تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۱/ شماره ۷۲/بهار و تابستان ۱۴۰۱ /ص ۱۹۲-۱۷۹

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

تأثیر پوشش موسیلاژ گل ختمی حاوی اسانس پوست پرتقال (Citrus sinensis) بر فساد اکسایشی ماهی قزل آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss)

مجتبی آزدر قره آغاجی[۱]، شهین زمردی[۲*]، مهدی قره خانی[۳] و شهرام حنیفیان[۳]

۱-دانشجوی دکترا، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز ، تبریز، ایران

۲- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز ، تبریز، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۱۲/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱/۱۳

چکیده

فعالیت های آنزیمی و شیمیایی در فیله ماهی در یخچال منجر به فساد و کاهش کیفیت محصول می‌گردد. در این راستا، استفاده از پوشش‌های خوراکی دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی یک روش موثر برای حفظ کیفیت ماهی می‌باشد. در این مطالعه، تاثیر پوشش حاصل از ۱/۵ درصد موسیلاژ گل ختمی حاوی غلظت‌های صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال در جلوگیری از فساد شیمیایی و افزایش قابلیت ماندگاری فیله ماهی در دمای یخچال در طول ۱۶ روز نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار بازهای نیتروژنی فرار، اسیدهای چرب آزاد، پراکسید و اسید تیوباربیتوریک طی دوره نگهداری فیله قزل آلای رنگین کمان روند افزایشی داشت که این افزایش در نمونه شاهد بیشترین مقدار و در تیمارهای با پوشش موسیلاژ حاوی اسانس پوست پرتقال بطور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p<0.05$). بر اساس نتایج ارزیابی حسی، تیمار شاهد و تیمارهای با پوشش موسیلاژ گل ختمی تا روز چهارم نگهداری، تیمارهای با پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۲۵ درصد اسانس تا روز ۸ نگهداری و تیمارهای با پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد اسانس تا روز ۱۲ امتیاز قابل قبولی داشتند.

واژه‌های کلیدی

اسانس پوست پرتقال، پوشش خوراکی، فیله ماهی، موسیلاژ گل ختمی

مقدمه

ماهیان با توجه به بالا بودن مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه در چربی، در مقابل اکسیداسیون بسیار حساس و آسیب پذیر است. اکسیداسیون چربی یکی از مهم‌ترین مشکلات در هنگام نگهداری ماهی به ویژه ماهیان با چربی متوسط محسوب می‌گردد که موجب ایجاد بو و طعم نامطلوب و کاهش ارزش غذایی چربی ماهی می‌شود (Alparslan *et al.*, 2014). همچنین گوشت ماهی نسبت به دیگر منابع گوشتی به دلیل فعالیت آبی

نگارنده مسئول: Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir

http://doi: 10.22092/fooder.2021.353815.1296

© 2022,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

بالا، مقادیر نسبتاً بالای اسیدهای آمینه آزاد و حضور آنزیم‌های اتولیزکننده نسبت به تجزیه باکتریایی آسیب‌پذیرتر است. به منظور کنترل یا کاهش این تغییرات در ماهیان از روش‌های نگهداری سرد و انجماد استفاده می‌شود. از آنجایی‌که این روش‌ها به طور کامل نمی‌توانند مانع فساد شوند، لذا تغییرات نامطلوبی از جمله اکسیداسیون چربی به آرامی صورت گرفته و موجب فساد ماهی پس از طی چند روز می‌گردد (Golabian & Roomiani, 2019).

یکی از روش‌های نگهداری موثر استفاده از پوشش‌های خوراکی به واسطه خواص ممانعتی و بازدارندگی می‌باشد. پوشش‌های خوراکی اغلب از جنس ترکیبات طبیعی مانند پروتئین، پلی‌ساکارید و چربی به تنهایی یا ترکیبی به صورت لایه‌ای نازک در سطح مواد غذایی به کار گرفته می‌شوند. استفاده از چنین پوشش‌هایی علاوه بر خواص نگهدارندگی، خطرات مصرف افزودنی‌های شیمیایی در بسته بندی و آلودگی ناشی از پسماندهای بسته‌بندی مواد غذایی را نیز به حداقل می‌رسانند. هم چنین، این پوشش‌ها می‌توانند به عنوان حامل‌های ترکیبات ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی به منظور حفظ غلظت‌های بالای این مواد در سطح فراورده‌های پوشش داده شده که بیشتر در معرض هجوم باکتری‌ها هستند، استفاده شوند (Carrión-Granda *et al.*, 2018). پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی یک نوآوری در مفهوم بسته بندی فعال زیست تخریب پذیر به شمار می‌روند. این نوع بسته بندی فعال، به عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل تغییرات فیزیولوژیکی، میکروبی، فیزیکی و شیمیایی در مواد غذایی مطرح هستند و معمولا به طور مستقیم بر روی سطح محصولات به کار برده می‌شوند.

در این خصوص، موسیلاژ گل ختمی زیست تخریب پذیر می‌تواند منبع جدیدی برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی باشد. گل ختمی[1] از تیره پنیرکیان[2] است. این گیاه چند ساله و خودرو بوده، گل، میوه و ریشه آن مصرف دارویی دارد. گل ختمی گل‌هایی بزرگ به رنگ‌های صورتی، قرمز، سفید و زرد دارد که برای روکش داروها استفاده می‌شود. این گیاه علاوه برخواص ضدسرفه، ضدسوزش سینه، ضدورم معده، ضدتومور و ضدویروس در ارتقای ایمنی بدن نیز نقش دارد. گیاه ختمی شامل موسیلاژ پلی‌ساکاریدی (۱۱/۶-۶/۲ درصد)، گالاکتورونورهنان[3]، آرابینان[4]، گلوکاریس[5]، آرابینوگالاکتان[7]، کربوهیدرات (۲۵-۳۵ درصد)، فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، قندها (۱۰درصد ساکارز)، آمین‌ها (تا ۱۲درصد آسپاراگین‌ها)، چربی (۱/۷ درصد)، اگزالات کلسیم، کومارین‌ها، اسید فنولیک و استرول‌ها است. موسیلاژ همگن خالص این گیاه از L -رامنوز، D-گالاکتوز، اسید گالاکونونیک و اسید D- گلوکورونیک در نسبت مولی ۳: ۲: ۳: ۳ تشکیل شده است (Kumar *et al.*, 2016).

از زمان‌های قبل فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به اثبات رسیده است. اما در سال‌های اخیر افزایش علاقه مندی به توسعه فرآیند سبزگرایی سبب از سرگیری مطالعات و بررسی‌های علمی در ارتباط با این مواد شده است. از آنجا که پوست پرتقال غنی از فلاوون‌ها و پلی‌متوکسیلات‌ها و فیتوکمیکال‌ها است که در گیاهان دیگر بسیار نادر می‌باشد در نتیجه در سال‌های اخیر توجه ویژه به استفاده از پوست پرتقال شده است (Sikdar *et al.*, 2016). اسانس پوست پرتقال از پسماندهای آب پرتقال توسط سانتریفیوژ و

1- *Althaea officinalis*
2- *Malvaceae*
3- *Galacturonorhamnans*
4- *Arabinans*
5- *Glucaris*
6- *Arabinogalactans*
7- *Arabinogalactans*

پرس سرد استخراج می‌شود و به دلیل کاربردهای گوناگون در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و دارویی، از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار است. از اسانس پوست پرتقال در فرمولاسیون فیلم‌های خوراکی به دلیل خواص آنتی اکسیدانی و آنتی میکروبی آنها برای افزایش ماندگاری مواد غذایی استفاده می‌شود (Sikdar *et al.*, 2016).

در پژوهشی، اثرات اسانس نارنج در غلظت‌های صفر، ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۲ درصد بر فیله ماهی قزل آلا در طول نگهداری در دمای صفر درجه سلسیوس در زیر یخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از اسانس نارنج سبب افزایش ماندگاری فیله قزل آلای رنگین کمان شد. بهترین عملکرد در غلظت ۱/۲ درصد اسانس برگ نارنج مشاهده شد که توانست ماندگاری فیله را تا ۹ روز افزایش دهد (Golabian & Roomiani, 2019). در مطالعه‌ای تأثیر عصارهٔ پوست پرتقال در غلظت‌های صفر، ۱ و ۵ درصد بر کیفیت فیلهٔ ماهی کپور معمولی در طول نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری pH، اندیس پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در همهٔ تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت که این افزایش در تیمار ۵ درصد عصاره نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. بر اساس نتایج این مطالعه فیله‌های تیمارشده با عصارهٔ ۵ درصد نسبت به سایر تیمارها تا انتهای دورهٔ نگهداری قابل مصرف بودند (Ali Beigi *et al.*, 2013).

هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر پوشش بر پایه موسیلاژ ختمی حاوی اسانس پوست پرتقال بر فساد اکسایشی چربی فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان در طول نگهداری در دمای یخچال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

تعداد ۵ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به صورت زنده از سد شهرستان سردشت تهیه شد. پس از سرزنی، حذف دم و باله‌ها و تخلیه شکمی، به صورت فیله درآورده شد. فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با متوسط وزن ۴۵ ± ۶۷۰ گرم و ابعاد آن در حدود ۲۹× ۱۲× ۳/۲۵ سانتی‌متر بدست آمد. سپس فیلهٔها به قطعاتی با میانگین وزنی ۱۰±۱۲۰ گرم بریده شدند. قطعات به ۴ قسمت تقسیم و با آب شستشو داده شدند. پس از آب چک شده مورد تیمار قرار گرفتند.

روش استخراج موسیلاژ ختمی

ابتدا گل ختمی تازه با آب مقطر شستشو داده شده، خشک و آسیاب گردید. سپس ۱۰۰ گرم از پودر در ۸۰۰ میلی لیتر آب مقطر در یک همزن با دور متوسط به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شد و به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه جوشانده شد و توسط فشردن از میان پارچه کتانی موسیلاژ جدا گردید. موسیلاژ در آون در دمای ۵۰ درجه سلسیوس برای یک شب خشک شد. سپس آسیاب شد و از الک با مش ۴۰ عبور داده شد .(Shende & Marathe, 2015)

روش تهیه محلول موسیلاژ ختمی

۱/۵ گرم موسیلاژ ختمی به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر افزوده شد و با استفاده از میکسر با سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه همگن شد. سپس روی هات پلیت مغناطیسی در حال همزدن در دمای ۵۵ درجه سلسیوس ۰/۷۵ میلی‌لیتر گلیسرول (۵۰٪ وزن موسیلاژ) اضافه و کاملا مخلوط گردید (Sharma & Rao, 2014). سپس اسانس پوست پرتقال (TROiLS company, Antalya, Turkey) در

مقادیر صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد به طور جداگانه در تویین ۸۰ (مرک، آلمان) حل شد و به محلول پوشش اضافه و یکنواخت گردید.

روش تیماردهی

جهت ایجاد پوشش، قطعات فیلهٔ ماهی به مدت یک دقیقه در محلول‌های پوشش غوطه‌ور شد. سپس از محلول خارج و به مدت ۵ دقیقه تحت جریان هوا خشک شدند. سپس قطعات برای بار دوم به مدت ۱ دقیقه دیگر در محلول‌ها غوطه‌ور شدند. فیله‌ها به مدت ۳۰ دقیقه تحت جریان هوا خشک شدند تا پوشش بر روی آن‌ها تشکیل گردد. فیله‌های پوشش یافته جهت ادامهٔ آزمایش‌ها در جعبه‌های پلی‌اتیلن بسته‌بندی شدند (Carrión-Granda *et al.*, 2018) و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردیدند. نمونه‌برداری در روزهای ۱، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ صورت گرفت. تیمارها عبارت بودند از:

۱-گروه اول بدون هیچ گونه تیمار به عنوان شاهد

۲- تیمار پوشش داده شده با محلول ۱/۵ درصد موسیلاژ ختمی بدون اسانس پوست پرتقال

۳- تیمار پوشش داده شده با محلول ۱/۵ درصد موسیلاژ ختمی حاوی ۰/۲۵ درصد اسانس پوست پرتقال

۴- تیمار پوشش داده شده با محلول ۱/۵ درصد موسیلاژ ختمی حاوی ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال

روش‌های آزمایش

اندازه گیری بازهای نیتروژنی فرار[1] (TVB-N)

بازهای نیتروژنی فرار با استفاده از دستگاه کلدال تعیین شد. به این منظور مقدار ۵ گرم از نمونه فیله میکس شده به همراه یک گرم پودر اکسید منیزیم، ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر و چند عدد پرل شیشه‌ای درون بالن تقطیر دستگاه کلدال منتقل شد. در ارلن گیرنده مقدار ۴۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد و چند قطره متیل رد ریخته شد و به قسمت سرد کننده دستگاه تقطیر وصل گردید. محتویات بالن تقطیر حرارت داده شد و بمدت ۲۰ دقیقه عمل جوش و تقطیر صورت گرفت. محلول تقطیر شده بوسیله اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر و مقدار اسید مصرفی یادداشت گردید. سپس مقدار بازهای نیتروژنی فرار محاسبه شد (Haghighi & Yazdanpanah, 2020).

اندازه گیری پراکسید

ابتدا روغن موجود در ماهی استخراج شد. به این منظور قطعات ماهی دو بار چرخ شد تا خمیر یکنواختی حاصل شود. سپس حلال کلروفرم- متانول و آب (نسبت ۲: ۱: ۱) به خمیر ماهی افزوده شد و به مدت ۱ دقیقه در همزن مغناطیسی هم‌زده شد و لایه کلروفرمی به وسیله دکانتور شیشه‌ای جدا گردید. روغن موجود در حلال به وسیله تبخیر کننده چرخان تحت شرایط خلاء و در دمای 40 درجه سلسیوس تبخیر و جداسازی شد.

جهت اندازه‌گیری عدد پراکسید در حدود یک گرم از روغن استخراج شده ماهی در یک ارلن درب‌دار خشک و تمیز توزین شد و ۲۰ میلی‌لیتر محلول حلال اسید استیک و کلروفرم به آن اضافه گردید و کاملا مخلوط شد تا چربی در حلال حل شود. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر یدور پتاسیم اشباع اضافه و مخلوط گردید. پس از یک دقیقه ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ارلن اضافه و با محلول هیپوسولفیت سدیم ۰/۱ نرمال در حضور معرف نشاسته تیتر گردید. عدد

1- Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N)

پراکسید بر حسب میلی‌اکی والان پراکسید برای صد گرم ماده چربی محاسبه شد (Hassanzadeh *et al.*, 2018).

اندازه‌گیری اسید تیوباربیتوریک (TBA)[1]

مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه گوشت همگن شده در بالن ۲۵ میلی‌لیتر با بوتانول به حجم رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از این محلول به لوله فالکون خشک درب‌دار منتقل شده و ۵ میلی‌لیتر معرف TBA (که از انحلال ۲۰۰ میلی‌گرم پودر TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱- بوتانول و صاف کردن بوسیله کاغذ صافی به دست آمد) به آن افزوده شد. سپس لوله‌ها در بن‌ماری با دمای ۹۵ درجه سلسیوس، به مدت ۲ ساعت قرار گرفت. سپس در دمای محیط سرد شده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب (As) آنها در ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. با استفاده از رابطه زیر، میزان TBA (بر حسب میلی‌گرم مالون دی آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی) مورد محاسبه قرار گرفت (Radha krishnana *et al.*,2014).

$$TBA=\frac{(As-Ab)\times 50}{200} \qquad (۱)$$

اندازه گیری اسیدهای چرب آزاد

جهت سنجش اسیدهای چرب آزاد به ۲ گرم از روغن استخراج شده ماهی مقدار ۱۰ میلی‌لیتر الکل خنثی اضافه و مخلوط شد تا روغن کاملا حل شود. سپس مقدار اسیدهای چرب آزاد بوسیله سود ۰/۱ نرمال در برابر معرف فنل فتالئین خنثی شد و اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک محاسبه گردید (Alparslan *et al.*, 2014).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی (رنگ و بو) به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (نمره ۱ بسیار بد و نمره ۵ بسیار خوب) توسط ۱۰ داور آموزش دیده تعیین شد. نمره ۴ برای ارزیابی فیله‌ها به عنوان حد مقبولیت برای مصارف انسانی در نظر گرفته شد (Ranjbaryan, *et al.*, 2017).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج با استفاده از آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار تجزیه گردید. فاکتور اول زمان نگهداری و فاکتور دوم نوع پوشش بود. نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری شد. مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[2] و رسم منحنی‌ها با نرم افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

بازهای نیتروژنی فرار

بازهای نیتروژنی فرار یکی از مهمترین شاخص‌های تعیین کیفیت و ارزیابی فساد فیله ماهی است. شاخص TVB-N شامل ترکیبات آمینی از جمله تری متیل آمین، دی‌متیل آمین، آمونیاک و دیگر ترکیبات مشابه می‌باشد که در اثر فعالیت‌های آنزیم‌های داخلی و میکروبی ایجاد می‌شوند (Socaciu *et al.*, 2018). در این تحقیق نیز شاخص TVB-N به عنوان شاخص کیفیت فیله ماهی قزل آلا تازه تعیین شد. مقادیر TVB-N نمونه‌ها در حین نگهداری در شکل ۱ آورده شده است. همانطوری‌که از شکل ۱ مشخص است مقدار اولیه TVB-N در فیله‌ها ۱۴/۲۸ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم ماهی

1- Thiobarbituric Acid (TBA)

2- least Significant Difference (LSD) test

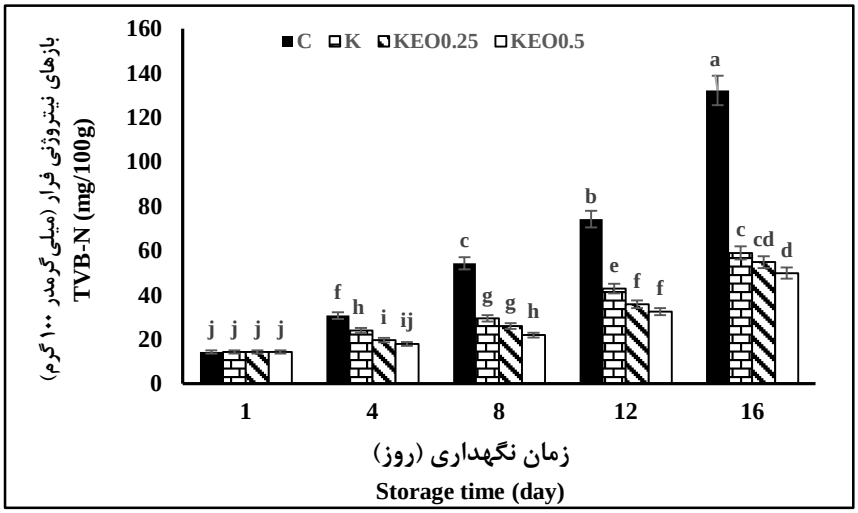
تعیین شد و مقدار آن طی دوره نگهداری فیله قزل آلای رنگین کمان روند افزایشی داشت که این افزایش در نمونه شاهد بیشترین مقدار در حالی‌که در تیمارهای با پوشش موسیلاژ حاوی اسانس پوست پرتقال بطور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p<0.05$). افزایش TVB-N در ماهی مربوط به فعالیت باکتری‌های فساد کننده و آنزیم‌های درونی خود ماهی است. رشد باکتری‌ها در گوشت منجر به اتولیز پروتئین‌ها و تجزیه آنها، شکستن ترکیباتی از جمله تری‌متیل آمین اکسیدها، پپتیدها و اسیدهای آمینه شده منجر به افزایش TVB-N می‌گردد (Alparslan *et al.*, 2014). پایین بودن این شاخص در تیمارهای حاوی اسانس پوست پرتقال نیز می‌تواند به دلیل خاصیت آنتی میکروبی اسانس در اثر ترکیبات فنلی باشد.

اسانس پوست پرتقال با کاهش بار میکروبی بر ترکیبات نیتروژنی فرار تأثیر می‌گذارد و موجب تجزیهٔ کمتر پروتئین‌ها از طریق میکروارگانیسم‌ها می‌شود. تیمار کردن فیله‌ها با عصارهٔ حاوی ترکیبات فنولی می‌تواند با جلوگیری از رشد میکروبی، فیله‌های ماهی را در مقابل پروتئازهای داخلی بالا ببرد و در نهایت مانع شکسته شدن پروتئین‌ها و تولید آمین‌ها شود (Baydar *et al.*, 2004).

آلپارسان و همکاران (Alparslan *et al.*, 2014) نیز مقدار اولیهTVB-N در فیله‌ها را حدود ۱۷/۰۶ میلی‌گرم در هر صد گرم ماهی تعیین کرد و نشان دادند که مقادیر این اندیس در هر دو نمونه شاهد و پوشش داده شده با ژلاتین حاوی اسانس برگ بو در طول زمان نگهداری به طور قابل توجهی افزایش یافت که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

حقیقی و یزدان پناه (Haghighi & Yazdanpanah, 2020) نیز مقدار اولیه بازهای فرار فیله ماهی را در حدود ۱۳/۰۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم تعیین کردند که پس از ۲۰ روز نگهداری مقدار آن در نمونه شاهد به ۱۱۳/۰۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم افزایش یافت. آنها نیز نشان دادند که در نمونه با پوشش کیتوزان حاوی عصاره دارچین مقدار این اندیس کمتر از نمونه شاهد بود. نتایج مشابهی نیز توسط ارشیسار و همکاران (Arashisar *et al.*, 2004) در فیله قزل آلای رنگین کمان با پوشش ژلاتینی حاوی اسانس دارچین و شعبان پور و همکاران (Shabanpour *et al.*, 2011) در فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان تیمار شده با عصاره گیاه آویشن شیرازی و گلابیان و رومیانی (Golabian & Roomiani, 2019)در ماهی قزل آلای رنگین کمان تیمار شده با اسانس برگ نارنج و علی بیگی و همکاران (Ali Beigi *et al.*, 2013) در فیلهٔ ماهی کپور معمولی تیمار شده با عصارهٔ پوست پرتقال گزارش شده است.

معمولا مقدار TVB-N در ماهی تازه صید شده بین ۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بوده و مقدار 35-30 میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم معمولاً به عنوان حد قابل قبول ماهی در نظر گرفته می‌شود (Alparslan *et al.*, 2014). بر اساس این استانداردها مقدار شاخص TVB-N در تیمار شاهد تا روز ۴ نگهداری، در تیمار با پوشش موسیلاژ تا روز ۸ نگهداری، اما در تیمارهای حاوی اسانس پوست پرتقال تا روز ۱۲ نگهداری در محدوده استاندارد قرار داشت.



شکل ۱- تاثیر تیمارها بر بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) در نمونه‌های فیله ماهی در طول نگهداری

C: شاهد، K: با پوشش موسیلاژ گل ختمی، KEO 0.25 و KEO0.5 به ترتیب با پوشش موسیلاژگل ختمی حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال.حروف کوچک (abcdefghi) مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$)،

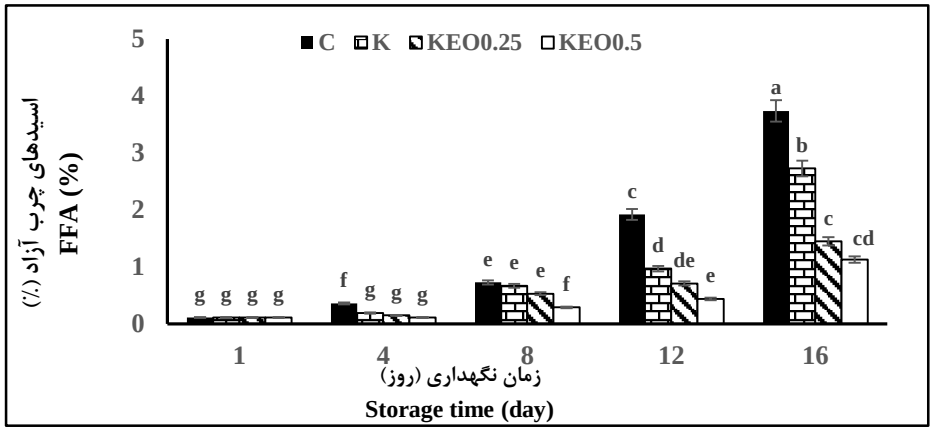
Fig. 1- The effect of treatments on volatile nitrogen bases (TVB-N) in fish fillet samples during storage.

C: control, K: coated with Althaea officinalis mucilage, KEO 0.25 and KEO 0.5 coated with Althaea officinalis mucilage containing 0.25 and 0.5% of orange peel essential oil. Different lowercase letters (abcdefghi) in each column indicate significant differences ($p<0.05$).

اسید چرب آزاد

اسیدهای چرب آزاد (FFA) در اثر هیدرولیز چربی‌ها ایجاد می‌شود و تعیین آن می‌تواند به عنوان شاخصی از میزان لیپولیز مورد استفاده قرار گیرد که به نوبه خود شاخصی از تازگی ماهی است (Alparslan *et al.*, 2014). همچنین اسیدهای چرب آزاد بر گروه کربوکسیل اثر تحریک کننده داشته و تشکیل هیدروپروکسیدها و متعاقبا رادیکال های آزاد را تسریع می‌بخشد. این مسئله به شدت بر کیفیت حسی فراورده‌های غذایی گوشتی تاثیر گذار است (Losada *et al.*, 2007) .

با توجه به شکل ۲، مقدار اولیه FFA در نمونه‌های فیله ماهی در حدود ۰/۱۱ درصد بر حسب اسید اولئیک تعیین شد که نشان دهنده تازگی فیله‌ها است. در طول زمان نگهداری مقدار FFA در تمام تیمارها افزایش یافت ($p<0.05$). مقدار این افزایش در نمونه کنترل بیشترین و در نمونه با پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال کمترین مقدار بود ($p<0.05$). همچنین مقدار FFA نمونه‌های با پوشش موسیلاژ بدون اسانس بطور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود که دلیل آن را می‌توان به ممانعت پوشش از نفوذ اکسیژن نسبت داد. اما دلیل کم بودن مقدار FFA در تیمارهای با پوشش حاوی اسانس را می‌توان هم به‌دلیل اثر آنتی‌اکسیداسیونی این ترکیبات دانست که فعالیت آنزیم‌های کاتالیز کننده هیدرولیز چربی را محدود می‌کند (Fan *et al.*, 2009) و هم ناشی از خواص ضدمیکروبی آن‌ها دانست که سبب کاهش فعالیت میکروبی و آنزیم‌های مترشحه آنها بر چربی گوشت می‌گردد. همچنین این کاهش می‌تواند ناشی از اثر هم‌افزایی بین پوشش موسیلاژ با اسانس نیز باشد (Alparslan *et al.*, 2014).



شکل ۲- تاثیر تیمارها بر اسیدهای چرب آزاد (FFA) نمونه‌های فیله ماهی در طول نگهداری.

C: شاهد، K: با پوشش موسیلاژ گل ختمی، KEO 0.25 و KEO0.5 به ترتیب با پوشش موسیلاژگل ختمی حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال.حروف کوچک (abcdefg) مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

Fig. 2- The effect of treatments on free facty acid (FFA) in fish fillet samples during storage.

C: control, K: coated with Althaea officinalis mucilage, KEO 0.25 and KEO 0.5 coated with Althaea officinalis mucilage containing 0.25 and 0.5% of orange peel essential oil. Different lowercase letters (abcdefg) in each column indicate significant differences. ($p<0.05$).

این راستا آلپارسلان و همکاران (Alparslan *et al.*, 2014) افزایش FFA را در طول نگهداری گزارش کردند و نشان دادند که استفاده از بسته بندی با فیلم ژلاتینی غنی شده با ۱ درصد اسانس برگ بو (Laurel) تأثیر بهتری در حفظ کیفیت فیله ماهی نسبت به فیلم بدون اسانس داشت و کیفیت نمونه‌های ماهی پیچیده شده با فیلم ژلاتینی حاوی ۰/۱ درصد اسانس برگ بو نیز بهتر از نمونه کنترل بود که نتایج حاصل از این بررسی را تایید می‌کند. نتایج مشابهی نیز توسط گلابیان و رومیانی (Golabian & Roomiani, 2019) در فیله ماهی قزل آلا نگهداری شده تحت تاثیر پوشش حاوی اسانس برگ نارنج و علی بیگی و همکاران (Ali Beigi *et al.*, 2013) در فیلهٔ ماهی کپور معمولی تیمار شده با عصارهٔ پوست پرتقال مشاهده شد.

اندیس پراکسید

اکسیداسیون چربی یک مشکل اساسی در گوشت ماهی است که منجر به بو و طعم نامطلوب می‌شود. در مراحل اولیه اکسیداسیون چربی‌ها هیدروپرکسیدها تشکیل می‌گردند که با اندازه‌گیری عدد پراکسید ارزیابی می‌شوند. جدول ۱ مقدار شاخص پراکسید را در طول نگهداری نشان می‌دهد. همانطوری که از جدول ۱ مشاهده می‌شود در روز اول مقدار پراکسید در فیله ماهی قابل تشخیص نبود که نشان می‌دهد فیله ماهی مورد استفاده در این تحقیق تازه بوده است. اما در طول زمان نگهداری در تمام تیمارها، اندیس پراکسید بطور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$) که این افزایش به ترتیب در ماهی شاهد و ماهی پوشش داده شده با موسیلاژ بالاتر از سایر تیمارها بود. افزایش در میزان عدد پراکسید را می‌توان به تشکیل هیدروپراکسیدها یعنی محصولات اولیه اکسیداسیون نسبت داد. پایین بودن مقدار پراکسید در نمونه های تیمار شده با اسانس پوست پرتقال را می‌توان به خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن نسبت داد. اسانس پرتقال به علت دارا بودن ترکیبات فنولی با بنیان حلقوی موجب جذب رادیکال آزاد می‌شود. در نتیجه با ممانعت از اکسیداسیون از فساد، تغییر رنگ یا تندشدن چربی‌ها جلوگیری می‌کند و نقش مهمی در پیشگیری از اکسیداسیون چربی‌ها دارد. این

ترکیبات دارای ظرفیت دهندگی الکترون (نیروی احیاءکنندگی) هستند (Dehghan *et al.*, 2019).

جدول ۱- تاثیر تیمارها بر اندیس‌های پراکسید (PV) و تیوباربیتوریک اسید (TBA) نمونه های فیله ماهی در طول نگهداری

Table 1- The effect of treatments on peroxide (PV) and thiobarbituric acid (TBA) indices of fish fillet samples during storage

آزمایش‌ها Experments	تیمارها Treatments	زمان نگهداری (روز) Storage time (day)				
		1	4	8	12	16
پراکسید PV (mEq/Kg) SEM=0.23	C	ND	1.89dA	4.59cA	6.23bA	9.29aA
	K0	ND	0.72dB	3.38cB	5.63bB	7.97aB
	KEO0.25	ND	0.33dBC	2.31cC	4.48bC	6.89aC
	KEO0.5	ND	0.19dC	1.45cC	3.85bC	6.26aC
تیوباربیتوریک اسید TBA (mg/Kg) SEM=0.18	C	0.15aA	1.59aA	3.89aA	5.69aA	8.59aA
	K0	0.15aA	0.94bB	3.28bB	4.98bB	7.85bB
	KEO0.25	0.15aA	0.72cC	1.57cC	2.92cC	6.54cC
	KEO0.5	0.15aA	0.48cC	1.45cC	2.19dD	4.99dD

C: شاهد، K: با پوشش موسیلاژ گل ختمی، KEO 0.25 و KEO0.5 به ترتیب با پوشش موسیلاژ گل ختمی حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال. اعداد با یک حرف کوچک (abcd) مختلف در هر سطر برای هر تیمار و با یک حرف بزرگ (ABCD) مختلف در هر ستون برای هر زمان نگهداری از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$)، SEM: خطای استاندارد میانگین، ND: تعیین نشد

C: control, K: coated with Althaea officinalis mucilage, KEO 0.25 and KEO 0.5 coated with Althaea officinalis mucilage containing 0.25 and 0.5% of orange peel essential oil. Different lowercase letters (abcdefg) in each column indicate significant differences ($p<0.05$). SEM: standard error of the mean, ND: not detect

حضور ترکیبات فعال زیستی در اسانس پوست پرتقال، آن را جایگزین مناسبی برای آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی کرده است. در مورد خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس پوست پرتقال گزارشات فراوانی شده است (Djenane, 2015; Vakili *et al.*, 2018). عمده‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده در اسانس پوست پرتقال، مونو ترپن هیدروکربنی (دی لیمونن) و فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و اسید آسکوربیک گزارش شده است (Dehghan *et al.*, 2019).

بر اساس نتایج در مقدار پراکسید تیمارهای حاوی اسانس در غلظت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p<0.05$). در این راستا دهقان و همکاران (Dehghan *et al.*, 2019) نیز نشان دادند که با افزایش غلظت اسانس پرتقال از ۵ درصد به ۱۰ درصد به عنوان آنتی‌اکسیدان در روغن سویا، اختلاف آماری معنی‌داری در مقدار پراکسید روغن مشاهده نشد که نتایج این بررسی را تایید می کند. گلابیان و رومیانی (Golabian & Roomiani, 2019) نیز نشان دادند که استفاده از اسانس برگ نارنج در غلظت‌های بالاتر در نگهداری ماهی قزل آلای رنگین کمان به دلیل داشتن مقادیر بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی نظیر کارن و آلفا ترپینئول بخوبی توانسته افزایش پراکسید را کنترل کند. نتایج مشابهی توسط علی بیگی و همکاران (Ali Beigi *et al.*, 2013) در فیلهٔ ماهی کپور تیمار شده با عصارهٔ پوست پرتقال و توسط نوری هاشم آباد و همکاران (Nouri Hashemabad *et al.*, 2013) در فیله قزل آلای رنگین کمان تیمار شده با عصاره گیاه گزنه گزارش شده است.

مقدار پراکسید ماهی بسیار تازه باید کمتر از 2 میلی اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم چربی باشد و این مقدار در ماهی در هنگام مصرف نباید بیشتر از ۵ میلی اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم باشد (Golabian

(Roomiani, 2019 &. با توجه به جدول ۱ در روز چهارم نگهداری در تمام تیمارها اندیس پراکسید پایین تر از حد مجاز بود. در روز ۸ نگهداری پراکسید تیمار شاهد (۴/۵۹) و تیمار با پوشش موسیلاژ (۳/۳۸) نیز کمتر از ۵ میلی اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم بود اما در روز ۱۲ اندیس پراکسید در این تیمارها به بالاتر از ۵ میلی اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم رسید، در حالی‌که در تیمارهای حاوی اسانس در روز ۱۲ نیز مقدار پراکسید کمتر از ۵ میلی اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم بود.

شاخص تیوباربیتیوریک اسید (TBA)

شاخص تیوباربیتیوریک اسید (TBA) مربوط به اندازه‌گیری میزان مالون آلدئید است که محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیراشباع است. اکسیداسیون چربی در گوشت ماهی نهایتاً موجب ایجاد آلدئید، کتون، اسیدها و الکل گشته و موجب ایجاد تغییرات در عطر و طعم گوشت شده و ارزش تغذیه‌ای آن را کاهش می‌دهد (Radha krishnana *et al.*,2014).

با توجه به جدول ۱ مقدار اولیه TBA در فیله ماهی در حدود ۰/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم تعیین گردید. در طول نگهداری مقدار آن در فیله‌ها روند افزایشی داشت که این افزایش در تیمارهای با پوشش موسیلاژ حاوی هر دو غلظت اسانس بطور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p<0.05$). در روزهای ۱۲ و ۱۶ نگهداری بین مقادیر TBA نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف اسانس نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد بطوری‌که در این زمان‌های نگهداری کمترین مقدار TBA بطور معنی‌داری مربوط به تیمار حاوی ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال بود ($p<0.05$).

افزایش مقدار تیوباربیتوریک اسید طی دوره نگهداری در اثر اکسیداسیون چربی و تولید متابولیت‌های فرار در حضور اکسیژن می‌باشد (Taghizadeh Andevari & Rezaei, 2012). دلیل پایین بودن این اندیس در نمونه‌های با اسانس نیز می‌تواند مربوط به حضور مواد آنتی اکسیدانی اسانس پوست پرتقال باشد که از اکسیداسیون چربی ممانعت کرده است.

در این راستا ساتیول (Sathivel, 2005) نیز مقدار اولیه TBA را در سالمون ۰/۲۵ میلی‌گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم گزارش کردند. آلپارسلان و همکاران (Alparslan *et al.*, 2014) مقدار اولیه TBA را در ماهی در حدود ۰/۰۳ میلی‌گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم تعیین کردند و نشان دادند که در طول نگهداری این اندیس افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌های بسته بندی شده با فیلم ژلاتینی حاوی اسانس کمتر بود. آنها خاطر نشان کردند که اکسیداسیون چربی فیله قزل آلای رنگین کمان می‌تواند توسط فیلم ژلاتین غنی شده با اسانس برگ بو کنترل شود و دلیل آن را به ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی اسانس و همچنین نفوذ پذیری کم اکسیژن در فیلم ژلاتینی بیان کردند. نتایج مشابهی توسط گلابیان و رومیانی (Golabian & Roomiani, 2019) در فیله ماهی قزل‌آلا نگهداری شده تحت تاثیر پوشش حاوی اسانس برگ نارنج و شعبان‌پور و همکاران (Shabanpour *et al.*, 2011) در ماهی تیمار شده با ۰/۵ و ۱ درصد عصاره آویشن شیرازی و توسط علی بیگی و همکاران (Ali Beigi *et al.*, 2013) در فیلهٔ ماهی کپور تیمار شده با عصارهٔ پوست پرتقال مشاهده شد.

با توجه به بررسی منابع اگر مقدار TBA کمتر از ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد ماهی دارای کیفیت عالی، اگر بین ۳ تا ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد کیفیت خوب و اگر بین ۵ تا ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد برای مصرف قابل قبول است (Socaciu *et al.*, 2018). لذا بر این اساس ماهی اولیه دارای کیفیت

عالی بود. در تیمارهای با پوشش حاوی اسانس تا پایان دوره نگهداری نیز مقدار این اندیس در محدوده قابل مصرف قرار داشت.

ارزیابی حسی

یکی از تغییرات حسی مهم گوشت ماهی ایجاد تغییرات نامطبوع در رنگ، بو و طعم آن است که به علت رشد باکتریایی تغییرات شیمیایی ناشی از اکسیداسیون و تولید ترکیبات فرار می‌باشد که باعث کاهش ماندگاری گوشت می‌شود (Golabian & Roomiani, 2019).

بر اساس مشاهدات ارزیابان حسی، نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده، رنگ روشن‌تری داشت، در حالی‌که بین رنگ نمونه‌های حاوی پوشش با و بدون اسانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. رنگ این تیمارها متمایل به رنگ زرد بود به‌طوری‌که به نظر برخی ارزیابان، این تیمارها دارای مقدار کمی زعفران بودند. چون موسیلاژ گل ختمی دارای رنگ زرد مایل به شیری است. از نظر بو و پذیرش کلی در روز چهارم نگهداری تمام تیمارها امتیاز قابل قبولی کسب کردند اگرچه نمونه‌های با پوشش حاوی اسانس بطور غیرمعنی داری امتیاز بیشتری به‌دست آوردند. در روز ۸ نگهداری، نمونه شاهد و نمونه با پوشش موسیلاژ گل ختمی به دلیل بوی نامناسب شدید و داشتن بافت لزج حذف شد. تیمارهای حاوی اسانس در روز ۱۲ نیز مورد ارزیابی قرار گرفت که تیمار حاوی ۰/۲۵ درصد اسانس به دلیل بوی نامناسب امتیاز قابل قبولی کسب نکرد. اما امتیاز نمونه حاوی ۰/۵ درصد اسانس در حد قابل قبولی بود. در روز ۱۶ نمونه حاوی ۰/۵ درصد اسانس نیز بوی بد و نا مطبوع استشمام شده و آب دهی شدید داشتند. این نتایج با نتایج حاصل از تعیین بازهای نیتروژنی فرار مطابقت دارد. بنابراین استفاده از پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد اسانس تا روز ۱۲ و پوشش حاوی ۰/۲۵ درصد تا روز ۸ توانستند خواص حسی فیله ماهی را حفظ کنند. در این راستا آلپارسلان و بایگار (Alparslan & Baygar, 2017) نیز در میگو پوشش داده شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد اسانس پوست پرتقال نشان دادند که استفاده از پوشش کیتوزان حاوی اسانس توانست تا ۱۵ روز خواص حسی میگو را حفظ کند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج در طول دوره نگهداری نمونه‌های فیله ماهی پوشش داده شده با موسیلاژ ۱/۵ درصد حاوی اسانس پوست پرتقال نسبت به سایر نمونه‌ها دارای ازت فرار کل، اسیدهای چرب آزاد، اندیس پراکسید و اندیس اسید تیوباربیتوریک کمتری بودند. پوشش موسیلاژ گل ختمی خالص در ماندگاری فیله ماهی نقش چندانی نداشت. تمام تیمارها در روز چهارم نگهداری قابلیت مصرف انسانی داشتند. پوشش حاصل از موسیلاژ حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسانس پوست پرتقال به ترتیب تا روز ۸ و ۱۲ قابلیت مصرف انسانی داشتند. بنابراین استفاده از اسانس پوست پرتقال در نگهداری فیله ماهی تازه با بهبود ویژگی‌های شیمیایی و حسی، موجب افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی گردید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان غربی به دلیل قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تقدیر و تشکر می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Ali Beigi, T., Alizadeh Dooghi Kalaei, A. and Zakiapoor Rahimabadi, A. 2013. Antioxidant effect of orange peel extract on the quality of common carp elephant (*Cyprinus carpio*) when refrigerated (4°C). Iranian Journal of Fisheries and Natural Resources. 66(2): 185-187. (in Persian)

Alparslan, Y. and Baygar, T. 2017. Effect of chitosan film coating combined with orange peel essential oil on the shelf life of deepwater pink shrimp. Food Bioprocess Technology. 10: 842–853.

Alparslan, Y., Baygar, T., Baygar, T., Hasanhocaoglu, H. and Metin, C. 2014. Effects of gelatin-based edible films enriched with laurel essential oil on the quality of rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage. Food Technology Biotechnology. 52(3): 325–333.

Arashisar, Ş., Hisara, O., Kayab, M. and Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere andvacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. International Journal of Food Microbiology. 97(2): 209-214.

Baydar, H., Sagdiç, O., Özkan, G. and Karadogan, T. 2004. Antibacterial activity and composition of essential oils from Origanum, Thymbra and Satureja species with commercial importance in Turkey. Food Control. 15(3): 169–172.

Carrión-Granda, X., Fernández-Pan, I., Rovira, J. and Maté, J. I. 2018. Effect of antimicrobial edible coatings and modified atmosphere packaging on the microbiological quality of cold stored hake (*Merluccius merluccius*) Fillets. Journal of Food Quality. 2018: 1-12. Article ID 6194906.

Dehghan, B., Esmaeilzadeh Kenari, R. and Raftani Amir, Z. 2019. Investigate the antioxidant properties of orange peel essential oil (*citrus sinesis*) on the stability of soybean oil during storage. Food Technology and Nutrition. 16(3): 73-91. (in Persian)

Djenane, D. 2015. Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of *Algerian citrus* essential oils and their application in Sardina pilchardus. Foods. 4(2): 208-228.

Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. Food Chemistry. 115(1): 66–70.

Golabian, E. and L Roomiani, L. 2019. Effect of antioxidant and antimicrobial of citrus leaf (*Citrus aurantiumL.*) essential oil on shelf life of (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Food Industry Research. 28 (4): 113 - 128 (in Persian).

Haghighi, M. and Yazdanpanah, S. 2020. Chitosan-based coatings incorporated with cinnamon and teaextracts to extend the fish fillets shelf life: validation by FTIR spectroscopy technique. Hindawi Journal of Food Quality. 1-7. Article ID 8865234

Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi1, N., Moosavy, M. H. and Mahmoudi, R. 2018. Effects of chitosan edible coating containing grape seed extract on the shelf-life of refrigerated rainbow trout fillet. Veterinary Research Forum. 9(1): 73–79.

Kumar, S. S., Sudhakar, S., Kapil, S. and Snigdha, T. 2016. Ethnopharmacological review on *althaea officinalis*. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 5(7): 425-432

Losada, V., Barros-Velazques, J. and Aubourg, S.P. 2007. Rancidity development in frozen fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. LWT - Food Science and Technology. 40(6): 991-999.

Nouri Hashemabad, Z., Hosseinipour, S. and Ojagh, S. M. 2013. Comparison of nettle leaf extract (*Urtica diocia*) and BHT antioxidant on the shelf life of rainbow trout fillet in cold storage. Journal of Fisheries Science and Technology. 2(3): 87- 97. (in Persian)

Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi. SH. and Hosseini, S. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry. 120(1): 193-198.

Radha krishnan, K., Babuskin, S., Azhagu Saravana Babu, P., Sasikala, M., Sabina, K., Archana, G., Sivarajan, M. and Sukumar, M. 2014. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. International Journal of Food Microbiology. 171, 32-40.

Sathivel, S. 2005. Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss, and lipid oxidation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. Journal Food Science. 70(8): 455–459.

Shabanpour, B., Zolfaghari, M., Fallahzadeh, S. and Alipour, G. H. 2011. The effect of Shirazi thyme extract on the shelf life of salted and vacuum-packed rainbow trout fillets in refrigerated conditions: Microbial, chemical and sensory properties evaluation. Quarterly Journal of Food Science and Technology. 33, 11-21. (in Persian)

Sharma, V. and Rao, L. J. M. 2014. An overview on chemical composition, bioactivity and processing of leaves of Cinnamomum tamala. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 54(4): 433-48.

Shende, M. A. and Marathe, R. P. 2015. Extraction of mucilages and its comparative mucoadhesive studies from hibiscus plant species. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 4(3): 900-924.

Sikdar, D. C., Menon, R., Duseja, K., Kumar, P. and Swami, P. 2016. Extraction of citrus oil from orange (*Citrus sinensis*) peels by steam distillation and its characterizations. International Journal of Technical Research and Applications. 4(3): 341–346.

Socaciu, M. I., Semeniuc, C. A. and Vodnar, D. C. 2018. Edible films and coatings for fresh fish packaging: focus on quality changes and shelf-life extension. Coatings. 8(10): 1-19.

Sutovska, M., Nosalova, G., Sutovsky, J., Franova, S., Prisenznakova, L. and Capek, P. 2009. Possible mechanisms of dose-dependent cough suppressive effect of Althaea officinalis rhamnoga lacturonan in guinea pigs test system. International Journal Biology Macromology. 45(1): 27-32.

Taghizadeh Andevari, G. and Rezaei, M. 2012. The effect of gelatin coating with cinnamon essential oil on the shelf life of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Journal of Fisheries. 21(1): 13-24 (in Persian).

Vakili, Sh. and Yasini Ardakani, S. A. 2018. Antioxidant effect of orange peel extract on chemical quality, sensory properties, and black spots of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Nutrition and Food Security. 3(1): 19-26.

Food Engineering Research/Vol.21/No.72/Spring& Summer 2021/P:179-192

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

The Effect of *Althaea Officinalis* Mucilage Coating Containing Orange (*Citrus Sinensis)* Peel Essential Oil on the Oxidative Spoilage of Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Fillet

M. Agdar GhareAghaji, Sh. Zomorodi*, M. Gharekhani, Sh. Hanifian

* Corresponding Author: Associate Professor, Department of Engineering Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran. Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir
Received: 2 March 2021, Accepted: 24 January 2022
http://doi: 10.22092/fooder.2021.353815.1296

Abstract

Enzymatic and chemical activities in fish fillets in the refrigerator lead to spoilage and reduce product quality. In this regard, the use of edible coatings with antioxidant compounds is an effective way to maintain the quality of fish. In this study, the effect of an Althaea officinalis mucilage coating containing 0, 0.25, and 0.5% concentrations of orange peel essential oil in reducing chemical spoilage and increasing the shelf life of fish fillets in the refrigerator was investigated during 16 days of storage. The amount of volatile nitrogen bases, free fatty acids, peroxide, and thiobarbituric acid indexes increased during the storage period of fillet, which was less in samples coated with mucilage containing orange peel essential oil than in other treatments (P 0.05). Based on the results of the sensory evaluation, control and treatments coated with mucilage up to the fourth day of storage, treatments coated with mucilage containing 0.25% of essential oil until the 8th day of storage, and treatments coated with mucilage containing 0.5% of essential oil up to the 12th day of storage, were acceptable.

Keywords: *Althaea officinalis* mucilage, Edible coating, Fish fillet, Orange peel essential oil