکیبی از انجماد و نگهدارنده‌های طبیعی و بی‌ضرر راهکارهای جدیدی را تحت‌عنوان «محافظ‌های سرمایی طبیعی» پیشنهاد و ارائه می‌دهند.

کیتوزان با فرمول شیمیایی (C₆H₁₁NO₄) زنجیره‌ای خطی از واحدهای تصادفی D-گلوکزآمین^۱ و N-استیل-D-گلوکزآمین^۲ (با اتصال‌های گلیکوزیدی بتا ۱ و ۴) است و از نظر فراوانی در طبیعت کیتین دومین پلی‌ساکارید است و کیتوزان از مشتقات کیتین می‌باشد (Shahidi, Arachchi, & Jeon, 1999). در واقع زمانی که درجه استیلاسیون کیتین بیشتر از ۶۰ تا ۷۰ درصد باشد آن را کیتوزان می‌نامند که دارای وزن مولکولی ۲۰۰-۵۰ کیلودالتون بوده و حلالیت آن در محدوده pH ۲-۶/۵ است و به‌دلیل دارا بودن گروه‌های آمینی آزاد در سراسر زنجیره مولکولی‌شان و مقدار کم

³ Chitosan oligosaccharides

⁴ β oligomer

⁵ Krill

¹ D-glucosamine (deacetylated unit)

² N-acetyl-D-glucosamine (acetylated unit)

در ابتدا محلول‌های ۱ و ۲ درصد کیتوزان و الیگوساکارید کیتوزان در آب دو بار تقطیر حل شدند و برای اطمینان از آب‌گیری کامل به مدت ۱ ساعت روی همزن مغناطیسی هم‌زده شدند. تعداد ۱۳۰۰ عدد میگو وانامی با میانگین وزنی ۱۰ گرم از بازار ماهی و میگو گمیشان (استان گلستان) به‌صورت تازه و پاک‌شده (بدون سر و پوست) خریداری و بلافاصله در جعبه‌های یونولیت همراه با یخ به آزمایشگاه فراوری آبزیان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. در طول مراحل آماده‌سازی میگوها در یخ نگهداری شدند و پس از رگ‌گیری با آب شست‌وشو داده و سپس در محلول‌های آماده‌شده طبق **جدول ۱** غوطه‌ور شدند (۱ ساعت، دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) و جهت خروج آب‌چک ۱ دقیقه روی صفحه مشبک قرار گرفته و در نهایت بسته‌بندی شدند (Ma et al., 2015; Zhang et al., 2018). این نمونه‌ها به مدت ۳ ماه در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و آزمایش‌های موردنظر در روزهای صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ دوره نگهداری انجام شدند.

جدول ۱- محلول‌های استفاده‌شده برای تیمار بندی میگوی وانامی

درصد	محلول‌ها
-	آب مقطر یا شاهد (Control)
۱ و ۲	پیروفسفات سدیم (SPP)
۱ و ۲	کیتوزان (Cs)
۱ و ۲	الیگوساکارید کیتوزان (CsO)
۱ و ۲	کیتوزان-پیروفسفات سدیم (Cs+SPP)
۱ و ۲	الیگوساکارید کیتوزان-پیروفسفات سدیم (CsO+SPP)

تعیین مقدار رطوبت

نمونه‌های وزن‌شده روی فویل‌های آلومینیومی در سینی‌های استیل به مدت ۱۵ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به درون دسیکاتور انتقال و پس از سرد شدن دوباره توزین گردید و درصد میزان رطوبت از طریق محاسبه قبل و بعد از آون (مدل WTI brinder 7200، ساخت آلمان) محاسبه گردید (AOAC, 2005).

مقدار دی‌ان‌های مزدوج (CD^۲)

۰/۵ گرم گوشت چرخ‌کرده تمامی تیمارها با ۵ میلی‌لیتر آب به مدت ۱ دقیقه هم‌وزن شده و ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه با ۵ میلی‌لیتر محلول ترکیبی هگزان و ایزوپروپانول (۱:۳) مخلوط

سرمایی در مواد غذایی و به‌ویژه در محصولات شیلاتی انجام شده است. موسوی‌نسب، موسوی‌نسب، مصباحی، جمالیان و مقصدلو (۱۳۹۲) فرایند یخ‌پوشی میگوی منجمد به‌وسیله محلول ۲ درصد کیتوزان به‌منظور محافظت از میگوی منجمد (میگوی کامل، خام، پخته‌شده) در برابر تغییرات نامطلوب شیمیایی و فیزیکی در مقایسه با نمونه‌های یخ‌پوشانی‌شده با آب، تیمار متابی‌سولفیت سدیم و شاهد، در مدت ۶ ماه نگهداری به‌صورت منجمد (دمای ۱۸±۲- درجه سانتی‌گراد) را مورد بررسی قرار داده‌اند، که نتایج نشان داده است برتری محلول ۲ درصد کیتوزان به‌عنوان روشی مؤثر در حفاظت از میگوی منجمد در مقایسه با تیمارهای آب، متابی‌سولفیت سدیم بود (موسوی‌نسب و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج در میان نمونه‌های مختلف، بیشترین مطلوبیت رنگ، کمترین درصد عدد تیوباربتوریک و بازهای ازته فرار متعلق به نمونه پوشش‌دهی‌شده حاوی ۴ درصد نانوذرات درون‌پوشانی‌شده بود. Yoksan، Chantarasataporn، Chirachanchai و Visessanguan (۲۰۱۳) بیان کردند غوطه‌وری میگوی تازه در محافظ‌های سرمایی مانند کیتین، کیتوزان و مشتقات آن، کیفیت میگو بخصوص رنگ و بافت را برای مدت ۴۸ ساعت طی نگهداری در دمای پایین‌تر از ۴ درجه سانتی‌گراد به‌خوبی حفظ می‌کند. لذا با توجه به مضرات استفاده از مواد شیمیایی مانند فسفات‌ها (به‌عنوان نگهدارنده مواد غذایی) و خصوصیات ویژه بیان‌شده کیتوزان و الیگوساکارید آن و عدم استفاده از آن در صنایع غذایی به‌ویژه در محصولات مرتبط با میگو، در این تحقیق تأثیر استفاده از کیتوزان و الیگوساکاریدهای آن بر برخی خواص فیزیکی‌شیمیایی و ویژگی‌های بافت میگوی خام طی ۳ ماه نگهداری به‌صورت منجمد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد و مراحل آماده‌سازی میگو

کیتوزان محلول در آب با وزن مولکولی ۵۰۰ کیلودالتون و با درجه استیل‌بیشتر از ۸۰ درصد و الیگوساکارید کیتوزان با وزن ۲ کیلودالتون و درجه استیل‌اسیون بیشتر از ۸۰ درصد (شرکت گرین بوتیک، ساخت چین)، پیروفسفات سدیم، هگزان، ایزوپروپانول، معرف تیوباربتوریک اسید (TBA^۱) و تمامی مواد مصرفی دارای درجه آزمایشگاهی بوده و از شرکت سیگما، تراکم و مرک تهیه گردیدند.

^۲ Conjugated Dienes

^۱ Thiobarbituric acid

دستگاه بافت‌سنج (مدل Brookfield, LFRA4500، ساخت آمریکا) انجام گرفت. برای آنالیز بافت هر تیمار از یک پروب استوانه‌ای با قطر ۵۰ میلی‌متر، سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و تغییر شکل ۳۰ درصد و زمان بین چرخه‌ها ۳ ثانیه استفاده گردید و متغیرهای بافت شامل سختی^۴، خاصیت ارتجاعی^۵، بهم‌پیوستگی^۶، حالت جویدنی^۷، خاصیت چسبندگی^۸ توسط دستگاه موردسنجش قرار گرفت (Zhang et al., 2018).

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی به کمک آزمون آنالیز واریانس دوطرفه استفاده گردید و به منظور آنالیز آماری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ استفاده گردید. مقایسه‌های میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات درصد رطوبت

در جدول (۲) تغییرات میزان رطوبت تیمارهای مختلف طی ۳ ماه نگهداری به صورت منجمد در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد ارائه شده است. در مقایسه تیمارها با یکدیگر طی کلیه زمان‌های نگهداری، در تمام تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$). با گذشت زمان میزان رطوبت در تمام تیمارها کاهش یافت، که این روند کاهشی در تیمار نمونه‌ها با پیروفسفات سدیم، کیتوزان ۱ درصد و تیمار ترکیبی کیتوزان و پیروفسفات سدیم ۱ و ۲ درصد شدت کمتری داشت. این کاهش در تیمار شاهد (تیمار با آب‌مقطر) و تیمار پیروفسفات سدیم ۱ درصد با شدت بیشتری همراه بود به طوری که در این نمونه‌ها میزان رطوبت به ترتیب از ۷۸/۸۸ و ۸۰/۱۴ درصد در روز صفر به ۷۸/۲۸ و ۷۸/۸۸ درصد در انتهای دوره نگهداری کاهش یافت. در انتهای دوره نگهداری کمترین میزان کاهش در تیمارهای ترکیبی کیتوزان و پیروفسفات سدیم در غلظت‌های ۱ و ۲ درصد، کیتوزان ۱ درصد مشاهده شد.

و به مدت ۱ دقیقه هموزن گردید. سپس به مدت ۵ دقیقه، ۵۰۰۰ دور در دقیقه، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شده و در مرحله بعد به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Biochrom, Libra S12، ساخت انگلستان) جذب نمونه در طول موج ۲۳۳ نانومتر قرائت گردید (Juntachote, Berghofer, AOAC, 2005; Siebenhandl, & Bauer, 2006).

تعیین مقدار تیوباربیتوریک اسید (TBARS^۱)

در ابتدا استوک TBARS با مخلوط‌نمودن ۱۵ درصد وزنی تری‌کلرواستیک اسید (وزنی/حجمی)، ۰/۳۷۵ درصد وزنی/حجمی تیوباربیتوریک اسید و اسید هیدروکلریک (۰/۲۵ مولار) در آب‌مقطر تهیه گردید. سپس ۰/۵ گرم از گوشت میگو با ۲/۵ میلی‌لیتر از محلول معرف به لوله آزمایش منتقل شده و سپس نمونه‌ها در حمام آبی ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند و پس از سردکردن در آب (۱۰ دقیقه) نمونه‌ها در ۵۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و جذب در ۵۳۲ نانومتر قرائت گردید. غلظت مواد به کمک منحنی استاندارد ($R=0.99$) تهیه شده با غلظت‌های مختلف ۱، ۳، ۳، ۱، ۱- تترانوکسی پروپان^۲ (۰-۲۰ میکرولیتر) محاسبه گردید (AOAC, 2005; Buege & Aust, 1978).

ارزیابی رنگ

پس از ۵ دقیقه خروج میگوها از فریزر و کالیبره شدن دستگاه توسط کاشی مخصوص ارزیابی رنگ بافت گوشت میگو روی بند دوم شکمی میگو با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CAM-System 500, Loviband، ساخت انگلستان) صورت گرفت. متغیرهای L^* برای بیان شاخص روشنایی از صفر (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، a^* برای بیان قرمزی-سبزی ($+a^*$ نشان‌دهنده قرمزتر و $-a^*$ نشان‌دهنده سبزتر، ± 100) و b^* برای بیان بعد زرد-آبی ($+b^*$ نشان‌دهنده زردتر و $-b^*$ نشان‌دهنده آبی‌تر ± 100) اندازه‌گیری شدند (Chao et al., 2017).

سنجش بافت (TPA^۳)

اندازه‌گیری خصوصیات بافت گوشت میگو با استفاده از

⁴ Hardness

⁵ Springiness

⁶ Cohesiveness

⁷ Chewiness

⁸ Gumminess

¹ Thiobarbituric acid

² 1,1,3,3-Tetraethoxypropane

³ Texture profile analyzer

جدول ۲- تغییرات میزان رطوبت (درصد) تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به صورت منجمد

تیمار	زمان (روز)			
	۰	۳۰	۶۰	۹۰
Control	۸۰/۱۴±۰/۲ ^{Aa}	۷۹/۷۵±۰/۱۱ ^{Aa}	۷۹/۳۳±۰/۵۸ ^{Aa}	۷۸/۲۸±۰/۸۵ ^{Aa}
SPP % 1	۸۰/۰۷±۰/۳۳ ^{Aa}	۷۹/۸۷±۱/۲۵ ^{Aa}	۷۹/۸۳±۰/۰۴ ^{Aa}	۷۸/۸۸±۱/۷۷ ^{Aa}
SPP % 2	۸۰/۰۷±۰/۲۶ ^{Aa}	۷۹/۸۲±۰/۱۷ ^{Aa}	۷۹/۵۹±۰/۸۱ ^{Aa}	۷۹/۴۸±۱/۸۸ ^{Aa}
Cs % 1	۸۰/۰۴±۰/۱۱ ^{Aa}	۷۹/۸۰±۰/۲۱ ^{Aa}	۷۹/۷۸±۰/۱۷ ^{Aa}	۷۹/۵۷±۰/۱۰ ^{Aa}
Cs % 2	۸۰/۰۴±۰/۲۷ ^{Aa}	۷۹/۶۵±۱/۱۲ ^{Aa}	۷۹/۵۴±۰/۲۸ ^{Aa}	۷۹/۳۰±۱/۴۰ ^{Aa}
CsO % 1	۸۰/۰۴±۰/۲۲ ^{Aa}	۷۹/۸۱±۰/۱۴ ^{Aa}	۷۹/۵۰±۰/۲۱ ^{Aa}	۷۹/۳۸±۰/۹۵ ^{Aa}
CsO % 2	۸۰/۰۲±۰/۱۱ ^{Aa}	۷۹/۷۳±۰/۰۷ ^{Aa}	۷۹/۸۳±۰/۳۰ ^{Aa}	۷۹/۰۶±۱/۳۴ ^{Aa}
Cs+SPP % 1	۸۰/۰۶±۰/۴۰ ^{Aa}	۷۹/۸۷±۰/۲۰ ^{Aa}	۷۹/۸۰±۰/۰۰ ^{Aa}	۷۹/۷۵±۰/۴۷ ^{Aa}
Cs+SPP % 2	۸۰/۰۱±۰/۰۷ ^{Aa}	۷۹/۸۰±۰/۳۹ ^{Aa}	۷۹/۶۴±۰/۶۷ ^{Aa}	۷۹/۵۲±۰/۳۰ ^{Aa}
CsO+SPP % 1	۸۰/۰۱±۰/۱۶ ^{Aa}	۷۹/۷۳±۰/۰۹ ^{Aa}	۷۹/۸۰±۰/۰۲ ^{Aa}	۷۹/۲۳±۰/۶۳ ^{Aa}
CsO+SPP % 2	۸۰/۰۱±۰/۲۸ ^{Aa}	۷۹/۶۷±۱/۱۰ ^{Aa}	۷۹/۵۰±۰/۳۵ ^{Aa}	۷۹/۲۱±۰/۱۱ ^{Aa}

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ($P < 0.05$).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ($P < 0.05$).

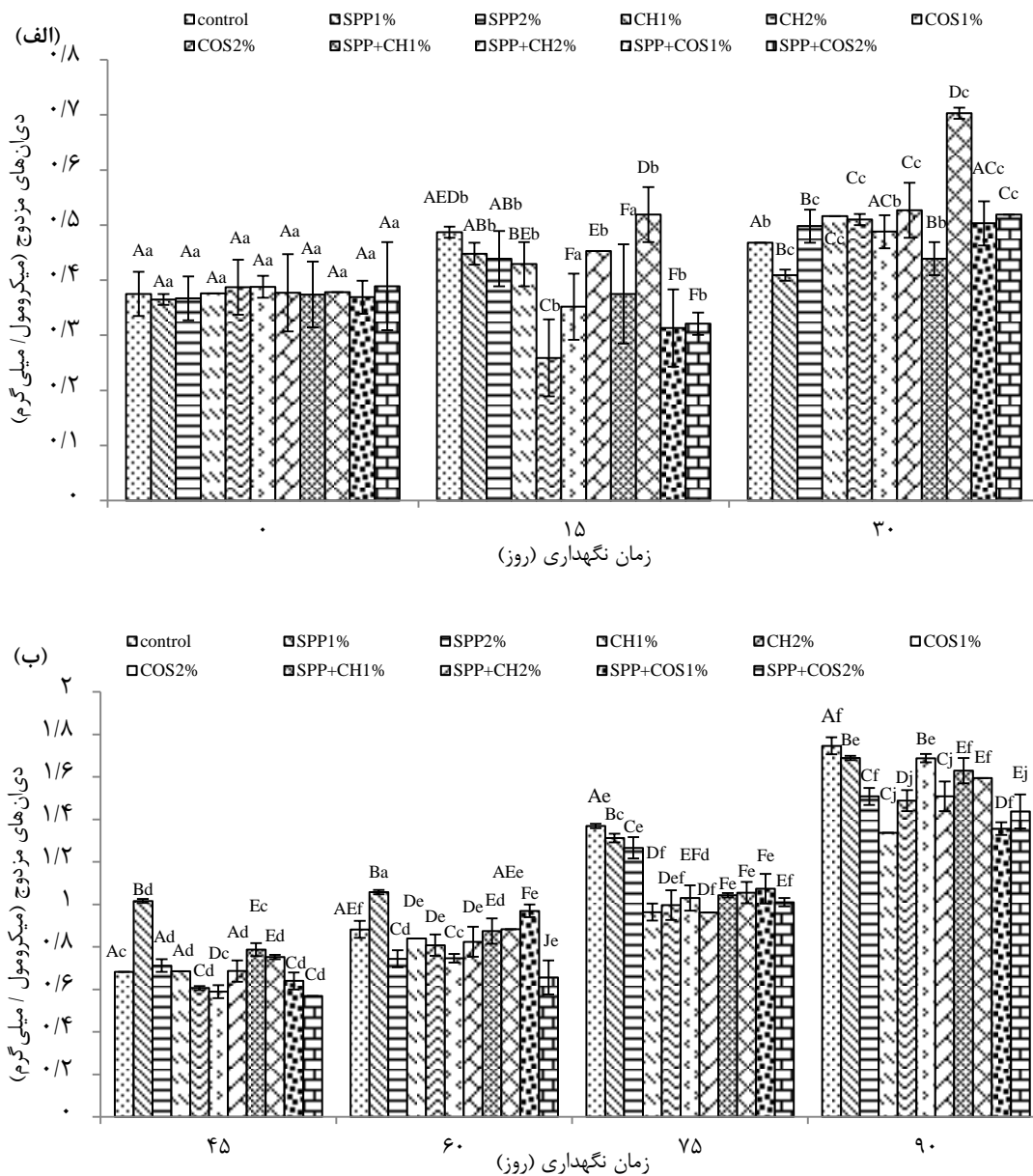
رطوبت به‌وسیله این قندها در عضله می‌تواند ناشی از کاهش قابل‌توجه در اندازه کریستال‌های یخ به‌دلیل کاهش فضای مورد دسترس برای تشکیل کریستال باشد (Chalida, Niamnuy, Devahastin, & Soponronnarit, 2008). نتایج مطالعه حاضر همسو با نتایج تری‌هالوز، آل‌ترینات و الیگوساکارید آن (Chao et al., 2017; Ma et al., 2015) و زیلو الیگوساکارید (Zhang et al., 2018) بر میگوی وانامی خام و پخته‌شده منجمد می‌باشد. این محققان نیز نشان دادند که میزان رطوبت در آزمایش‌های آنها در تمامی تیمارها روند کاهشی داشته ولی با این تفاوت که این کاهش در نمونه‌های تیمار شده با قندهای مورد آزمایش از شدت کمتری نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند.

تغییرات مقادیر دی‌ان‌های مزدوج بافت میگو

شکل‌های (۱-الف) و (۱-ب) تغییرات میزان دی‌ان‌های مزدوج تیمارهای مختلف طی ۳ ماه نگهداری به صورت منجمد در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. با گذشت زمان میزان دی‌ان‌های مزدوج در تمام تیمارها افزایش یافت، که این روند افزایشی در تیمار نمونه‌ها با کیتوزان ۱ و ۲ درصد و تیمار ترکیبی الیگوساکارید کیتوزان - پیروفسفات سدیم ۱ و ۲ درصد شدت کمتری داشته است. در بین تیمارهای مورد مطالعه در تمامی زمان‌های نگهداری نمونه شاهد بیشترین میزان افزایش میزان دی‌ان‌های مزدوج را نشان داد و در انتهای دوره نگهداری کمترین میزان افزایش در تیمارهای کیتوزان ۲ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$).

آب بافت و میزان آن یکی از اجزای اصلی میگو و محصولات حاصل از آن است. مقدار رطوبت محصول یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی اثرگذار بر ظاهر و بازدهی محصول و فاکتور غالب در تعیین ویژگی‌های حسی میگوهای آماده تجاری است. با وجود روند کاهشی در نمونه‌های تیمار شده با پیروفسفات سدیم، کیتوزان، الیگوساکارید کیتوزان و تیمارهای ترکیبی پیروفسفات سدیم با این مواد (در غلظت‌های ۱ و ۲ درصد) تفاوت معنی‌داری بین آنها طی ۹۰ روز نگهداری مشاهده نشد ($P > 0.05$). احتمالاً علت اصلی کاهش میزان رطوبت در تیمار شاهد (آب‌مقطر)، آسیب‌های فیزیکی وارد شده به عضله بافت طی انجماد و ناشی از تشکیل کریستال‌های بزرگ یخ است (Ma et al., 2015). کاهش میزان رطوبت عضله ناشی از تغییرات ساختاری در بافت عضله میگو (تخریب غشای سلولی، انقباض فیبرهای عضلانی، تجمع پروتئین‌های سارکوپلاسمیک^۱، انقباض و حلالیت پروتئین استروما، تغییر شکل پروتئین میوزین و افزایش فضای خارج سلولی) رخ می‌دهد (Chao et al., 2007). احتمالاً پوشش ایجاد شده بر سطح نمونه‌ها به‌وسیله کیتوزان و الیگوساکارید آن و قرار گرفتن در فضای موجود مابین ساختار بافتی و یا تشکیل پیوند با پروتئین، علاوه بر ایجاد اتصالاتی در داخل و مابین پروتئین شده و با مولکول‌های آب موجود در بافت نیز واکنش داده و افزایش ظرفیت نگهداری آب را به دنبال داشته‌اند. کاهش کمتر میزان

¹ Sarcoplasmic



شکل ۱- تغییرات مقادیر دیان‌های مزدوج تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی الف) یک ماه اول و ب) دو ماه آخر نگهداری به صورت منجمد حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار طی زمان و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهاست ($P < 0.05$).

نظیر ترکیبات آلدهیدی، کربونیلی و غیره که عامل ایجاد بو و تندی چربی در مواد غذایی فاسد می‌شوند (Gray, 1978). میگو و دیگر محصولات شیلاتی دارای اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه هستند که در مقابل فساد اکسیداتیو در طول دوره انجماد بسیار حساس می‌باشند. روش دیان مزدوج نسبت به سایر روش‌های سنجش اکسیداسیون اولیه سریع‌تر، ساده‌تر، مستقل از واکنش‌های شیمیایی یا توسعه رنگ بوده و به مقدار کمتر نمونه نیاز دارد (حسینی، قربانی، ماهونک و مقصدولو، ۱۳۹۱). نتایج بررسی شاخص دیان‌های مزدوج تیمارهای مختلف در شکل (۱) ارائه شده است. میزان اولیه

ارزش تغذیه‌ای یک ماده غذایی علاوه بر طعم، بافت، پذیرش کلی و مدت ماندگاری تحت تأثیر ترکیبات چربی موجود در آن نیز است و چربی‌ها از اجزای مهم در مواد غذایی هستند (Wrolstad et al., 2005). چربی‌ها بسیار مستعد اکسایش (رادیکال‌های آزاد) و یکی از عوامل ایجاد طعم و بو نامطبوع در مواد غذایی هستند، از این رو، اطلاع از کیفیت چربی مواد غذایی پیش از ورود به بازار بسیار حائز اهمیت است. وجود دیان‌های مزدوج مربوط به تولید هیدروپراکسیدها در چربی‌ها بوده که نشان‌دهنده بروز مراحل اولیه اکسایش است و در ادامه واکنش‌های اکسیداسیون منجر به تشکیل ترکیبات ثانویه فرار و غیرفرار

سدی در برابر نفوذ اکسیژن محیط و خاصیت آنتی‌اکسیدانی (اهدای الکترون آزاد و خاتمه فرایند اکسایش یا شلاته‌کردن عوامل پراکسیداسیون (یون‌های فلزی))، می‌تواند به‌عنوان محافظ سرمای طبیعی در نگهداری محصولات گوشتی به‌کار گرفته شود.

شاخص تیوباربتوریک اسید

مطابق جدول (۳) با گذشت زمان میزان تیوباربتوریک اسید در تمام تیمارها افزایش یافت. این روند افزایشی در نمونه‌های تیمار شده با کیتوزان ۱ درصد و تیمار ترکیبی کیتوزان-پیروفسفات سدیم ۱ درصد نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. در مقایسه بین تیمارها، در برخی تیمارها در انتهای دوره نگهداری تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0.05$). در تیمار شاهد میزان تیوباربتوریک اسید از ۰/۰۳ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید در کیلوگرم در روز صفر به ۰/۰۹ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید در کیلوگرم در انتهای دوره نگهداری افزایش یافت. در بین تیمارهای مورد مطالعه در تمامی زمان‌های نگهداری نمونه شاهد بیشترین میزان افزایش تیوباربتوریک اسید را نشان داد و در روز ۹۰ نگهداری کمترین میزان افزایش در تیمار ترکیبی کیتوزان-پیروفسفات سدیم ۱ درصد و تیمار کیتوزان ۱ درصد مشاهده شد.

دی‌ان‌های مزدوج در نمونه‌ها از ۰/۳۶ تا ۰/۳۸ میکرومول در میلی‌گرم نوسان داشت و طی ۳ ماه نگهداری به‌صورت منجمد برای تمامی تیمارها میزان دی‌ان‌های مزدوج افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بیشترین میزان دی‌ان‌های مزدوج را تیمار شاهد و کمترین آن تیمار کیتوزان ۲ درصد و تیمار ترکیبی الیگوساکارید کیتوزان-پیروفسفات سدیم ۱ درصد و تیمار کیتوزان ۱ درصد نشان دادند. کیتوزان و الیگوساکارید کیتوزان به‌دلیل ایجاد پوشش روی میگو و کاهش نرخ تماس محصول با اکسیژن محیط، از سرعت اکسیداسیون اولیه چربی‌ها و متعاقب آن از تشکیل هیدروپراکسیدها کاسته می‌شود (Mohan, Ravishankar, Lalitha, & Gopal, 2012). باوجود اینکه مطالعه مشابهی در مورد بررسی اکسیداسیون اولیه در فراورده‌های گوشتی دریایی بخصوص میگو از طریق روش اندازه‌گیری دی‌ان‌های مزدوج یافت نشد، طبق مطالعه‌های محققین احمدی، عالی‌شاهی، اجاق و میرصادقی (۱۳۹۶)، نقیسی، احسانی، تاجیک، طالبی و دلیرز (۱۳۹۵) در خصوص اثرات پوششی و آنتی‌اکسیدانی کیتوزان روی نگهداری فیله ماهیان مختلف، به روش‌های دیگر اندازه‌گیری شاخص‌های اکسیداسیون اولیه، کیتوزان کارایی بالایی در کاهش میزان پراکسید دارد. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده کیتوزان و الیگوساکارید کیتوزان به تنهایی یا در ترکیب با پیروفسفات سدیم سبب ایجاد

جدول ۳- تغییرات مقادیر تیوباربتوریک اسید (میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید در کیلوگرم) تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به‌صورت منجمد

تیمار	زمان (روز)			
	۰	۳۰	۶۰	۹۰
Control	۰/۲۸±۰/۰۰Ac	۰/۵۰±۰/۰۲Ab	۰/۵۷±۰/۰۰Bb	۰/۹۷±۰/۰۴Aa
SPP % 1	۰/۲۸±۰/۰۱Ac	۰/۴۴±۰/۰۷ABb	۰/۴۵±۰/۰۰Cb	۰/۹۲±۰/۰۵Aa
SPP % 2	۰/۲۸±۰/۰۰Ac	۰/۴۶±۰/۰۵ABb	۰/۳۲±۰/۰۶FGc	۰/۹۶±۰/۰۳Aa
Cs % 1	۰/۲۸±۰/۰۰Ac	۰/۴۶±۰/۰۲ABb	۰/۴۴±۰/۰۱CDbc	۰/۷۶±۰/۰۲ABa
Cs % 2	۰/۲۷±۰/۰۰Ac	۰/۴۱±۰/۰۳ABb	۰/۴۲±۰/۰۱CDEb	۰/۹۷±۰/۰۵Aa
CsO % 1	۰/۲۸±۰/۰۰Ad	۰/۴۱±۰/۰۴ABcd	۰/۵۳±۰/۰۱Bcb	۰/۸۲±۰/۰۱۵Aa
CsO % 2	۰/۲۸±۰/۰۰Ad	۰/۴۰±۰/۰۴ABc	۰/۶۲±۰/۰۳Ab	۰/۹۱±۰/۰۴Aa
Cs+SPP % 1	۰/۲۸±۰/۰۱Ac	۰/۳۵±۰/۰۰Bb	۰/۳۰±۰/۰۰Gb	۰/۵۸±۰/۰۲Ba
Cs+SPP % 2	۰/۲۸±۰/۰۰Ac	۰/۴۵±۰/۰۲ABb	۰/۵۳±۰/۰۰Bb	۰/۷۷±۰/۰۷ABa
CsO+SPP % 1	۰/۲۹±۰/۰۰Ac	۰/۳۸±۰/۰۲ABb	۰/۳۷±۰/۰۲EFb	۰/۸۲±۰/۰۱۷Aa
CsO+SPP % 2	۰/۲۸±۰/۰۰Ac	۰/۴۰±۰/۰۳ABb	۰/۳۹±۰/۰۲DEb	۰/۸۴±۰/۰۸Aa

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ($P < 0.05$).
حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ($P < 0.05$).

مقایسه تیمارها میگوهای تیمار شده با محافظ سرمایی الیگوساکارید کیتوزان (۱ و ۲ درصد) و تیمار ترکیبی پیروفسفات سدیم+الیگوساکارید کیتوزان ۱ و ۲ درصد نسبت به تیمارهای دیگر تغییر کمتری در این شاخص نشان دادند و بیانگر ثبات رنگ در این تیمارها بود. اثرات حفظ و تثبیت رنگ تمام تیمارها (پیروفسفات سدیم، کیتوزان، الیگوساکارید کیتوزان و تیمارهای ترکیبی آنها) بسیار بارزتر از تیمار کنترل (تیمار آب مقطر) بود. مطالعه Okpala (۲۰۱۷) نشان داد که طی نگهداری میگوی وانامی در یخ میزان شاخص روشنایی افزایش داشت و در نمونه‌های تیمار شده با گاز ازن مقدار روشنایی کاهش یافت. Ma و همکاران (۲۰۱۵) این تغییرات و افزایش در شاخص میزان روشنایی را به تغییرات در جذب نور و پراکندگی نور در نمونه‌ها نسبت دادند که از طریق ذوب آب منجمد و تجمع آن در فضاهای خارج سلولی ایجاد می‌شوند. طبق مطالعه Chung و همکاران (۲۰۰۴) واکنش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی و در نتیجه تخریب پروتئین میوفیبریل و بی‌نظمی در جهت‌گیری آنها دلیل تغییرات رنگ گوشت و محصولات شیلاتی هستند. در تحقیق موسوی‌نسب و همکاران (۱۳۹۲) دلیل تغییر رنگ در میگو فتواکسیداسیون آستازانتین^۲ و همچنین احتمال ایجاد صدمات مکانیکی شدید به غشاهای سلولی و تغییر ترکیبات سلولی مانند تغییر ماهیت پروتئین به وسیله تشکیل کریستال‌های یخ طی انجماد بیان شده است. احتمالاً خصوصیات آنتی‌اکسیدانی کیتوزان و تثبیت رنگ نمونه‌ها مربوط به توانایی شلاته‌کردن فلزی می‌باشد. همسو با نتایج مطالعه حاضر بررسی شاخص روشنایی در مطالعه Ma و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش شاخص L^* را در میگوی وانامی خام و پخته تیمار شده به وسیله تری‌هالوز، آلژینات و الیگوساکارید آن طی ۶ هفته به صورت منجمد گزارش کردند. این افزایش میزان روشنایی در تیمارهای تری‌هالوز و الیگوساکارید آلژینات در مقایسه با تیمار شاهد خیلی کمتر بود و همچنین این محققان خاصیت بهبوددهندگی و تثبیت‌کنندگی رنگ محصول به وسیله این قندها را دلیل این افزایش دانستند.

تیوباربیتوریک اسید از شاخص‌های اندازه‌گیری اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها براساس محتوای مالون‌دی‌آلدهید می‌باشد. مالون‌دی‌آلدهیدها ترکیبی از اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه است که در اثر تجزیه اسیدهای چرب چندغیراشباع تشکیل می‌شود که به واسطه اکسیدشدن هیدروپراکسیدها به موادی نظیر آلدهید و کتون تشکیل می‌شوند (Kostaki, Giatrakou, 2009; Savvaidis, & Kontominas, 2009; Cakli, Cadun). Kislak (۲۰۰۵) اشاره کردند که مقادیر TBA کمتر از ۳ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید در کیلوگرم بیانگر شرایط قابل قبول برای غذاهای دریایی نگهداری شده به صورت منجمد می‌باشد. Mohan و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی فیله ماهی ساردین هندی^۱ تیمار شده با کیتوزان، ظرفیت شلاته‌کنندگی یون‌های فلزی و ترکیب کیتوزان با چربی برای جلوگیری از اکسیداسیون چربی و افزایش مدت ماندگاری را دلیل خاصیت آنتی‌اکسیداسیونی کیتوزان بیان کردند.

میزان روشنایی (L^*)

رنگ در محصولات شیلاتی از جهت شاخص بصری ارزیابی کیفیت مواد غذایی برای مصرف‌کننده و همچنین تعیین قیمت محصول بسیار حائز اهمیت است (Ma et al., 2015). هموسیانین در مایعات بدن میگو به عنوان حامل اکسیژن وجود دارد و با رگ‌گیری و شست‌وشو خارج می‌شود. در صورت باقی‌ماندن سخت شده و در بافت باقی خواهد ماند (Ross, Dalton, Kramer, & Christensen, 2001).

میزان روشنایی در تیمارهای مختلف در جدول (۴)، با گذشت زمان افزایش یافت. پس از ۴۵ روز نگهداری افزایش میزان شاخص روشنایی بیشتر مشاهده گردید و در مقایسه طی زمان‌های نگهداری و بین تمام تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0.05$). میزان روشنایی در نمونه شاهد (تیمار با آب مقطر) از ۵۸/۳۵ در روز صفر نگهداری به ۷۸/۸۵ در روز ۹۰ نگهداری افزایش یافت ($P < 0.05$). در بین تیمارها در روز صفر نگهداری بیشترین میزان روشنایی مربوط به پیروفسفات سدیم ۱ و ۲ درصد که میزان آن ۵۸/۸۳ و کمترین میزان روشنایی مربوط به الیگوساکارید کیتوزان ۲ درصد به میزان ۵۶/۴۵ بود.

² Astaxanthin photooxidation

¹ *Sardinella longiceps*

جدول ۴- تغییرات شاخص میزان روشنایی تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به صورت منجمد

تیمار	زمان (روز)			
	۰	۳۰	۶۰	۹۰
Control	۵۸/۳۵±۰/۰۷ ^{Ae}	۵۹/۴۹±۰/۱۷ ^{Ad}	۸۶/۱۵±۰/۲۷ ^{Aa}	۷۸/۸۵±۰/۶۷ ^{Ab}
SPP % 1	۵۸/۸۳±۰/۰۴ ^{Af}	۵۸/۲۹±۰/۶۷ ^{Bf}	۷۵/۶۹±۰/۰۷ ^{Bb}	۷۶/۸۹±۰/۱۷ ^{Ba}
SPP % 2	۵۸/۸۳±۰/۰۲ ^{Ac}	۵۸/۰۵±۰/۰۷ ^{Bd}	۷۴/۳۰±۰/۰۷ ^{Cb}	۷۶/۵۵±۰/۰۷ ^{Ba}
Cs % 1	۵۷/۶۰±۰/۰۰ ^{Ba}	۵۸/۴۰±۰/۴۲ ^{Bb}	۷۵/۳۰±۰/۵۶ ^{Bc}	۷۵/۷۰±۰/۳۴ ^{Cc}
Cs % 2	۵۸/۰۵±۰/۰۴ ^{Ba}	۵۸/۴۰±۰/۱۲ ^{Bab}	۸۳/۰۵±۰/۰۱ ^{Dc}	۷۶/۹۶±۰/۶۱ ^{Be}
CsO % 1	۵۶/۹۰±۰/۱۷ ^{Ba}	۵۷/۳۰±۰/۷۵ ^{Ca}	۷۹/۶۰±۰/۰۷ ^{Eb}	۷۴/۵۰±۰/۲۷ ^{Db}
CsO % 2	۵۶/۴۵±۰/۰۵ ^{Bab}	۵۶/۹۵±۰/۱۳ ^{Ca}	۷۹/۲۵±۰/۴۰ ^{Ec}	۷۴/۵۵±۰/۱۵ ^{De}
Cs+SPP % 1	۵۸/۰۰±۰/۴۸ ^{Ba}	۵۸/۴۰±۰/۵۲ ^{Ba}	۷۶/۹۰±۰/۳۱ ^{Fb}	۷۵/۳۰±۰/۴۳ ^{Cd}
Cs+SPP % 2	۵۷/۳۵±۰/۰۹ ^{Bab}	۵۶/۹۵±۰/۰۷ ^{Cab}	۸۰/۴۵±۰/۱۴ ^{Dc}	۷۴/۵۹±۰/۱۰ ^{De}
CsO+SPP % 1	۵۷/۶۰±۰/۷۰ ^{Ba}	۵۶/۹۰±۰/۵۷ ^{Ca}	۸۰/۴۰±۰/۰۲ ^{Dc}	۷۵/۳۰±۰/۸۷ ^{Ce}
CsO+SPP % 2	۵۶/۹۵±۰/۰۷ ^{Ba}	۵۶/۹۵±۰/۶۴ ^{Ca}	۷۹/۶۵±۰/۲۱ ^{Ec}	۷۴/۱۵±۰/۱۷ ^{Ee}

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ($P < 0.05$).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ($P < 0.05$).

آنالیز شاخص میزان قرمزی-سبزی (a^*)

نتایج تغییرات شاخص قرمزی-سبزی تیمارهای مختلف در طی نگهداری به صورت منجمد در جدول (۵) نشان داده شده است. به طور کلی شاخص میزان قرمزی-سبزی در تمام تیمارهای مختلف با گذشت زمان کاهش یافت. پس از ۴۵ روز نگهداری میزان قرمزی نمونه‌ها کاهش یافت. میزان قرمزی در نمونه شاهد (آب مقطر) از ۴/۲۴ در روز صفر نگهداری به ۳/۴۹ در پایان دوره (۹۰ روز) رسید ($P < 0.05$). در بین تیمارها در روز صفر، بیشترین میزان قرمزی (۵/۱۵) در تیمارهای پیروفسفات سدیم (۱ و ۲ درصد)، تیمارهای الیگوساکارید کیتوزان (۱ و ۲ درصد) و تیمار ترکیبی الیگوساکارید کیتوزان - پیروفسفات مشاهده شد. در مقایسه بین تیمارها طی تمام زمان‌های نگهداری، نمونه الیگوساکارید کیتوزان ۲ درصد و تیمار پیروفسفات سدیم ۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان قرمزی را داشتند ($P < 0.05$).

پذیرش مواد غذایی تحت تأثیر ویژگی‌های ظاهری آن به ویژه رنگ است. گزارش Chantarasataporn و همکاران (۲۰۱۳) کیتین و کیتوزان و مشتق‌های آنها عامل افزایش شاخص قرمزی نسبت به نمونه شاهد بودند. به دلیل فرم‌بندن پودر الیگوساکارید کیتوزان روی نمونه‌ها تأثیر گذاشت و رنگ میگو تبدیل به صورتی

متمایل به قرمز شد و به این دلیل این تیمارها تا انتهای دوره نگهداری بیشترین میزان قرمزی را نشان دادند. تعامل بین گروه‌های آمینی اولیه کیتوزان با گروه‌های آلدهیدی حاصل از تجزیه چربی‌ها طی اکسیداسیون و تشکیل یک ساختار پایدار خاصیت آنتی‌اکسیداسیونی کیتوزان را تشکیل می‌دهند که با جلوگیری از اکسید شدن از کاستن رنگ قرمز عضله نیز می‌کاهند (Mohan et al., 2012). مطالعه Okpala (۲۰۱۷) نشان داد که طی نگهداری میگوی وانامی در یخ میزان شاخص قرمزی افزایش نشان داد که می‌تواند به دلیل فعالیت‌های آنزیمی میگو باشد. Okpala (۲۰۱۷) در تحقیق خود بیان کرد که تیمار با گاز آزن سبب کاهش شاخص قرمزی و زردی نمونه‌ها گردید که احتمالاً شست‌وشوی رنگ سطح محصول میگو را کاهش می‌دهد.

جدول ۵- تغییرات شاخص قرمزی- سبزی تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به صورت منجمد

تیمار	زمان (روز)						
	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰
Control	۴/۲۴±۰/۰۳ ^{Bb}	۵/۱۲±۰/۰۱ ^{Aa}	۵/۰۸±۰/۰۹ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۹ ^{Bb}	۲/۷۰±۰/۰۱ ^{Ad}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Ab}	۳/۴۹±۰/۰۳ ^{Bc}
SPP % 1	۵/۱۰±۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۱۳±۰/۰۱ ^{Aa}	۵/۰۸±۰/۰۳ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Bb}	۳/۴۹±۰/۰۷ ^{Bc}	۲/۷۰±۰/۰۷ ^{Cb}	۲/۷۰±۰/۰۴ ^{Cb}
SPP % 2	۵/۱۵±۰/۰۴ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۹ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bc}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Ab}	۳/۵۵±۰/۰۴ ^{Bc}
Cs % 1	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Bb}	۵/۱۰±۰/۰۹ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۵/۱۰±۰/۰۳ ^{Aa}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۴ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bc}
Cs % 2	۴/۳۵±۰/۰۶ ^{Bb}	۵/۱۰±۰/۰۱ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۷ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bc}
CsO % 1	۵/۱۰±۰/۰۲ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۷ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۹ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۳ ^{Aa}	۴/۳۵±۰/۰۱ ^{Bc}	۴/۳۰±۰/۰۷ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۸ ^{Ab}
CsO % 2	۵/۱۵±۰/۰۶ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۷ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۳ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۴ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۰ ^{Ab}	۴/۳۵±۰/۰۹ ^{Ab}	۴/۳۵±۰/۰۸ ^{Ab}
Cs+SPP % 1	۴/۳۰±۰/۰۰ ^{Bb}	۵/۱۰±۰/۰۳ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۶ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۸ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۵ ^{Bc}
Cs+SPP % 2	۴/۳۵±۰/۰۳ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۸ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۹ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۸ ^{Ba}	۳/۵۰±۰/۰۵ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Aa}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bb}
CsO+SPP % 1	۵/۱۰±۰/۰۱ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۷ ^{Aa}	۴/۳۵±۰/۰۱ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۵ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ab}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bc}
CsO+SPP % 2	۵/۱۵±۰/۰۶ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۳ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ab}	۳/۵۰±۰/۰۲ ^{Bc}

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ($P < 0.05$).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ($P < 0.05$).

آنالیز شاخص میزان زردی-آبی (b^*)

تغییرات شاخص b^* (زردی-آبی) تیمارهای مختلف در طی نگهداری به صورت منجمد (۱۸- درجه سانتی‌گراد) در جدول (۶) ارائه شده است. میزان زردی در نمونه شاهد از ۳/۴۵ در روز صفر به ۴/۳۰ در انتهای دوره نگهداری افزایش یافت ($P < 0.05$). کمترین میزان زردی در روز

صفر مربوط به پیروفسفات سدیم ۱ درصد بود (۲/۷۰) و همچنین بیشترین میزان زردی در ابتدا و انتهای نگهداری در تیمار الیگوساکارید کیتوزان ۱ و ۲ درصد مشاهده شد. به‌طورکلی طبق نتایج این تحقیق غوطه‌وری در محلول‌های مختلف می‌تواند مسئول تغییر شاخص‌های مختلف رنگ میگوهای منجمد طی نگهداری باشد.

جدول ۶- تغییرات شاخص میزان زردی-آبی تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به صورت منجمد

تیمار	زمان (روز)						
	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰
Control	۳/۴۵±۰/۰۲ ^{Bb}	۲/۷۰±۰/۰۵ ^{Cc}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۴ ^{Ba}	۳/۵۰±۰/۰۲ ^{Cb}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ba}
SPP % 1	۲/۷۰±۰/۰۵ ^{Cb}	۲/۷۰±۰/۰۵ ^{Cb}	۲/۷۰±۰/۰۳ ^{Cb}	۲/۷۰±۰/۰۷ ^{Cb}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Ba}
SPP % 2	۳/۴۵±۰/۰۴ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۳ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۴ ^{Ba}
Cs % 1	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۷ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۳ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۷ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ba}
Cs % 2	۳/۴۵±۰/۰۶ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Bc}	۲/۷۰±۰/۰۱ ^{Cd}	۲/۷۰±۰/۰۷ ^{Cd}	۵/۱۰±۰/۰۳ ^{Aa}	۳/۵۰±۰/۰۱ ^{Cc}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Bb}
CsO % 1	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۷ ^{Ab}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bc}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ab}	۵/۱۰±۰/۰۱ ^{Bc}	۵/۱۰±۰/۰۷ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۸ ^{Aa}
CsO % 2	۴/۳۵±۰/۰۲ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۷ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۵ ^{Bb}	۵/۱۰±۰/۰۲ ^{Aa}	۵/۱۰±۰/۰۶ ^{Aa}
Cs+SPP % 1	۳/۵۰±۰/۰۰ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۳ ^{Bb}	۲/۷۰±۰/۰۶ ^{Cc}	۲/۷۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۸ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۵ ^{Ba}
Cs+SPP % 2	۴/۳۵±۰/۰۰ ^{Ab}	۳/۵۰±۰/۰۶ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bc}	۳/۵۰±۰/۰۸ ^{Bc}	۵/۱۰±۰/۰۵ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۱ ^{Bb}
CsO+SPP % 1	۳/۵۰±۰/۰۹ ^{Bb}	۳/۵۰±۰/۰۲ ^{Bb}	۲/۷۰±۰/۰۱ ^{Cc}	۳/۵۰±۰/۰۵ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ba}	۴/۳۰±۰/۰۶ ^{Ba}
CsO+SPP % 2	۴/۳۵±۰/۰۶ ^{Ab}	۳/۵۰±۰/۰۵ ^{Bc}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Ab}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Ab}	۵/۱۰±۰/۰۶ ^{Aa}	۴/۳۰±۰/۰۳ ^{Bb}	۴/۳۰±۰/۰۲ ^{Bb}

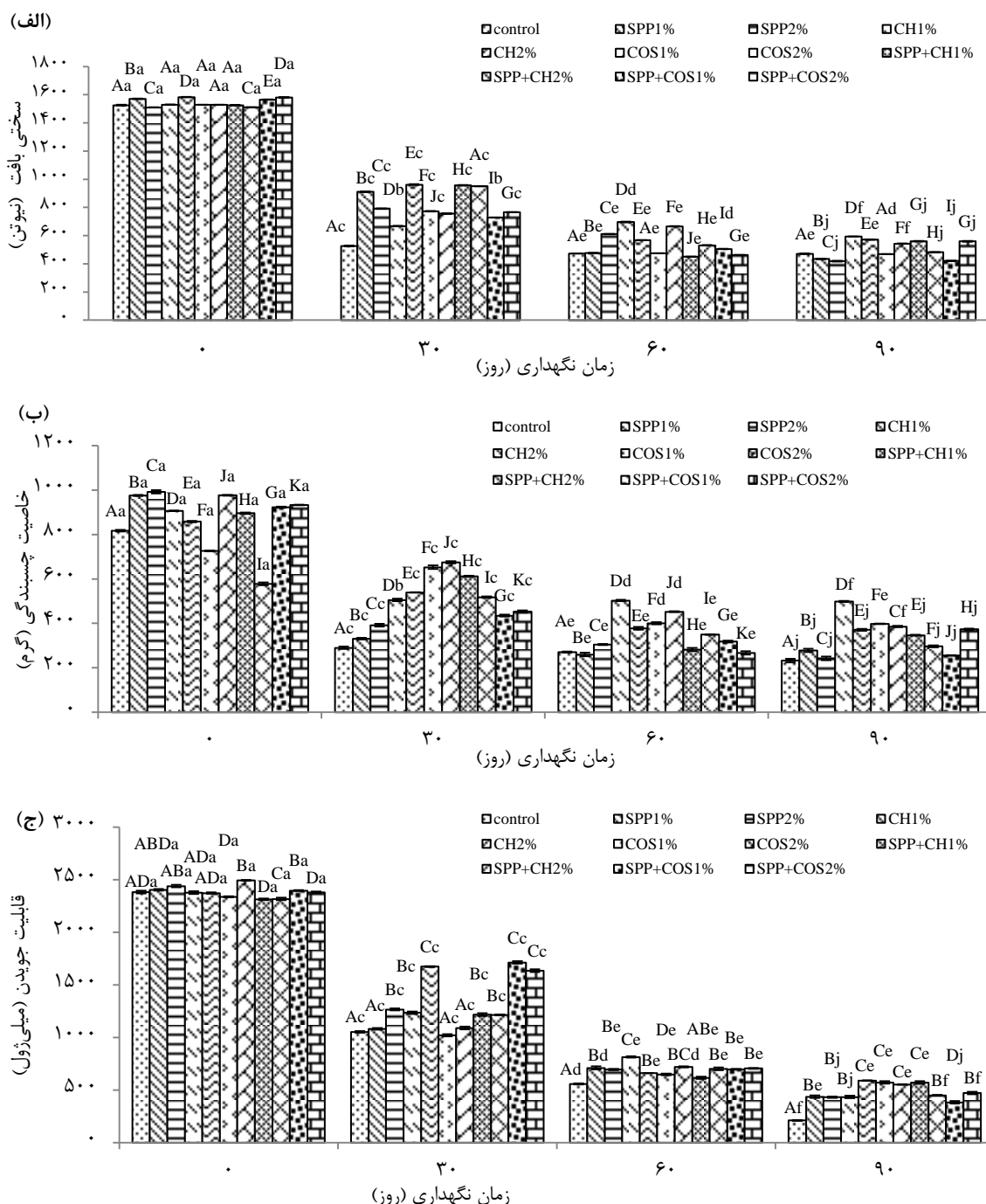
حروف کوچک متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ($P < 0.05$).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ($P < 0.05$).

کاهش یافت. در انتهای دوره نگهداری تیمارهای شاهد و پیروفسفات سدیم (۱ و ۲ درصد) کمترین میزان سختی را نشان دادند ($P < 0.05$) و بیشترین میزان سختی در تیمار کیتوزان ۱ و ۲ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$) (شکل ۲-الف). احتمالاً کاهش در میزان سختی بافت می‌تواند به دلیل ضعیف شدن بافت پیوندی و فروپاشی آن باشد (Masniyom, Benjakul, & Visessanguan, 2005).

سنجش بافت (TPA)

بافت یکی از ویژگی‌های کیفی بسیار مهم در صنعت فراوری آیزیان است (Hyldig & Nielsen, 2001). به‌طور کلی، مطالعه‌های محدودی در مورد اثر کیتوزان و الیگوساکارید آن بر خصوصیات بافتی میگو توسط آنالیزهای دستگاهی وجود دارد. با گذشت زمان تا انتهای نگهداری میزان سختی به‌طور معنی‌داری در تمام تیمارها

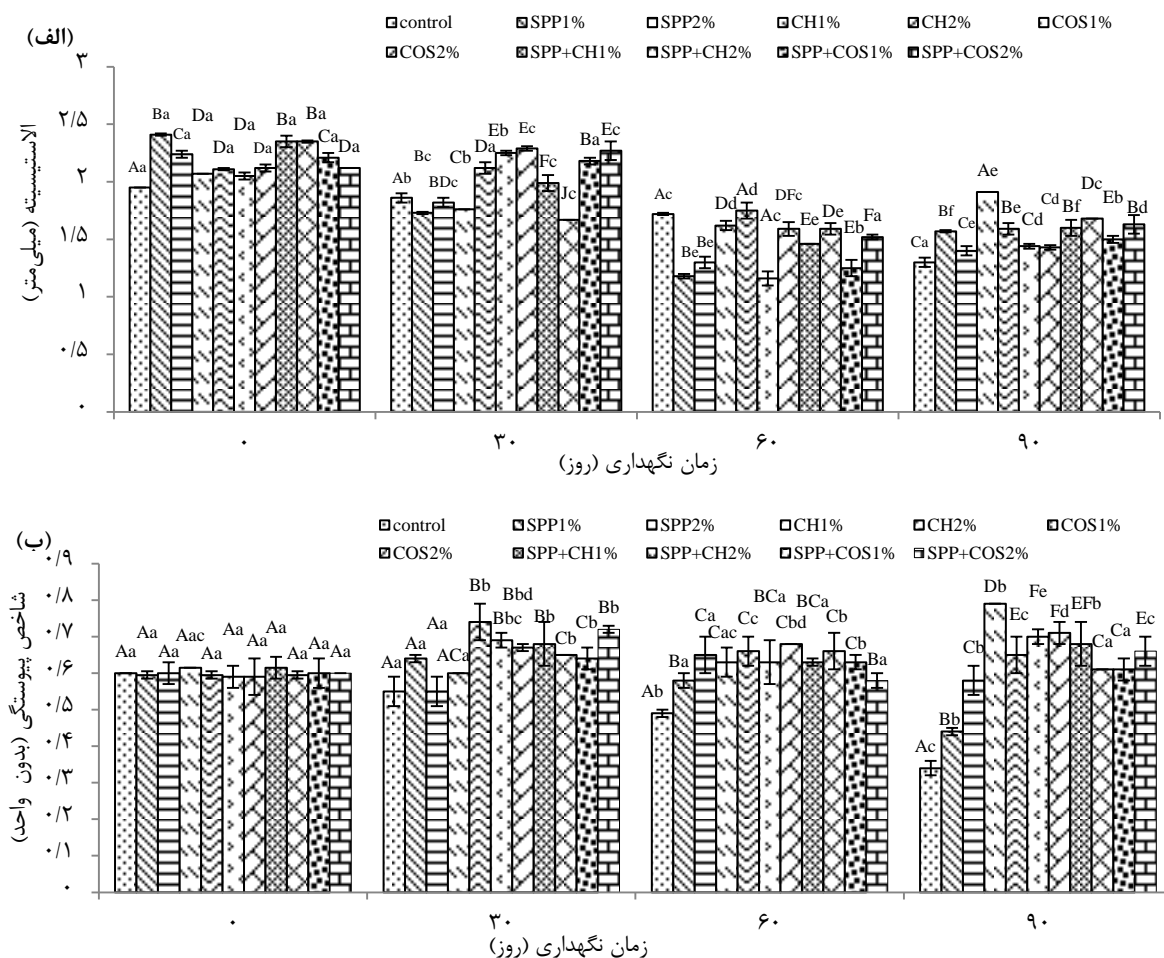


شکل ۲- تغییرات تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به صورت منجمد (الف) مقادیر سختی، (ب) شاخص چسبندگی و (ج) مقادیر قابلیت چوبیدن

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار طی زمان و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهاست ($P < 0.05$).

خارج سلولی و تثبیت بافت باشد (Ma et al., 2015). قابلیت ارتجاعی یک نوع ویژگی ویسکوالاستیک (دارای رفتاری میان دو خاصیت کلی ویسکوز و کشسان بودن) مواد است (Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2004). نتایج این تحقیق نشان داد که پس از ۹۰ روز نگهداری میزان الاستیسیته در تمام تیمارها کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری در تمامی تیمارها و زمان‌های نگهداری مشاهده شد ($P < 0.05$) (شکل ۳-الف). Ma و همکاران (۲۰۱۵) علت کاهش مقدار الاستیسیته را تشکیل کریستال‌های یخ بزرگ طی فرایند انجماد و ایجاد تغییراتی در ساختار شبکه پروتئینی و اختلال در عملکرد آنها بیان کردند. در بین تیمارهای مورد مطالعه در طی نگهداری تیمار کیتوزان ۱ درصد بیشترین و در انتهای نگهداری کمترین میزان در نمونه شاهد مشاهده شد. پیوستگی، فاکتور مهم در حفظ شکل و ساختار بافت فرآورده بشمار می‌آید و نشان‌دهنده چگونگی تخریب بافت مواد غذایی است.

در بین تیمارهای مختلف در کل دوره نگهداری تفاوت معنی‌داری از نظر خاصیت چسبندگی مشاهده شد ($P < 0.05$). تیمار کیتوزان ۱ درصد بیشترین میزان خاصیت چسبندگی و پیروفسفات سدیم ۱ درصد کمترین میزان را در انتهای دوره نگهداری نشان دادند ($P < 0.05$) (شکل ۲-ب). نتایج مقادیر قابلیت جویدن تیمارهای مختلف در طی ۳ ماه نگهداری منجمد، نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) این شاخص در تمام تیمارهای مورد مطالعه طی زمان نگهداری است (شکل ۲-ج) و در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار کیتوزان ۲ درصد بیشترین و نمونه شاهد کمترین میزان قابلیت جویدن را داشتند. تشکیل کریستال‌های یخ بزرگ طی فرایند انجماد یا طی نگهداری و تخریب ساختار بافت عضله علت این کاهش است. احتمال دارد کیتوزان و الیگوساکارید آن تا حدودی سبب کمتر شدن شدت این روند شوند. این امر از طریق محدود کردن تعامل‌های مولکولی و مقاومت در برابر جداسدن آب غیرمنجمد و تشکیل کریستال‌های



شکل ۳- تغییرات شاخص الاستیسیته و پیوستگی تیمارهای مختلف میگوی وانامی طی نگهداری به صورت منجمد حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار طی زمان و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهاست ($P < 0.05$).

ارتجاعیت و الاستیسیته بالایی بودند (Okpala, 2017).

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج مطالعه حاضر غوطه‌وری میگوهای پوست‌کنی شده در محلول کیتوزان ۱ درصد برای نگهداری به صورت منجمد می‌تواند راه مناسبی برای حفظ خواص کیفی محصول باشد. شاخص‌های بافتی تیمار کیتوزان ۱ درصد دارای بالاترین میزان سختی، خاصیت چسبندگی، قابلیت ارتجاعی و پیوستگی بود و این تیمار به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب گردید. به‌طور کلی نگهداری میگوی وانامی منجمد پوشش داده شده با کیتوزان و الیگوساکارید آن، به دلیل حفظ رطوبت، تثبیت رنگ و حفظ بهتر بافت می‌تواند روش نگهداری مناسبی باشد و تقاضای مصرف‌کنندگان مواد غذایی ایمن، سالم و با کیفیت با مدت ماندگاری بالا را تأمین کند. طبق نتایج به دست آمده استفاده از کیتوزان و الیگوساکاریدهای کیتوزان نسبت به پیروفسفات سدیم به شکل معنی‌داری موجب حفظ کیفیت میگو طی نگهداری به شکل منجمد می‌گردد.

در این تحقیق در دوره نگهداری میزان پیوستگی در تیمارهای شاهد و پیروفسفات (۱ و ۲ درصد) کاهش یافت و در تیمارهای کیتوزان و الیگوساکارید میزان آن حفظ و یا اندکی افزایش داشت ($P < 0.05$) و در انتهای دوره نگهداری تیمار کیتوزان ۱ درصد بیشترین میزان و کمترین میزان در نمونه شاهد مشاهده شد (شکل ۳-ب). به‌طور کلی کاهش معنی‌داری مقادیر سختی، خاصیت چسبندگی، قابلیت جویدن، الاستیسیته و پیوستگی در تیمارهای مختلف با گذشت زمان در پایان دوره نگهداری در نمونه شاهد و پیروفسفات سدیم بیشترین شدت را داشت و در تیمار کیتوزان و الیگوساکاریدهای آن کمترین روند تغییرات مشاهده شد ($P < 0.05$). احتمالاً این کاهش به دلیل ضعیف شدن بافت پیوندی و فروپاشی آن، تشکیل کریستال‌های یخ بزرگ طی فرایند انجماد یا طی نگهداری و تخریب ساختار بافت عضله است که اثرات این قندها موجب کمتر شدن شدت این روند است. مطالعه میگوهای وانامی نگهداری شده در یخ نشان داد که طی زمان میگوها کیفیت بافت را از دست می‌دهند و درحالی‌که اکثر نمونه‌های تیمار شده با ازن، دارای مقادیر سختی،

منابع

- احمدی، ع.، عالی‌شاهی، ع.، اجاق، س.، و میرصادقی، ح. (۱۳۹۶). بررسی جایگزینی سدیم استات به وسیله کیتوزان های مختلف در فیله‌ی فیل‌ماهی (Huso huso) طی نگهداری در یخچال (4 ± 1 C°). *مجله بهره برداری و پرورش آبزیان*، ۶(۴)، ۱۱-۱. doi:<https://doi.org/10.22069/japu.2018.13433.1383>
- تویسرکانی، ح.، و صداقت، ف. (۱۳۹۱). کیتین و کیتوسان: ساختار، خصوصیات و کاربردها. *بوم‌شناسی آبزیان*، ۲(۳)، ۲۶-۴۰.
- حسینی، ح.، قربانی، م.، ماهونک، ع. ص.، و مقصدلو، ی. (۱۳۹۱). کاربرد شاخص دیان مزدوج به عنوان معیاری از پیشرفت اکسایش گردو. *نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۴(۱)، ۱-۱۳.
- غیاث‌الدین، ع.، شجاع‌الساداتی، س.، و واشقانی‌فراهانی، ا. (۱۳۹۰). اصلاح و بهینه سازی فرآیند استخراج کیتین از پوست میگو. *شیمی و مهندسی شیمی ایران (فارسی)*، ۳۰(۱)، ۶۰-۹۱.
- محبی، ع.، مهربان، ص.، نصیری، ش.، و غریب‌زاده، ص. (۱۳۸۹). بررسی اثرات ضد میکروبی کیتوزان و الیگوساکارید کیتوزان حاصل از آنزیم سلولاز بر روی رشد میکروارگانیسم های عامل فساد در صنعت تولید شیر خرد در سیستم HACCP. *فیزیولوژی و تکوین جانوری (علوم زیستی)*، ۳(۳) (پیاپی ۱۰)، ۴۱-۵۰.
- موسوی‌نسب، س. ا.، موسوی‌نسب، م.، مصباحی، غ.، جمالیان، ج.، و مقصدلو، ی. (۱۳۹۲). یخ پوشانی میگوی منجمد با استفاده از هیدروکلونید کیتوزان به منظور بهبود ویژگی های کیفی آن. *نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۵(۲)، ۱-۱۷.
- موسوی‌نسب، م.، مصباحی، غ.، و مقصدلو، ل. (۱۳۸۷). بررسی نقش محافظ سرمایی پکتین در سوریمی منجمد. *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۱۲(۴۶)، ۲۲۱-۲۲۹.
- نقیبی، س. س.، احسانی، ع.، تاجیک، ح.، طالبی، ع.، و دلیرز، ن. (۱۳۹۵). تأثیر پوشش کیتوزان غنی شده با لیکوپن بر پروفایل اسیدهای چرب و پارامترهای اکسیداسیون چربی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در یخچال (مقاله کامل تحقیقاتی). *بهداشت مواد غذایی*، ۶(۱)، ۲۹-۴۴.

- Ahmadi, A., Alishahi, A., Ojagh, S. M., & Mirsadeghi, H. (2018). Investigating the substitution of sodium acetate with different chitosans in (*Huso huso*) fillet during storage in refrigerator (4±1 0C). *Scientific Journal Management System*, 6(4), 1-11. doi:<https://doi.org/10.22069/japu.2018.13433.1383> (in Persian)
- AOAC, W. H. (2005). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. *Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA* .
- Buege, J. A., & Aust, S. D. (1978). [30] Microsomal lipid peroxidation *Methods in enzymology* (Vol. 52, pp. 302-310): Elsevier.
- Cadun, A., Cakli, S., & Kislak, D. (2005). A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. *Food Chemistry*, 90(1), 53-59. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.024>
- Chantararataporn, P., Yoksan, R., Visessanguan, W., & Chirachanchai, S. (2013). Water-based nano-sized chitin and chitosan as seafood additive through a case study of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Hydrocolloids*, 32(2), 341-348. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.011>
- Chao, X., Bin, Z., Lu-Kai, M., & Ji-Peng, S. (2017). Cryoprotective Effects of Trehalose, Alginate, and its Oligosaccharide on Quality of Cooked-Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During Frozen Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12825. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.12825>
- Chung, Y.-C., Su, Y.-P., Chen, C.-C., Jia, G., Wang, H.-I., Wu, J. G., & Lin, J.-G. (2004). Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta pharmacologica sinica*, 25(7), 932-936 .
- Giasodin, A., Shojaosadati, S. A., & Vasheghani Farahani, Ebrahim. (2011). Modification and Optimization of Chitin Extraction from Shrimp Shell. *Nashrieh Shimi va Mohandesi Shimi Iran*, 30(1), 1-9 . (in Persian)
- Gray, J. I. (1978). Measurement of lipid oxidation: A review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(6), 539-546. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02668066>
- Hosseini, H., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A. R., & Maghsoudlou, Y. (2012). Application of conjugated diene value as a measure of walnut oxidation progress. *Journal of Food Processing and Preservation*, 4(1), 1-13 .
- Hyldig, G., & Nielsen, D. (2001). A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 32(3), 219-242. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2001.tb01045.x>
- Jia, S., Liu, X., Huang, Z., Li, Y., Zhang, L., & Luo, Y. (2018). Effects of chitosan oligosaccharides on microbiota composition of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) determined by culture-dependent and independent methods during chilled storage. *International Journal of Food Microbiology*, 268, 81-91. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.01.011>
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S., & Bauer, F. (2006). The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Science*, 72(3), 446-456. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.08.009>
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N., & Kontominas, M. G. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, 26(5), 475-482. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.02.008>
- Lodhi, G., Kim, Y.-S., Hwang, J.-W., Kim, S.-K., Jeon, Y.-J., Je, J.-Y., . . . Park, P.-J. (2014). Chitooligosaccharide and its derivatives: preparation and biological applications. *BioMed research international*, 2014, 12 -12 .
- Lopkulkiaert, W., Prapatsornwattana, K., & Rungsardthong, V. (2009). Effects of sodium bicarbonate containing traces of citric acid in combination with sodium chloride on yield and some properties of white shrimp (*Penaeus vannamei*) frozen by shelf freezing, air-blast and cryogenic freezing. *LWT - Food Science and Technology*, 42(3), 768-776. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.019>
- Ma, L.-k., Zhang, B., Deng, S.-g., & Xie, C. (2015). Comparison of the Cryoprotective Effects of Trehalose, Alginate, and Its Oligosaccharides on Peeled Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) During Frozen Storage. *Journal of Food Science*, 80(3), C540-C546. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12793>
- Masniyom, P., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2005). Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. *LWT-Food Science and Technology*, 38(7), 745-756 .
- Mohan, C., Ravishankar, C., Lalitha, K., & Gopal, T. S. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 167-174 .

- Mohebi, A., Mehrabian, S., Nasiri, S., & Gharibzadeh, S. (2010). Study antimicrobial effects of polyelectrolyte cationic chitosan and cellulase enzyme on microorganisms' agent spoilage of date syrup in medium culture and product presses in haccp system. *Journal of Animal Physiology and Development (Quarterly Journal of Biological Sciences)*, 3(3(10)), 41-50 (in Persian)
- Mosavi-Nasab, S. M., Mousavinasab, M., Mesbahi, G., Jamalian, J., & Maghsoudlou, Y. (2013). Ice-glazing of frozen shrimp using chitosan hydrocolloid for improving its qualitative properties. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation*, 5(2), 1-17. (in Persian)
- Mousavi Nasab, M., Mesbahi, G., & Maghsodi, L. (2009). Investigation of the cryoprotective effect of pectin on frozen surimi. *Journal of Crop Production and Processing*, 12(46), 221-229. (in Persian)
- Naghbi, S. S., Ehsani, A., Tajik, H., Talebi, A., & Delirez, N. (2016). Effect of chitosan enriched with lycopene coating on fatty acid profile and fat oxidation parameters of rainbow trout fillet during refrigerated storage (original reserch article). *Food Hygiene*, 6(1 (21)), 29-44. (in Persian)
- Ngo, D.-H. & Kim, S.-K. (2014). Antioxidant effects of chitin, chitosan, and their derivatives *Advances in food and nutrition research* (Vol. 73, pp. 15-31): Elsevier.
- Niamnuay, C., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2007). Quality Changes of Shrimp during Boiling in Salt Solution. *Journal of Food Science*, 72(5), S289-S297. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00349.x>
- Niamnuay, C., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2008). Changes in protein compositions and their effects on physical changes of shrimp during boiling in salt solution. *Food Chemistry*, 108(1), 165-175. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.058>
- Ogawa, K., Yui, T., & Okuyama, K. (2004). Three D structures of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 34(1), 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2003.11.002>
- Oh, K. S., Kim, R. S., Lee, J., Kim, D., Cho, S. H., & Yuk, S. H. (2008). Gold/chitosan/pluronic composite nanoparticles for drug delivery. *Journal of Applied Polymer Science*, 108(5), 3239-3244. doi:<https://doi.org/10.1002/app.27767>
- Okpala, C. (2017). Changes in some proximate, colour and textural characteristics of ozone-processed shrimp: Combined effects of increasing ozone discharge and iced storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2), 625-638 .
- Ross, S., Dalton, D., Kramer, S., & Christensen, B. (2001). Physiological (antioxidant) responses of estuarine fishes to variability in dissolved oxygen. *Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & pharmacology : CBP*, 130, 289-303. doi:[https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00243-5](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00243-5)
- Shahidi, F., Arachchi, J. K. V., & Jeon, Y.-J. (1999). Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2), 37-51. doi:[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00017-5)
- Tabilo-Munizaga, G. & Barbosa-Cánovas, G. V. (2004). Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white. *Food Research International*, 37(8), 767-775. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.04.001>
- Toiserkani, H., & Sadaghat, F. (2013). Chitin and chitosan: Structure, properties and applications. *Journal of Aquatic Ecology*, 2(3), 26-40. (in Persian)
- Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., . . . Sporns, P. (2005). *Handbook of food analytical chemistry, volume 1: Water, proteins, enzymes, lipids, and carbohydrates*: John Wiley & Sons.
- Zhang, B., Fang, C.-d., Hao, G.-j., & Zhang, Y.-y. (2018). Effect of kappa-carrageenan oligosaccharides on myofibrillar protein oxidation in peeled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during long-term frozen storage. *Food Chemistry*, 245, 254-261. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.112>
- Zhang, B., Hao, G.-j., Cao, H.-j., Tang, H., Zhang, Y.-y., & Deng, S.-g. (2018). The cryoprotectant effect of xylooligosaccharides on denaturation of peeled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) protein during frozen storage. *Food Hydrocolloids*, 77, 228-237. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.038>
- Zuber, M., Zia, K. M., & Barikani, M. (2013). Chitin and Chitosan Based Blends, Composites and Nanocomposites. In S. Thomas, P. M. Visakh, & A. P. Mathew (Eds.), *Advances in Natural Polymers: Composites and Nanocomposites* (pp. 55-119). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

The Effects of Chitosan Hydrocolloid and Its Oligosaccharides in Comparison with Sodium Pyrophosphate on Some Quality Properties of Vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During Frozen Storage

Tahereh Taghani¹, Bahareh Shabanpour^{2*}, Parastoo Pourashouri³, Alireza Alishahi³

- 1- MSc. Graduated, Department of, Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- 2- Professor, Department of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- * Corresponding author (shabanpour@gau.ac.ir)
- 3- Associate Professor, Department of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

In this study, the effects of the coating by chitosan (Cs) and its oligosaccharides (CsO) on some quality properties of peeled vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during 3 months of frozen storage were compared with sodium pyrophosphate (SPP) (1 and 2%), Cs-SPP (1 and 2%) and CsO-SPP (1 and 2%). The moisture content, conjugated dienes (CD), thiobarbituric acid (TBA), color and texture properties of the samples were analyzed. The results showed that coating of shrimp by chitosan and its oligosaccharides, alone or in combination with SPP showed significant effects on the texture characteristics (springiness and chewiness) compared with the control and SPP-treated batches ($P < 0.05$). The CD and TBA indices showed an increasing trend during storage ($P < 0.05$). In the immersed treatments at CS 1% and in combination treatment with SPP, the TBA value was increased of 0.28 to 0.58 and 0.82 mg malondialdehyde/kg. This index was increased in the control and SPP (1 and 2%) to the 0.92 to 0.97 mg malondialdehyde/kg. According to the results, the treatments coated by chitosan and its oligosaccharide alone or in combination with sodium pyrophosphate had an effective role in inhibiting lipid oxidation and preventing its undesirable effects on frozen shrimp. In addition, color parameters (L^* , a^* , b^*) in the treated samples by chitosan showed positive effects on stabilizing and improving the color of frozen shrimp during storage. Overall, the coating by chitosan and its oligosaccharides could maintain the quality of peeled frozen shrimp.

Keywords: Chitooligosaccharide, Chitosan, Oxidation, Shrimp, Texture