

**تأثیر پوشش کیتوزان و اسانس بنه (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) بر روند****اکسیداسیون چربی ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)****طی دوره نگهداری**مونا محمدی<sup>۱</sup>، سمیرا بهرامیان<sup>۱\*</sup>، اسعد رخزادی<sup>۲</sup>

\* s.bah@iausdj.ac.ir

۱- گروه صنایع غذایی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران ۷۹۱۵۹  
 ۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵

**لغات کلیدی:** قزل آلائی رنگین کمان، فساد اکسایشی، کیتوزان، اسانس، بنه

*kurdica*) متعلق به خانواده Anacardiaceae بوده که رویشگاه آن در بعضی مناطق ایران با *Pistacia vera* (پسته معمولی) همپوشانی دارد. گونه آتلانتیکا در ایران دارای سه زیرگونه کوردیکا، موتیکا و کابولیکا است. بیش از ۱۲۰۰۰۰۰ هکتار به ویژه در بخش های غربی کشور (کوه های زاگرس) و به میزان کمتر مناطق مرکزی و شرقی ایران پوشیده از زیرگونه های کوردیکا و موتیکا می باشد (Hatamnia et al., 2014). صمغ حاصل از درخت بنه که تحت عنوان "سقز" نامیده می شود، به طور سنتی یا صنعتی برای موارد دارویی و خوراکی مورد استفاده قرار می گیرد (Saber-Tehrani et al., 2013). گزارش شده است که اسانس حاصل از این صمغ دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی است (استوار و همکاران، ۱۳۹۳؛ Sharifi & Hazell, 2011؛ Bartosz, 2014؛ Hesami et al., 2014). آلفا پائین ترکیب اصلی این اسانس می باشد (Bartosz, 2014؛ Sharifi & Hazell, 2011).

ماهیان و فرآورده های آن ها، با وجود ارزش غذایی بالا، در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس هستند و ویژگی های کیفی آن ها طی نگهداری در اثر فساد باکتریایی و اکسیداتیو کاهش پیدا می کند (Rezaei et al., 2008؛ Mexis et al., 2009). برای به تعویق انداختن یا جلوگیری از فساد اکسیداتیو گوشت ماهی راهکارهای متعددی ارائه شده است که از جمله آن می توان به کاهش درجه حرارت، بسته بندی مناسب و همچنین افزودن آنتی اکسیدان ها اشاره کرد (Lin & Lin, 2005). تأثیرات نامطلوب آنتی اکسیدان های مصنوعی از جمله جهش زایی، ایجاد مسمومیت و سرطان زایی موجب شده است که امروزه کاربرد آنتی اکسیدان های طبیعی بیشتر مورد توجه قرار گیرد (محمد زاده و رضایی، ۱۳۹۱).

از ترکیبات موثر در نگهداری مواد غذایی و جلوگیری از فساد میکروبی و اکسیداتیو، اسانس گیاهان می باشد که از آن جمله می توان به اسانس حاصل از صمغ درخت بنه اشاره کرد. درخت بنه (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*)

کیتوزان و اسانس بنه بر پایداری اکسایشی آن طی دوره نگهداری پرداخته شده است.

محلول کیتوزان (کیتوزان با وزن مولکولی بالا و درجه داستیلاسیون ۷۵٪  $\geq$ ، شرکت سیگما) با درصدهای مختلف (۱ و ۲ درصد وزنی/حجمی) با انحلال کیتوزان در اسیداستیک ۱ درصد حجمی/حجمی تهیه گردید. گلیسرول نیز به میزان ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر گرم کیتوزان به عنوان منعطف کننده به محلول کیتوزان اضافه شد (Chamanara et al., 2012).

اسانس بنه از شرکت ون، کردستان، ایران تهیه شد و غلظت های ۱٪ و ۲٪ وزنی/حجمی آن همراه با توپین ۸۰ (مرک آلمان) به عنوان امولسیفایر تهیه گردید.

به منظور بررسی اثر ترکیبی کیتوزان و اسانس بنه، محلولی که حاوی اسانس بنه و کیتوزان هر یک به میزان ۱ درصد وزنی/حجمی بود، تهیه شد.

بلافاصله پس از صید و انتقال ماهی قزل‌آلا (با وزن ۷۰۰-۶۵۰ گرم) به آزمایشگاه در حضور یخ، عملیات سرزنی، زدودن دم، باله‌ها، تخلیه شکمی، فیله کردن ماهی ها و شست‌وشو با آب انجام شد. ماهی‌ها به مدت یک دقیقه در محلول پوشش دهنده غوطه ور شدند. نمونه‌ها در دمای  $4 \pm 1$  درجه سلسیوس نگهداری شدند و در فواصل یک هفته از هفته اول تا چهارم مورد آزمایش قرار گرفتند (Chamanara et al., 2012).

رطوبت نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۷۴۵، با تعیین وزن نمونه‌ها قبل و بعد از خشک شدن تا حصول وزن ثابت در  $2 \pm 0.3$  °C اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۷۸ انجام شد و نتایج بر حسب درصد اولئیک اسید در چربی کل بیان گردید.

به منظور اندازه‌گیری مقدار پراکسید ابتدا نمونه روغن در اسید استیک گلاسیال-ایزواکتان (۳:۲) حل شد. سپس با افزودن دیدیپتاسیم، با تیوسولفات سدیم استاندارد در حضور شناساگر نشاسته تیترا گردید. مقدار پراکسید با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد (Nielsen, 2010).

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{(S - B) \times N}{W} \times 1000$$

کیتوزان پلیمری کربوهیدراتی است که در نتیجه حذف گروه استیل از کیتین (ترکیب عمده پوست سخت پوستانی مانند خرچنگ و میگو که پس از سلولز دومین بیوپلیمر فراوان در طبیعت می باشد)، به دست می‌آید (No & Meyers, 1995). امروزه کیتوزان به دلیل فعالیت های بیولوژیکی مانند اثرات ضد میکروبی، آنتی تومور و عملکرد hypocholesterolemic مورد توجه می باشد (No et al., 2007). کیتوزان دارای خاصیت تشکیل فیلم می باشد و می توان از آن در تولید فیلم ها و پوشش های خوراکی استفاده نمود (Jeon et al., 2002). خواص کاربردی مانند خاصیت آنتی اکسیدانی و ممانعت از نفوذ اکسیژن برای فیلم های کیتوزان ذکر شده (Sathivel et al., 2007) و ویژگی های آنتی اکسیدانی کیتوزان و مشتقات آن در مواد غذایی گوشتی توسط محققان بسیاری تایید شده است (Shahidi et al., 1999). Jeon و همکاران (2002) دریافتند که پوشش کیتوزان می تواند به شکل قابل توجهی اکسیداسیون لیپید را در ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) و کاد (*Gadus morhua*) کاهش دهد. طلوعی و همکاران (۱۳۹۱) نیز مشاهده کردند که با به کارگیری پوشش کیتوزان غنی شده با آلفاتوکوفرول شدت فساد اکسایشی در ماهی قزل‌آلا کاهش می یابد.

از اسانس های گیاهی در فیلم های زیست تخریب پذیر با اهداف بهبود اثرات ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و نفوذپذیری فیلم های آب دوست استفاده می شود (قادرمرزی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر پوشش کیتوزان غنی شده با اسانس دارچین بر شاخص های میکروبی، شیمیایی و حسی ماهی قزل‌آلا طی نگهداری در سردخانه بالای صفر بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی آن ها نشان داد که پوشش کیتوزان و اسانس خواص کیفی مطلوبی را همراه با افزایش زمان ماندگاری ماهی در یخچال نشان می دهد. با توجه به اینکه ماهی قزل‌آلا رنگین کمان یکی از مهم ترین گونه های پرورشی با تولید سالانه بالا در ایران و جهان بوده (محمد زاده و رضایی، ۱۳۹۱) و از جمله ماهی های روغنی و حساس به اکسیداسیون می باشد (طلوعی و همکاران، ۱۳۹۱)، در این مطالعه به بررسی تاثیر پوشش

نگهداری، رطوبت تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها کاهش بیشتری یافت.

جدول ۱: تغییرات درصد رطوبت نمونه‌های ماهی طی دوره نگهداری.

تیمار	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
شاهد	۶۳/۳۹±۰/۷۱ <sup>a</sup>	۵۴/۷۰±۱/۲۶ <sup>b</sup>	۵۰/۲۸±۱/۱۴ <sup>c</sup>	۴۷/۰۸±۱/۲۰ <sup>d</sup>
کیتوزان ٪۱	۶۳/۳۱±۰/۴۴ <sup>a</sup>	۵۷/۶۲±۰/۲۷ <sup>b</sup>	۵۲/۶۶±۰/۲۰ <sup>c</sup>	۴۹/۷۶±۰/۱۵ <sup>d</sup>
کیتوزان ٪۲	۶۵/۸۳±۲/۹۷ <sup>a</sup>	۵۹/۶۶±۱/۷۶ <sup>b</sup>	۵۴/۷۶±۱/۸۳ <sup>c</sup>	۵۱/۶۸±۱/۱۰ <sup>c</sup>
اسانس ٪۱	۶۶/۵۵±۴/۱۱ <sup>a</sup>	۶۰/۶۱±۲/۷۴ <sup>b</sup>	۵۴/۹۹±۴/۲۰ <sup>bc</sup>	۵۲/۴۱±۲/۴۶ <sup>c</sup>
اسانس ٪۲	۶۵/۲۱±۲/۶۸ <sup>a</sup>	۵۹/۲۹±۲/۴۶ <sup>b</sup>	۵۴/۵۰±۲/۴۰ <sup>c</sup>	۵۱/۴۷±۲/۵۸ <sup>c</sup>
کیتوزان ٪۱+اسانس ٪۱	۶۷/۲۰±۵/۲۴ <sup>a</sup>	۶۱/۷۸±۴/۱۰ <sup>b</sup>	۵۶/۶۴±۲/۴۱ <sup>bc</sup>	۵۲/۵۹±۲/۵۰ <sup>c</sup>

\* تفاوت حروف در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

میزان تغییرات اسیدهای چرب آزاد (درصد اسید اولئیک در چربی) تیمارهای مختلف طی نگهداری در جدول ۲ ارائه شده است. در تمامی تیمارها مقدار اسیدهای چرب آزاد تا هفته سوم افزایش و سپس کاهش یافت. تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها مقادیر اسیدهای چرب آزاد بیشتری داشت و کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد، در تیمار ٪۱ کیتوزان و ٪۱ اسانس به دست آمد.

جدول ۲: تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد (٪) در روغن نمونه‌های ماهی طی دوره نگهداری.

نماری	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
شاهد	۳/۱۸۷±۰/۰۸ <sup>b</sup>	۳/۰۳۳±۰/۱۹ <sup>b</sup>	۴/۸۲±۰/۵۳ <sup>a</sup>	۳/۷۱۳±۰/۹۸ <sup>b</sup>
کیتوزان ٪۱	۱/۱۰۷±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۱/۷۶۷±۰/۱۰ <sup>b</sup>	۳/۱۶۳±۰/۳۶ <sup>a</sup>	۰/۹۳۳±۰/۱۰ <sup>c</sup>
کیتوزان ٪۲	۰/۹۳۰±۰/۰۶ <sup>bc</sup>	۱/۴۳۳±۰/۰۸ <sup>b</sup>	۲/۱۹۰±۰/۲۶ <sup>a</sup>	۰/۸۲۳±۰/۰۳ <sup>c</sup>
اسانس ٪۱	۲/۲۴۷±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۴۱۷±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳/۲۹۰±۰/۳۴ <sup>a</sup>	۱/۷۹۰±۰/۱۸ <sup>c</sup>
اسانس ٪۲	۱/۱۹۰±۰/۰۵ <sup>c</sup>	۱/۳۲۷±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳/۳۱۰±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱/۱۵۷±۰/۰۸ <sup>c</sup>
کیتوزان ٪۱+اسانس ٪۱	۰/۷۳۷±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۱/۱۳۳±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۹۵۷±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۰/۶۰۷±۰/۰۵ <sup>c</sup>

\* تفاوت حروف در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می شود، زمان نگهداری تاثیر معنی داری بر روی عدد پراکسید در گروه‌های مورد مطالعه داشته است ( $p < 0.05$ ).

عدد پراکسید: میلی اکی والان (mEq) پراکسید در هر کیلوگرم نمونه

S: حجم تیترانت برای نمونه بر حسب میلی لیتر

B: حجم تیترانت برای بلانک بر حسب میلی لیتر

N: نرمالیت محلول  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  بر حسب mEq/ml

W: وزن نمونه (گرم)

برای اندازه گیری تیوباربیتوریک اسید (TBA) Thiobarbituric acid (۲۰۰ میلی گرم از نمونه وزن گردید و در مقدار کمی از ۱-بوتانول حل شد و با همین حلال در یک بالن حجمی ۲۵ میلی لیتری به حجم رسانده شد. ۵ میلی لیتر محلول نمونه به یک لوله آزمایش خشک انتقال داده شد و به آن ۵ میلی لیتر محلول واکنشگر TBA اضافه گردید. درب لوله آزمایش بسته و محتویات آن کاملاً مخلوط شد. لوله آزمایش در حمام آب ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲۰ دقیقه قرار داده شد و سپس تا دمای محیط خنک شد. میزان جذب محلول واکنش در طول موج ۵۳۰ نانومتر با استفاده از آب مقطر به عنوان شاهد اندازه گیری شد و عدد TBA با استفاده از رابطه ذیل گزارش گردید (استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۴۹۴).

$$TBA = \frac{50 \times (A - B)}{m}$$

A = میزان جذب محلول آزمایش

B = میزان جذب شاهد واکنشگر

M = جرم نمونه مورد آزمایش بر حسب گرم

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار Minitab ۱۶، انجام شد و عملیات مقایسه میانگین های اثرات تیمارها با آزمون کمترین اختلاف معنی دار<sup>۱</sup> در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

در جدول ۱ تغییرات رطوبت نمونه ها در هفته های اول تا چهارم ارائه شده است. میزان رطوبت نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری برای همه تیمارهای مورد آزمایش، به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) روند کاهشی داشت. در پایان دوره

<sup>1</sup> Least Significant Difference (LSD)

جدول ۳: تغییرات عدد پراکسید (mEq/kg) در روغن نمونه‌های ماهی طی دوره نگهداری.

تیما	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
شاهد	۰/۸۴۰±۰/۰۸ <sup>d</sup>	۱/۷۷۷±۰/۲۸ <sup>c</sup>	۲/۷۶۳±۰/۳۴ <sup>b</sup>	۴/۵۷۳±۰/۰۹ <sup>a</sup>
کیتوزان ۱٪	۰/۵۳۰±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۰/۸۶۳±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۱/۸۷۳±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳/۳۷۷±۰/۳۴ <sup>a</sup>
کیتوزان ۲٪	۰/۴۹۰±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۰/۶۸۳±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۱/۵۷۰±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳/۰۹۳±۰/۳۵ <sup>a</sup>
اسانس ۱٪	۰/۴۹۷±۰/۱۲ <sup>c</sup>	۰/۷۲۷±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۱/۴۴۷±۰/۱۴ <sup>b</sup>	۲/۴۷۷±۰/۳۵ <sup>a</sup>
اسانس ۲٪	۰/۴۴۷±۰/۱۳ <sup>c</sup>	۰/۶۸۰±۰/۰۴ <sup>bc</sup>	۰/۹۹۷±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۱/۵۶۷±۱/۳۶ <sup>a</sup>
کیتوزان ۱٪+اسانس ۱٪	۰/۴۰۰±۰/۱۲ <sup>b</sup>	۰/۵۳۷±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۷۸۷±۰/۲۰ <sup>b</sup>	۱/۵۹۰±۰/۵۰ <sup>a</sup>

\* تفاوت حروف در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

میزان تغییرات شاخص تیوباربتوریک اسید در نمونه‌های ماهی طی دوره نگهداری در جدول ۴ ارائه شده است. مقادیر TBA در تمام نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری به طور معنی داری ( $p < 0.05$ )، افزایش یافت و کمترین مقدار در تیمار ۱٪ کیتوزان و ۱٪ اسانس به دست آمد.

عدد پراکسید نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری برای همه تیمارها، روند افزایشی داشت. در پایان دوره نگهداری، تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها، عدد پراکسید بیشتری داشت.

جدول ۴: تغییرات شاخص تیوباربتوریک اسید (میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم فیله ماهی) در نمونه‌های ماهی طی دوره نگهداری.

تیما	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
شاهد	۰/۰۴۴±۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۲۸۰±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۰/۳۲۳±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۴۹۱±۰/۰۱ <sup>a</sup>
کیتوزان ۱٪	۰/۰۴۴±۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۲۴۵±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۱۳۷±۰/۰۰۱ <sup>c</sup>	۰/۴۳۲±۰/۰۵ <sup>a</sup>
کیتوزان ۲٪	۰/۰۳۷±۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۲۵۰±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۱۳۲±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۴۰۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>
اسانس ۱٪	۰/۰۶۶±۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۲۶۷±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۱۹۰±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۰/۴۰۱±۰/۰۱ <sup>a</sup>
اسانس ۲٪	۰/۰۵۹±۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۲۶۴±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۱۷۸±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۳۸۶±۰/۰۵ <sup>a</sup>
کیتوزان ۱٪+اسانس ۱٪	۰/۰۵۰±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۰/۲۱۵±۰/۰۱ <sup>ab</sup>	۰/۱۱۷±۰/۰۱ <sup>bc</sup>	۰/۳۰۲±۰/۱۳ <sup>a</sup>

\* تفاوت حروف در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

در این پژوهش تأثیر کیتوزان و اسانس بنه بر روند اکسیداسیون چربی ماهی قزل آلا رنگین کمان بررسی شد. با گذشت زمان نمونه‌ها بخشی از رطوبت خود را در اثر تبخیر سطحی از دست دادند، در نتیجه میزان رطوبت نسبت به روزهای اول نگهداری کاهش پیدا کرد. در نمونه‌های حاوی پوشش کیتوزان، کیتوزان به عنوان حایل در مقابل خروج رطوبت از نمونه عمل می‌کند. خاصیت ممانعت از نفوذ بخار آب توسط پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی فاکتور مهمی برای انتخاب آن‌ها در بسیاری از سیستم‌های غذایی می باشد. Stuchell و Krochta (1995) مشاهده کردند که با به کارگیری پوششی متشکل از پروتئین‌های آب پنیر و مونوآسیل گلیسرول‌های استیل‌شده می توان ماهی کینگ سالمون

را در برابر از دست دادن آب محافظت نمود. Jeon و همکاران (2002) دریافتند که پوشش کیتوزان می تواند به شکل قابل توجهی میزان افت رطوبت را در ماهی کاد کاهش دهد. طبق نظر Sánchez-González و همکاران (۲۰۱۱) به دلیل خاصیت آبریزی اسانس، تلفیق آن در شبکه‌های پلیمری سبب کاهش نفوذپذیری به رطوبت و بخار آب می شود. این محققان مشاهده کردند که با افزایش غلظت اسانس‌های ترنج، لیمو و چای نفوذپذیری به بخار آب در فیلم‌های کیتوزان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز کاهش می یابد.

نتایج حاصل از اندازه گیری مقادیر اسیدهای چرب آزاد، عدد پراکسید و TBA نیز نشان داد که استفاده از

بود. کیتوزان می تواند با برقراری پیوند با یون های فروس موجود در مدل سیستم های ماهی، فعالیت پرواکسیدانی این یون ها را حذف نموده یا از تبدیل آنها به یون های فریک جلوگیری نماید و بدین ترتیب اکسیداسیون لیپدها را به تعویق اندازد. این گروه های آمینوی کیتوزان هستند که می توانند در به دام انداختن یون های آهن نقش داشته باشند (No *et al.*, 2007). پایین بودن میزان پراکسید در نمونه های حاوی کیتوزان در مقایسه با نمونه ماهی فاقد پوشش (کنترل) می تواند به این علت باشد. روند افزایشی مقدار پراکسید با گذشت زمان در مطالعات Ojagh و همکاران (2010)، Jeon و همکاران (2002) و نیز طلوعی و همکاران (۱۳۹۱) نیز ارائه شده است که این میزان افزایش در نمونه های حاوی پوشش، کمتر بوده است. به علاوه آلفا پائین، جز اصلی اسانس بنه، یک ترکیب مونوترپنی است و دارای فعالیت آنتی اکسیدانی می باشد (Bartosz, 2014) که می تواند در کاهش میزان پراکسید موثر باشد.

مقادیر TBA در تمام نمونه ها با گذشت زمان نگهداری به طور معنی داری ( $p < 0.05$ )، افزایش یافت. افزایش میزان TBA تیمارها در طول دوره را می توان به اکسیداسیون لیپدها و تبدیل پراکسیدها به موادی چون آلدئیدها نسبت داد (خضری احمدآباد و همکاران، ۱۳۹۱). مقادیر این شاخص در محدوده ۲-۱ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم فیله ماهی معمولاً محدوده ای می باشد که فراتر از آن بوی نامطلوب در ماهی گسترش می یابد (Fan *et al.*, 2009). در این خصوص نیز در تیمارهای حاوی ترکیب ۱٪ اسانس و ۱٪ کیتوزان میزان افزایش کمتر از نمونه شاهد بود که دلیل آن به خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس و کیتوزان مربوط می باشد.

بنابراین پوشش کیتوزان حاوی اسانس بنه می تواند به منظور حفظ اسیدهای چرب ارزشمند موجود در چربی ماهی و کاهش آسیب لیپیدها طی زمان توزیع و نگهداری به شکل موثری عمل نماید.

### منابع

استوار، ش.، بهرامیان، س. و صالحی، ر.، ۱۳۹۳. بررسی اثر اسانس شیره درخت بنه (*Pistacia*

پلیمرکربوهیدراتی کیتوزان و اسانس بنه می تواند شدت اکسایش چربی را کاهش دهد.

پیشرفت هیدرولیز چربی و تولید اسیدهای چرب آزاد به میزان قابل توجهی به میزان آنزیم های هیدرولیزی بستگی دارد که میزان این آنزیم ها خود متاثر از فاکتورهای داخلی و خارجی می باشد (خضری احمدآباد و همکاران، ۱۳۹۱). با گذشت زمان، به علت فعالیت ضد باکتریایی اسانس و کیتوزان و در نتیجه کاهش فعالیت میکروبی و به دنبال آن کاهش تولید آنزیم های مترشحه آنها، در تیمارهای حاوی اسانس و کیتوزان مقدار اسیدهای چرب آزاد کمتری ایجاد شده است. در تمامی تیمارها مقدار اسیدهای چرب آزاد در هفته سوم به بیشترین میزان خود رسید و سپس کاهش یافت. کاهش این شاخص در هفته چهارم می تواند ناشی از افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد باشد که در نتیجه توانسته است شاخص پراکسید را نیز تا انتهای دوره نگهداری افزایش دهد. روند افزایشی تشکیل اسیدهای چرب آزاد و سپس کاهش آن توسط طلوعی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش شده است. در حالیکه تشکیل اسیدهای چرب آزاد خود به تنهایی سبب کاهش ارزش تغذیه ای نمی شود اما تعیین مقدار آن در مواقعی که بحث تندشدن چربی مطرح است از اهمیت بسیاری برخوردار می باشد چرا که اسیدهای چرب آزاد در مقایسه با اشکال استری بیشتر مستعد اکسیداسیون هستند و این مسئله به شکل قابل توجهی بر کیفیت حسی ماهی و فرآورده های آن تاثیرگذار می باشد (Losada *et al.*, 2007; Lugasi *et al.*, 2007).

پراکسید نیز در مراحل اولیه اکسیداسیون و در نتیجه اتصال اکسیژن به باندهای دوگانه اسیدهای چرب غیر اشباع به وجود می آید. از این رو اکسیداسیون اولیه چربی را می توان به کمک اندازه گیری میزان پراکسید ارزیابی کرد (Lin & Lin, 2005). میزان پراکسید نمونه شاهد در هفته چهارم به  $4/573 \text{ mEq/kg}$  رسید. با توجه به اینکه میزان مجاز مقدار پراکسید در ماهی حداکثر  $5 \text{ mEq/kg}$  است (محمد زاده و رضایی، ۱۳۹۱) میزان این شاخص در نمونه شاهد تا حد زیادی افزایش یافت و میزان آن در نمونه های حاوی کیتوزان و اسانس کمتر

- coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, 115: 66–70.
- Hatamnia, A.A., Abbaspour, N. and Darvishzadeh, R., 2014.** Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) fruits. *Food Chemistry*, 145: 306–311.
- Hesami, G., Bahramian, S., Fatemi, A. and Hesami, S., 2014.** Effect of *Pistacia atlantica* subsp. *kurdica* essential oil and acetic acid on *Botrytis cinerea* growth in culture media and strawberry fruits. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3: 100-106.
- Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A. and Shahidi, F., 2002.** Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of Herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5167–5178.
- Lin, C.C. and Lin, C.S., 2005.** Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food Control*, 16: 169-175.
- Losada, V., Barros-Velazquez, J. and Aubourg, S.P., 2007.** Rancidity development in frozen pelagic fish: influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT Food Science and Technology*, 40: 991-999.
- Lugasi, A., Losada, V., Hovari, J., Lebovics, V., Jakoczi, I. and Aubourg, S., 2007.** Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage. *LWT Food Science and Technology*, 40: 930-936.
- atlantica* subsp. *kurdica* بر رشد پنیسلیوم سیتترینوم و خواص ارگانولپتیکی پنیر فراپالایشی. بهداشت مواد غذایی، ۴۶-۳۹: ۴.
- خضری احمدآباد، م.، رضایی، م.، اجاق، س.م. و باباخانی لشکان، آ.، ۱۳۹۱. افزایش زمان ماندگاری ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris*) منجمد با استفاده از آنتی اکسیدان های طبیعی. مجله بهره برداری و پرورش آبزیان، ۳۸-۲۷: ۱.
- طلوعی، ه.، مهتدی نیا، ج.، عارف حسینی، س.ر. و اصغری جعفرآبادی، م.، ۱۳۹۱. تاثیر پوشش کیتوزان غنی شده با آلفاتوکوفرول بر فساد اکسایشی چربی موجود در ماهی قزل آلی پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره یخچال گذاری. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۱۶۴-۱۵۳: ۳.
- قادرمرزی، ر.، کرامت، ج. و گلی، س.ا.ح.، ۱۳۹۴. تاثیر اسانس پونه کوهی بر ویژگی های فیلم خوراکی هیدروکسی پروپیل متیل سلولز. فصلنامه فناوری های نوین غذایی، ۷۴-۶۱: ۷.
- محمد زاده، ب. و رضایی، م.، ۱۳۹۱. تاثیر غوطه‌وری ماهی کامل و تخلیه شکمی شده قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در عصاره چای سبز بر کیفیت ماندگاری به هنگام نگهداری در یخ. پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۶۸-۱۵۸: ۲.
- Bartosz, G., 2014.** Food oxidants and antioxidants: chemical, biological, and functional properties. CRC Press, USA. 495p.
- Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S. and Khomeiri, M., 2012.** An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50: 540– 544.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y., 2009.** Effects of chitosan

- Mexis, S.F., Chouliara, E., Kontominas, M.G., 2009.** Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4°C. *Food Microbiology*, 26: 598-605.
- Nielsen, S.S., 2010.** Food analysis. In: O'Keefe, S.F. and Pike, O.A., (ed) *Fat characterization*, 4rd edn. Springer, West Lafayette, USA, 251 p.
- No, H.K. and Meyers, S.P., 1995.** Preparation and characterization of chitin and chitosan: a review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 4: 27-52.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. and Xu, Z., 2007.** Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A Review. *Journal of Food Science*, 72: 87-100.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H., 2010.** Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120: 193-198.
- Rezaei, M., Hosseini, S.F., Langrudi, H.E., Safari, R. and Hosseini, S.V., 2008.** Effect of delayed icing on quality changes of iced rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 106: 1161-1165.
- Saber-Tehrani, M., Givianrad, M.H., Aberoomand-Azar, P., Waqif-Husain, S. and Jafari Mohammadi, S.A., 2013.** Chemical composition of Iran's *Pistacia atlantica* cold-pressed oil. *Journal of Chemistry*, 2013: 1-6.
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A. and Cháfer, M., 2011.** Use of essential oils in bioactive edible coatings. *Food Engineering Reviews*, 3: 1-16.
- Sánchez-González, L., Chiralt, A., González-Martínez, C. and Cháfer, M., 2011.** Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethylcellulose and chitosan. *Journal of Food Engineering*, 105: 246-253.
- Sathivel, S., Liu, Q., Huang, J. and Prinyawiwatkul, W., 2007.** The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 83: 366-373.
- Shahidi, F., Arachchi, J.K.V. and Jeon, Y.J., 1999.** Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 37-51.
- Sharifi, M.S. and Hazell, S.L., 2011.** GC-MS Analysis and antimicrobial activity of the essential oil of the trunk exudates from *Pistacia atlantica* kurdica. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3: 1364-1367.
- Stuchell, Y.M. and Krochta, J.M., 1995.** Edible coatings on frozen king salmon: effect of whey protein isolate and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. *Journal of Food Science*, 60: 28-31.

**The effect of chitosan coating and essential oil of *Pistacia atlantica* subsp. *kurdica* on rainbow trout's fat oxidation process during storage**

Mohammadi M.<sup>1</sup>; Bahramian S.\*<sup>1</sup>; Rokhzadi A.<sup>2</sup>

\* s.bah@iausdj.ac.ir

1-Department of Food science and Technology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

2-Department of Agronomy, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

**Abstract**

In this work the effect of different concentrations of chitosan (1 and 2 %), essential oil (EO) of *Pistacia atlantica* subsp. *kurdica* (1 and 2 %) and chitosan –EO (1 % chitosan + 1 % EO) on the lipid oxidation indexes (peroxide and Thiobarbituric acid (TBA)) and also the percent of moisture and free fatty acids in fish were determined during storage. During the storage period the coating contains a combination of EO and chitosan (1% chitosan + 1% EO) in compared with other coatings had the highest content of moisture and the lowest amount of free fatty acids, peroxide and Thiobarbituric acid index and had the best situation in reduction oxidative rancidity.

**Keywords:** Rainbow trout, Oxidative spoilage, Chitosan, Essential oil, *Pistacia atlantica kurdica*

---

\*Corresponding author