مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تأثیر اسانس نعناع فلفلی نانوریزپوشانی شده بر ماندگاری برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری

ملیحه شیروش، علی نجفی*

گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، مرکز تحقیقات تولید و فن آوری داروهای گیاهی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۱

کلمات کلیدی:

اسانس نعناع فلفلی،

برگر ماهی،

فساد،

نانوریزپوشانی،

نگهدارنده

DOI:10.22034/FSCT.21.152.94.

* مسئول مکاتبات:

najafiali2002@gmail.com

چکیده

امروزه به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالای ماهی علاقه مصرف‌کنندگان به استفاده از غذاهای آماده مصرف بر پایه ماهی در سراسر جهان در حال افزایش است. با این حال، محصولات آبزیان به دلیل حضور مقادیر بالای پروتئین و اسیدهای چرب چندغیراشباعی، در مقابل اکسایش و رشد میکروارگانیسم‌ها به شدت حساس هستند. هدف از این پژوهش، بررسی امکان به تأخیرانداختن فساد اکسایش و میکروبی و حفظ کیفیت و ایمنی برگرهای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری در یخچال با استفاده از نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی بود. اسانس نعناع فلفلی با استفاده از ترکیب صمغ عربی و ایزوله پروتئین سویا و توسط خشک‌کن انجمادی نانوکپسوله گردید. سپس در سطوح ۰، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ درصد به فرمولاسیون برگر ماهی افزوده شد. مقادیر pH، بازهای ازته فرار کل (TVB-N)، اندیس‌های پراکسید (PV) و تیوباربیتوریک اسید (TBA)، و شمارش کلی باکتری برگرها طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سانتیگراد، مورد آزمون قرار گرفتند. اندازه ذرات، شاخص PDI، پتانسیل زتا و کارآیی ریزپوشانی نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی به ترتیب ۲۹۷/٤ nm، ۰/۳۲۸، ۳۲/۱۷ mV- و ۸۷/۲٤ ٪ بود. طی دوره نگهداری، مقادیر pH، TVB-N، PV و TBA برگرها افزایش یافت. نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قابل توجهی از خود نشان دادند و موجب کاهش سرعت اکسایش چربی‌ها و رشد باکتری‌ها در برگرهای ماهی شدند. بین غلظت نانوکپسول‌های اسانس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی آن همبستگی مثبت وجود داشت. بیشترین اثر بازدارندگی رشد باکتری‌ها و کاهش سرعت اکسایش چربی‌ها در برگر حاوی ۰/۱۵ ٪ نانوکپسول مشاهده گردید. نتایج این تحقیق استفاده از نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی در غلظت ۰/۱۵ ٪ را جهت حفظ کیفیت، کاهش سرعت اکسایشی و فساد میکروبی در برگرهای ماهی پیشنهاد می‌نماید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

۱-مقدمه

امروزه به دلیل تغییر سبک زندگی، کمبود زمان و تغییر رژیم غذایی از سنتی به مدرن استفاده از غذاهای آماده مصرف رواج پیدا کرده است [۱]. با این حال، بسیاری از مواد غذایی فوری نظیر برگرها و سوسیس‌هایی که از گوشت چرخ شده تهیه می‌شوند، حاوی بیش از ۳۰ درصد چربی می‌باشند. مصرف گوشت قرمز و فرآورده‌های گوشتی آن، خطر ابتلاء به سرطان روده بزرگ و بیماری‌های قلبی و عروقی را به دلیل حضور مقادیر بالای چربی، کلسترول، سدیم و آمین‌های حلقوی تولید شده در دماهای بالا، افزایش می‌دهد. بنابراین مصرف‌کنندگان آگاه در تلاشند تا مصرف فرآورده‌های گوشت قرمز را کاهش داده و بیشتر از فرآورده‌های دریایی که دارای کلسترول پایین و محتوای چربی اشباع کمتر می‌باشند استفاده کنند [۲]. برگر ماهی یک محصول بر پایه گوشت چرخ شده ماهی است که غنی از اسیدهای چرب چندغیراشباع نظیر ایکوزاپنتاانوئیک اسید و دوکوزاهگزاانوئیک اسید می‌باشند. اکسایش چربی‌های دارای غیراشباعیت بالا، یکی از فاکتورهای بسیار مهمی است که منجر به ایجاد طعم و بوی نامطلوب ترشیدگی، بدرنگی و تغییرات بافتی در فرآورده‌های دریایی می‌گردد [۳]. به طور کلی ماهی و فرآورده‌های دریایی جزء محصولات بسیار فسادپذیر هستند و جهت تضمین ایمنی میکروبیولوژیکی این محصولات، باید جابه‌جایی، حمل‌ونقل و انبارمانی به درستی و به طور مناسب انجام گیرد [٤].

به دلیل افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات غذایی دارای کیفیت بالاتر و ایمن‌تر، توجه به استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی جهت جایگزینی انواع نگهدارنده‌های سنتزی معطوف شده است [۵]. اسانس‌ها ترکیبات فرار باارزشی هستند که نقش‌های حیاتی در سلامت انسان‌ها دارند. اسانس‌ها نگهدارنده‌های طبیعی در صنایع مواد غذایی، دارویی و بهداشتی هستند که فعالیت‌های آنتی اکسیدانی و ضدمیکروبی قابل توجهی از خود نشان می‌دهند. اسانس‌ها به طور کلی ایمن بوده و از برگ، گل، دانه و پوست گیاهان معطر استخراج می‌شوند [٦].

نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L. گیاهی متعلق به خانواده نعناعیان و غنی از اسانس می‌باشد. در اسانس این گیاه، حداقل ۵۰ درصد ترکیب فعال منتون به همراه مقدار کمتر سینئول و سایر ترپن‌ها یافت می‌شود. اسانس نعناع فلفلی، مایعی بی‌رنگ و یا دارای رنگ زرد کمرنگ است که بو و طعم متمایز و قوی دارد و از این اسانس به عنوان یک عامل طعم‌دهنده در محصولات غذایی مختلف استفاده می‌شود. تحقیقات مختلف نشان‌دهنده اثرات آنتی اکسیدانی، ضدقارچی، ضدباکتریایی، ضدالتهابی و ضد ویروسی اسانس نعناع فلفلی می‌باشد [۷, ۸].

با وجود اثرات نگهدارندگی بالقوه اسانس‌های گیاهی، افزودن مستقیم آن‌ها به غذا محدودیت‌هایی را به همراه دارد. اسانس‌ها دارای فراریت بالا، حلالیت‌پذیری کم در آب، حساسیت بالا به شرایط زیست‌محیطی و همچنین بوی متمایز و قوی می‌باشند. بنابراین جهت غلبه بر این محدودیت‌ها و افزایش پایداری عوامل فعال می‌توان از فرآیند ریزپوشانی استفاده نمود و سرعت رهایش ترکیبات زیست‌فعال از نانوکپسول‌ها را کنترل نمود. در فرآیند ریزپوشانی ترکیبات زیست‌فعال توسط مواد دیواره با جنس‌های مختلف پوشانده می‌شوند [۹]. صمغ عربی یکی از پرکاربردترین مواد دیواره برای ریزپوشانی می‌باشد، زیرا دارای خصوصیات عملکردی عالی نظیر امولسیون‌کنندگی، قیمت پایین، حلالیت‌پذیری بالا در آب و ویسکوزیته پایین است [۱۰]. ایزوله پروتئینی سویا نیز به دلیل قیمت پایین، ارزش تغذیه‌ای بالا و خصوصیات عملکردی مناسب، کاربرد وسیعی در صنعت مواد غذایی دارد [۱۱]. تحقیقات نشان داده است که ترکیب صمغ عربی و ایزوله پروتئین سویا می‌تواند موجب حفظ بهتر ترکیبات زیست‌فعال در نانوکپسول‌های تولیدی گردد [۱۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

نگهدارنده‌های غذایی ترکیبات ضروری هستند که موجب بهبود کیفیت و ماندگاری مواد غذایی می‌گردند. نگهدارنده‌های سنتزی نظیر نیترات‌ها، بوتیلات هیدروکسی تولوئن، بنزوات سدیم، بوتیلات هیدروکسی آنیزول و پروپیل گالات به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نگهدارنده‌های سنتزی فراوان و دارای قیمت پایینی می‌باشند، اما اثرات نامطلوب آن‌ها بر سلامت انسان‌ها نظیر آلرژی، دیابت، بیماری‌های قلبی‌وعروقی و سرطان گزارش شده است [۱۳]. در دهه‌های اخیر، نگرانی در زمینه مصرف نگهدارنده‌های سنتزی افزایش یافته است و بنابراین مطالعات بر روی جایگزینی این ترکیبات با نگهدارنده‌های طبیعی افزایش یافته است [۱٤, ۱۵]. اسانس‌ها به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی مورد توجه هستند، ولی این ترکیبات فرار، آب‌دوست و حساس به نور، اکسیژن و دمای بالا بوده و طی فرآوری و انبارمانی تخریب می‌شوند [۱٦]. یک راهکار کارآمد جهت افزایش پایداری این ترکیبات حساس، فرآیند ریزپوشانی می‌باشد [۱۷]. اگرچه تا کنون مطالعات گسترده‌ای در زمینه استفاده از اسانس‌هاس مختلف جهت افزایش عمر ماندگاری برگر ماهی انجام شده است اما نتایج بررسی در منابع کتابخانه‌ای نشان می‌دهد که تأثیر اسانس ریزپوشانی شده نعناع فلفلی بر کیفیت و فساد اکسایشی و میکروبیووژیکی برگر ماهی، به عنوان یک ماده غذایی مستعد فساد، طی دوره نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا در این پژوهش تأثیر اسانس نعناع فلفلی ریزپوشانی شده با ترکیب صمغ عربی و ایزوله پروتئین سویا به روش خشک‌کن انجمادی، به عنوان یک نگهدارنده طبیعی، بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، اکسایش و کیفیت میکروبی برگرهای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری در دمای یخچال مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

اسانس نعنا فلفلی از شرکت باریج اسانس (کاشان، ایران) خریداری شد. صمغ عربی از شرکت کیان شیمی (تهران، ایران) تهیه شد. ایزوله پروتئینی سویا از شرکت کرون (پکن، چین) تهیه شد. آرد گندم و نمک از شرکت گل‌ها (تهران، ایران) خریداری شد. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه از بازار محلی خریداری شد. سایر مواد شیمیایی دارای درجه تجزیه ای بودند و از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

۲-۲-ریزپوشانی اسانس نعناع فلفلی

مواد دیواره به صورت ترکیب برابر صمغ عربی (۲/۵ ٪ وزنی/حجمی) و ایزوله پروتئین سویا (۲/۵ ٪ وزنی/حجمی) بود. ابتدا مواد دیواره در آب مقطر پخش و به مدت ۲ ساعت در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد بر روی یک همزن مغناطیسی به هم زده شد. سپس به مدت یک شبانه‌روز در دمای یخچال نگهداری شدند تا هیدراته گردند [۱۲]. اسانس نعناع فلفلی در سطح ٤ درصد وزنی/وزنی به صورت کم‌کم به امولسیفایر توین ۲۰ در سطح ۲ ٪ (وزنی/وزنی) اضافه شد و توسط همزن میله‌ای همزده شد و سپس به مواد دیواره اضافه شد و به مدت نیم‌ساعت بر روی یک همزن مغناطیسی همزده شد. پس از آن با اولتراتورکس (IKA T25، آلمان) طی دو مرحله و هر مرحله به مدت ۵ دقیقه (سرعت به ترتیب ۱۲۰۰۰ و ۲۱۰۰۰ دور در دقیقه) هموژن گردید. برای کاهش بیشتر اندازه ذرات کپسول‌ها، از دستگاه اولتراسوند پروبی (UP 400A، ایران) با ٦ سیکل (هر سیکل ۳۰ ثانیه و استراحت ۱۵ ثانیه‌ای بین هر سیکل) استفاده شد و این عملیات در دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز انجام گرفت. نانوامولسیون حاصله سپس به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد و سپس توسط دستگاه خشک کن انجمادی (ZIRBUS VACO 5، آلمان) در دمای ۵۷- درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت و در فشار ۰/۰۱۷ میلی‌پاسکال خشک گردید. نانوکپسول‌ها به پودر نرم تبدیل شده و در دمای یخچال نگهداری شدند [۱۸].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

۲-۳-تعیین مشخصات نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی

اندازه ذرات، شاخص پراکندگی (PDI[1]) و پتانسیل زتای نانوکپسول‌هاا با استفاده از دستگاه زتاسایزر (Malvern، انگلیس) اندازه‌گیری شد. کارآیی ریزپوشانی با محاسبه محتوای فنول کل اولیه و فنول کل نهایی نانوکپسول محاسبه شد. مورفولوژی (ریزساختار) نانوکپسول با استفاده از تصویربرداری توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (LEO 1450، آلمان) بررسی شد.

۲-٤-آماده‌سازی تیمارهای برگر ماهی

ماهی‌ها به صورت سرد به آزمایشگاه انتقال داده شده و شسته شدند. پوست و اجزای زائد آن جداسازی و سپس چرخ شدند. برای تهیه برگرهای ماهی، ۱۰ ٪ ترکیب آرد گندم و ذرت (در نسبت ۲ به ۳)، ۰/۲ ٪ پودر سیر، ۱/۲ ٪ کلرید سدیم، ۰/٦ ٪ شکر و ۰/۲ ٪ پودر پیاز به گوشت چرخ شده ماهی (۸۷/۸۰ ٪) افزوده شد. به خمیرهای برگر، سطوح مختلف نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی شامل ۰، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ ٪ اضافه شد. خمیرهای برگر به گروه‌های با وزن ۵۰ گرم تقسیم شده و در ابعاد ۸ mm × ۱۰۰ قالب‌زنی شدند. برگرها به مدت ۱۲ روز در دمای یخچال نگهداری و هر ٤ روز یکبار مورد آزمون قرار گرفتند [۳, ۱۷].

۲-۵-اندازه‌گیری pH

برای تعیین میزان pH، ۱۰ گرم از هر نمونه برگر با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر هموژن گردید و سپس با استفاده از دستگاه pH متر کالیبره شده، میزان pH برگرها در دمای اتاق قرائت شد [۱۹].

۲-٦-اندازه‌گیری میزان کل بازهای ازته فرار

برای این منظور، ۱۰ گرم نمونه و ۲ گرم اکسید منیزیم به همراه ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به داخل بالن کجلدال انتقال داده شده و به بالن حرارت داده شد. در انتهای سیستم کجلدال یک ارلن مایر (۲۵۰ میلی‌لیتری) حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید بوریک ۲ ٪ و چند قطره معرف متیل‌رد قرار گرفت. عمل تقطیر از زمان جوشش مواد داخل بالن، تا حدود ٤۵ دقیقه ادامه یافت و حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر مایع جمع گردید. عمل تیتراسیون تا زمان ظهور رنگ قرمز توسط اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال ادامه یافت. میزان بازهای ازته فرار برگرها در آخر با استفاده از رابطه (بازهای فرار ازته کل = حجم اسید مصرفی × ١٤) به دست آمد و بر حسب میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم گزارش شد [۲۰].

۲-۷-اندازه‌گیری اندیس پراکسید و اسید تیوباربیتوریک

برای اندازه‌گیری لندیس پراکسید برگرها از روش ارائه شده توسط هاشمی و همکاران (۲۰۲۳) [۱۷] و برای اندازه‌گیری لندیس اسید تیوباربیتوریک برگرها از روش ارائه شده رومیانی و شماعی (۲۰۲۱) استفاده شد [۲۱].

۲-۸-شمارش کلی باکتری‌های زنده

ابتدا ۱۰ گرم از نمونه برگر با ۹۰ گرم سرم فیزیولوژی استریل (محلول حاوی ۰/۱ درصد کلرید سدیم) مخلوط شد و سپس توسط دستگاه استومیکر به مدت ۲ دقیقه هموژن گردید و از این سوسپانسیون، سری رقت‌های مختلف تهیه شدند. برای شمارش کلی باکتری‌های زنده از محیط کشت پلیت‌کانت آگار و روش کشت سطحی و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت استفاده شد [۲۲].

۲-۹-روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون ها با سه بار تکرار انجام شدند. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS 22.0 و طرح آماری تجزیه واریانس ANOVA استفاده شد. برای بیان اختلافات معنی‌دار بین نمونه‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده گردید. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شدند.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-مشخصات نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی

مشخصات نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی تهیه شده توسط ترکیب صمغ عربی و ایزوله پروتئین سویا و با استفاده از

1 - Poly Dispersity Index

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

خشک‌کن انجمادی تعیین گردید. اندازه ذرات، شاخص PDI، پتانسیل زتا و کارآیی ریزپوشانی نانوکپسول تولیدی به ترتیب ۲۹۷/٤ nm، ۰/۳۲۸، ۳۲/۱۷ mV و ۸۷/۲٤ ٪ بود. پتانسیل زتا بیانگر وجود نیروهای دافعه بین قطرات می‌باشد و میزان تمایل قطرات را به تجمع نشان می‌دهد. هرچه میزان پتانسیل ذرات بالاتر باشد نیروهای دافعه بین آن‌ها بیشتر بوده و تمایل کمتری به تجمع از خود نشان می‌دهد [۲۳]. با توجه به میزان پتانسیل زتا، نانوذرات تولیدی در این پژوهش پایدار بوده و تمایل کمی به تجمع از خود نشان دادند. شاخص پراکندگی ذرات یا PDI معمولاً برای تعیین توزیع اندازه ذرات در سوسپانسیون استفاده می‌شود. شاخص PDI کوچکتر، توزیع اندازه ذرات همگن‌تر را بیان می‌کند و بنابراین نشان‌دهنده یکنواختی مطلوب در قطر است [۲٤]. با توجه به شاخص PDI نانوذرات تولیدی در این پژوهش می‌توان دریافت که این نانوذرات دارای توزیع اندازه ذرات همگنی هستند و پایدار می‌باشند. نانوذرات اسانس نعناع فلفلی همچنین کارآیی ریزپوشانی بالایی داشتند. راج‌کومار و همکاران (۲۰۲۰)، به توسعه اسانس نعناع فلفلی ریزپوشانی شده در نانوذرات کیتوزان پرداختند و نشان دادند که نانوذرات تولیدی دارای اندازه کمتر از ٥٦۳/۳ نانومتر، پتانسیل زتای ۱۲/۱۲ mV-، کارآیی ریزپوشانی بیشتر از ٦٤ ٪ و ظرفیت بارگزاری بیشتر از ۱۲/۳۱ ٪ بودند [۲٥].

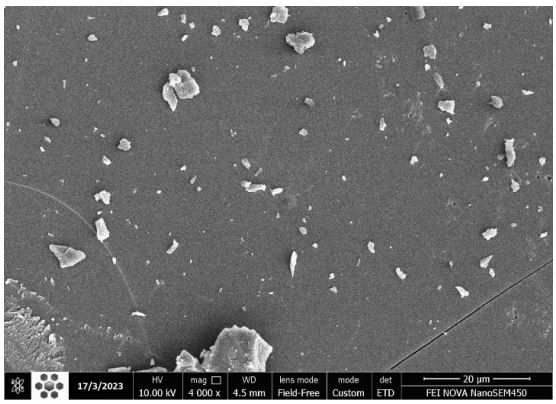

Fig 1. SEM image of encapsulated peppermint

شتا و همکاران (۲۰۱۹)، به ریزپوشانی اسانس‌های نعناع فلفلی و چای سبز در نانوذرات کیتوزان به روش امولسیفیکاسیون/ژل‌سازی یونی پرداختند و مشاهده نمودند که هر دو سیستم نانوذرات دارای شکل کروی و میانگین اندازه ذرات در محدوده ٦۰-۲۰ نانومتر بودند [۲٦]. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی تولیدی در شکل ۱ نشان داده شده است. نانوکپسول‌های تولیدی دارای شکل غیریکنواخت و نامتقارن بودند و همانطوری که انتظار می‌رفت، تجمع در این نانوذرات به علت پایداری مطلوب، مشاهده نشد. غیریکنواخت بودن شکل ذرات تهیه شده توسط خشک‌کن انجمادی توسط محققین پیشین نیز گزارش شده است [۲٤, ۲۷].

۳-۲-تغییرات pH برگ ماهی

نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مورد بررسی (سطوح مختلف نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی) و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان بر مقادیر pH برگرهای ماهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). تغییرات مقادیر میانگین pH تیمارهای مختلف برگرهای ماهی طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سانتیگراد در شکل ۱a نشان داده شده است. در ابتدای دوره نگهداری بین مقادیر pH تیمارهای مختلف برگر ماهی اختلاف آماری معنی‌داری ($p>0.05$) وجود نداشت و افزودن سطوح مختلف نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی در این روز تأثیر معنی‌داری بر pH برگرهای ماهی نشان نداد ($p>0.05$) و مقادیر pH تیمارها در روز اول در محدوده ٦/٥٥-٦/٥٤ قرار داشت. طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال، مقادیر pH تیمارهای برگر به طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت که این افزایش به دلیل فعالیت باکتری‌ها، به ویژه سرمادوست‌هاست که از طریق تخریب پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه موجب تولید ترکیبات قلیایی نظیر آمونیاک می‌گردند. در نمونه شاهد به دلیل رشد میکروبی بالاتر، طی زمان نگهداری افزایش بیشتری در میزان pH مشاهده گردید و با افزایش سطح نانوکپسول‌ها از ۰/۰٥ به ۰/۱٥ ٪، به دلیل افزایش فعالیت ضدمیکروبی، افزایش pH طی زمان با سرعت کمتری در مقایسه با شاهد رخ داد. در پایان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

دوره نگهداری (روز ۱۲)، نمونه شاهد دارای بیشترین میزان pH بود (۷/۱۳) و کمترین میزان pH در برگر حاوی ۰/۱۵ درصد نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی به دست آمد (۶/۷۵). حسنی و همکاران (۲۰۲۰) نیز در راستای نتایج پژوهش حاضر گزارش کردند که افزودن اسانس‌های ریزپوشانی شده لیمو تأثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر pH برگر ماهی نداشت و طی زمان نگهداری نیز کاهش در میزان pH برگرها مشاهده گردید. اسانس ریزپوشانی شده، سرعت تغییرات pH برگرها را در مقایسه با شاهد کاهش داد [۳]. هاشمی و همکاران (۲۰۲۳) افزایش pH برگرهای ماهی طی دوره نگهداری گزارش کردند و این افزایش را به تولید بازهای فرار نیتروژنه نسبت دادند. اسانس ریزپوشانی شده زنیان به خوبی توانست سرعت افزایش pH در برگرهای ماهی را در مقایسه با شاهد کاهش دهد [۱۷]. سوجیک و همکاران[2] (۲۰۲۰) نیز عدم تأثیر معنی‌دار افزودن اسانس نعناع فلفلی بر pH سوسیس‌ها گوشت خوک را گزارش کردند [۲۸]. در تحقیق دیگری نیز مشاهده گردید که با تلفیق اسانس رازیانه به فرمولاسیون برگر ماهی، میزان تولید ترکیبات قلیایی کاهش یافته و بنابراین شدت افزایش pH در برگرهای ماهی طی دوره نگهداری در یخچال کاهش پیدا کرد [۲۹].

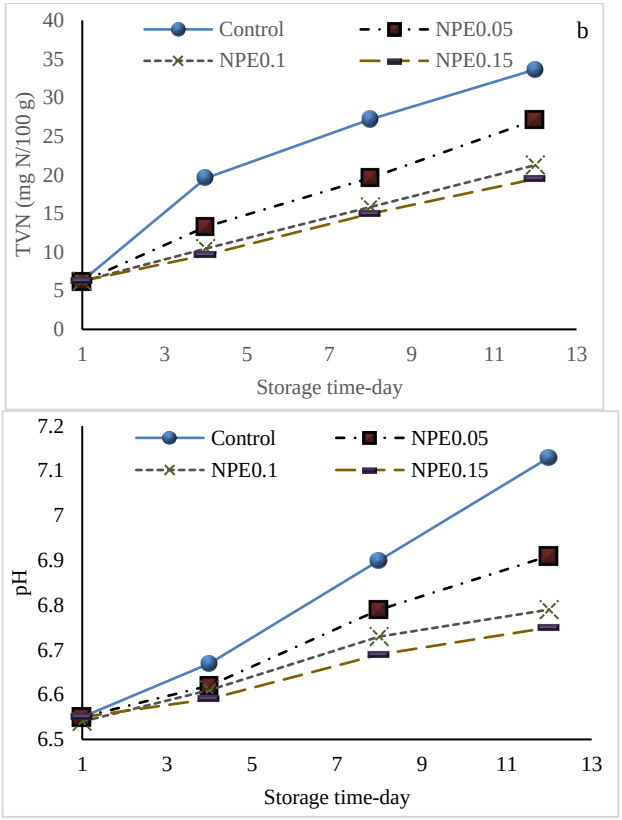

Fig 1. Change in pH (a) or TVN (b) of rainbow salmon burgers during storage at 4°C. Control: sample (no additive); NPE0.05, NPE0.1, and NPE0.15: sample containing 0.05, 0.1, and 0.15 of encapsulated peppermint essential oil.

۳-۳-تغییرات بازهای ازته فرار

آزمون بازهای ازته فرار برای اندازه‌گیری ترکیبات ازته تولید شده در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها طی دوره نگهداری به کار می‌رود. تری‌متیل‌آمین‌ها در اثر فعالیت باکتری‌های مولد فساد ایجاد می‌شوند، دی‌متیل‌آمین‌ها توسط فعالیت آنزیم‌های اتولیتیک که به طور طبیعی در گوشت حضور دارند تولید می‌گردند و آمونیاک‌ها در اثر کاتابولیسم نوکلئوتیدها و دآمیناسیون اسیدهای آمینه ایجاد می‌گردند. به طور کلی، تولید ترکیبات فرار نیتروژنه، در ارتباط با توسعه فساد

2- Šojić *et al.*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

محصولات غذایی پروتئینی می‌باشد [۳۰]. نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مورد بررسی (سطوح مختلف نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی) و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان بر مقادیر بازهای ازته فرار برگرهای ماهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). تغییرات میانگین مقادیر بازهای ازته فرار تیمارهای مختلف برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در شکل ۱b نشان داده شده است. در ابتدای دوره نگهداری بین مقادیر بازهای ازته فرار تیمارهای مختلف برگر ماهی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و مقادیر بازهای ازته فرار تیمارها در روز اول در محدوده ٦/٢٩–٦/١٨ میلی‌گرم نیتروژن/١٠٠ گرم قرار داشت. طی دوره نگهداری، مقادیر بازهای ازته فرار تیمارهای برگر به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$) که مرتبط با برخی واکنش‌ها نظیر تخریب نوکلئوتیدها، اکسیداسیون آمین‌ها، فعالیت میکروبی و دآمیناسیون اسیدهای آمینه آزاد می‌باشد [۳۱].

در نمونه شاهد به دلیل رشد میکروبی بالاتر، طی زمان نگهداری افزایش بیشتری در مقادیر بازهای ازته فرار مشاهده گردید. در روز آخر نگهداری (روز دوازدهم)، نمونه شاهد دارای بیشترین مقادیر بازهای ازته فرار بود (٣٣/٦٥ میلی‌گرم نیتروژن/١٠٠ گرم) و با افزایش سطح نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی در برگرها، مقادیر بازهای ازته فرار به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$)، به طوریکه در روز آخر کمترین مقادیر بازهای ازته فرار در برگر حاوی ۰/۱۵ ٪ نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی به دست آمد (١٩/٤٩ میلی‌گرم نیتروژن/١٠٠ گرم). به طور کلی نمونه شاهد دارای بیشترین مقادیر بازهای ازته فرار بود و از آنجایی که مقادیر بازهای ازته فرار در ارتباط با فساد و رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد و اسانس نعناع فلفلی به عنوان یک ترکیب ضدمیکروبی طبیعی معرفی شده است [۲۸]، بنابراین افزودن نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی به فرمولاسیون برگر ماهی منجر به کاهش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد و تولید مقادیر کمتر ترکیبات نیتروژنه در برگرها در مقایسه با شاهد گردید. با افزایش سطح نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی از ۰/۰۵ به ۱/۵ درصد در برگرها نیز مقادیر بازهای ازته فرار به دلیل افزایش سطح ترکیبات فعال و در نتیجه افزایش فعالیت ضدمیکروبی، به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$). در تحقیق حسنی و همکاران (۲۰۲۰) نیز به طور موافق با نتایج پژوهش حاضر، طی زمان نگهداری ۱۸ دوره مقادیر بازهای ازته فرار برگرهای ماهی افزایش یافت، ولی استفاده از اسانس لیموی ریزپوشانی شده توانست موجب کاهش سرعت تولید بازهای فرار نیتروژنه در برگرها گردد [۳]. پوریوسف و همکاران (۲۰۲۲) نیز در تحقیق خود نشان دادند که اسانس پونه در فرم آزاد و به ویژه در فرم نانولیپوزوم، توانست با کاهش بار میکروبی ماهی چرخ‌شده طی دوره نگهداری، سرعت افزایش مقادیر بازهای ازته فرار در ماهی‌ها را در مقایسه با شاهد به طور قابل توجهی کاهش دهد [۳۲]. به طور کلی، مقادیر بازهای ازته فرار در محدوده ۲۰–۵ میلی‌گرم نیتروژن/١٠٠ گرم برای ماهی تازه و مقادیر حداکثری ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن/١٠٠ گرم برای مصرف انسان مجاز می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقادیر بازهای ازته فرار نمونه شاهد در روز آخر نگهداری بالاتر از حد تعیین شده بود، ولی سایر تیمارها تا روز آخر نگهداری دارای مقادیر بازهای ازته فرار کمتر از ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن/١٠٠ گرم بودند.

۳-٤-تغییرات اندیس پراکسید

اکسیداسیون چربی‌ها یکی از فاکتورهای کلیدی مؤثر بر کیفیت و عمر ماندگاری محصولات گوشتی می‌باشد. این واکنش شیمیایی موجب توسعه رنگ و طعم نامطلوب و همچنین بوی رنسیدیته (تندی) در محصولات می‌گردد [۳۳]. اندیس پراکسید شاخصی است که برای اندازه‌گیری محصولات اولیه اکسیداسیون چربی‌ها (هیدروپراکسیدها) به کار می‌رود. نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مورد بررسی (سطوح مختلف

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی) و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان بر مقادیر اندیس پراکسید برگرهای ماهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). تغییرات میانگین مقادیر اندیس پراکسید تیمارهای مختلف برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲a نشان داده شده است. در ابتدای دوره نگهداری بین مقادیر اندیس پراکسید تیمارهای مختلف برگر ماهی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و مقادیر اندیس پراکسید تیمارها در روز اول در محدوده ۰/۷۸-۰/۷۳ میلی اکی والان بر کیلوگرم قرار داشت. طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال، مقادیر لندیس پراکسید تیمارهای برگر به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$). در نمونه شاهد به دلیل شدت بالاتر اکسیداسیون چربی‌ها به دلیل عدم استفاده از آنتی اکسیدان، طی زمان نگهداری افزایش بیشتری در میزان اندیس پراکسید مشاهده گردید. در روز آخر نگهداری (روز دوازدهم)، نمونه شاهد دارای بیشترین میزان اندیس پراکسید بود (٦/۲۱ میلی اکی والان بر کیلوگرم) و با افزایش سطح نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی در برگرها، مقادیر اندیس پراکسید به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$)، به طوریکه در روز آخر کمترین میزان اندیس پراکسید در برگر حاوی ۰/۱۵ درصد نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی به دست آمد (۲/۳٤ میلی اکی والان بر کیلوگرم). در اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به طور کلی ترکیبات زیست‌فعال مختلف به ویژه ترکیبات پلی‌فنولی حضور دارند که دارای گروه‌های هیدروکسیل در ساختار خود می‌باشند، و بنابراین با اهدای هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و مهار و خنثی سازی این رادیکال‌های فعال، موجب کاهش سرعت اکسیداسیون چربی‌ها می‌گردند. حسنی و همکاران (۲۰۲۰) به طور موافق دریافتند که طی دوره نگهداری ۱۲ روزه، اندیس پراکسید برگرهای ماهی به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی میزان آن همواره در برگرهای حاوی اسانس ریزپوشانی شده‌ی لیمو به طور قابل توجهی کمتر از شاهد بود [۳].

کائور و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که اسانس نعناع فلفلی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی در محصولات گوشتی بود و بنابراین امکان استفاده به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی را داراست [۳٤]. در تحقیق انجام گرفته توسط شتا و همکاران (۲۰۱۹) نیز فعالیت آنتی اکسیدانی بالای نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی گزارش گردید و فعالیت اسانس ریزپوشانی شده دو برابر بیشتر از اسانس آزاد بود. از آنجایی که در اسانس‌های ریزپوشانی شده رهایش به صورت تدریجی و کنترل شده صورت می‌گیرد، بنابراین ترکیبات زیست‌فعال بهتر حفظ می‌گردند و فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس طی دوره نگهداری قوی‌تر خواهد بود [۲٦]. حداکثر میزان قابل قبول برای اندیس پراکسید محصولات گوشتی، ۵ تعیین شده است. در پژوهش حاضر نمونه شاهد از روز هشتم به بعد و در نمونه حاوی ۰/۰۵ درصد نانوکپسول اسانس نعناع از روز دوازدهم به بعد، میزان اندیس پراکسید بیشتر از حد تعیین شده بود.

۳-۵-تغییرات اندیس تیوباربیتوریک اسید

نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مورد بررسی (سطوح مختلف نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی) و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان بر مقادیر اندیس اسیدتیوباربیتوریک برگرهای ماهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). تغییرات میانگین مقادیر اندیس اسیدتیوباربیتوریک تیمارهای مختلف برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲b نشان داده شده است. در ابتدای دوره نگهداری بین مقادیر لندیس اسیدتیوباربیتوریک تیمارهای مختلف برگر ماهی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و مقادیر اندیس اسیدتیوباربیتوریک تیمارها در روز اول در محدوده ۰/۳۹۳-۰/۳۸۲ میلی‌گرم مالون‌دی آلدئید بر کیلوگرم قرار داشت. طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال، مقادیر اندیس اسیدتیوباربیتوریک تیمارهای برگر به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$). در نمونه شاهد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

به دلیل سرعت بالاتر اکسیداسیون چربی‌ها، طی زمان نگهداری افزایش بیشتری در میزان اندیس اسیدتیوباربیتوریک مشاهده گردید. در روز آخر نگهداری (روز دوازدهم)، نمونه شاهد دارای بیشترین میزان اندیس اسیدتیوباربیتوریک بود (۲/٤٤٦ میلی‌گرم مالوندی آلدئید بر کیلوگرم) و با افزایش سطح نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی در برگرها، مقادیر اندیس اسیدتیوباربیتوریک به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$)، به طوری که در روز آخر کمترین میزان اندیس اسیدتیوباربیتوریک در برگر حاوی ۰/۱۵ درصد نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی به دست آمد (۰/۹۸۲ میلی‌گرم مالوندی آلدئید بر کیلوگرم).

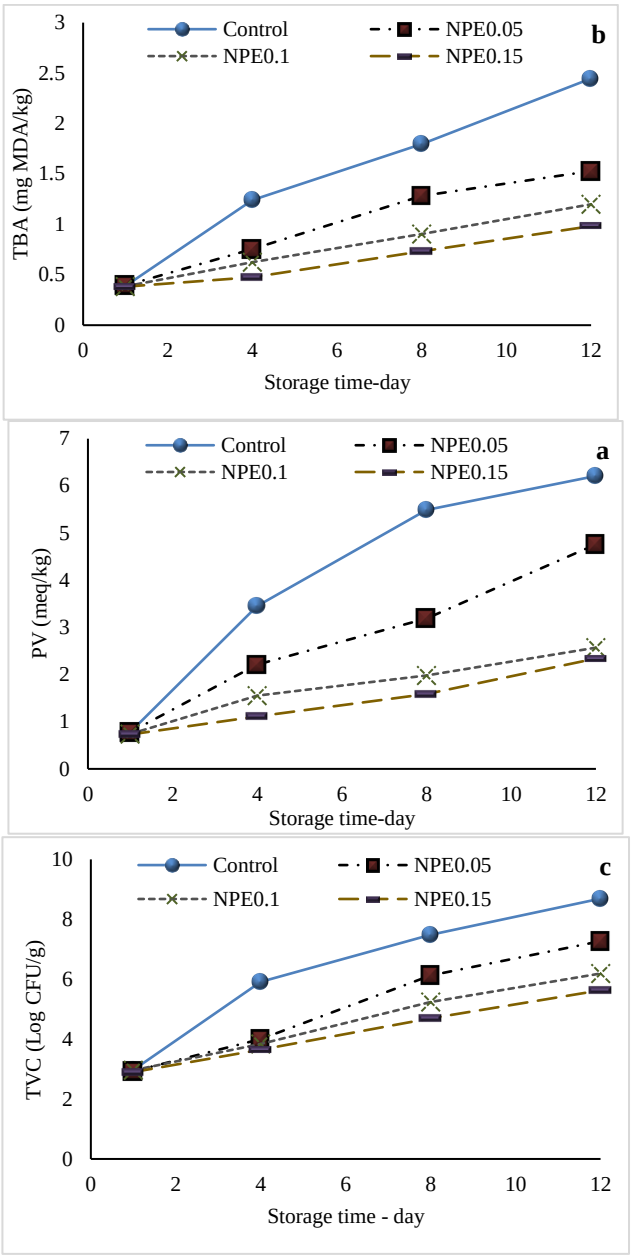

Fig 2. Change in PV (a), TBA (b) and TVC (c) of rainbow salmon burgers during 12-day storage at 4°C. Control: sample (no additive); NPE0.05, NPE0.1, and NPE0.15: sample containing 0.05, 0.1, and 0.15 of encapsulated peppermint.

هیدروپراکسیدها محصولات اولیه فرآیند اکسیداسیون چربی‌ها به شمار می‌آیند که بی‌بو هستند. ولی تخریب هیدروپراکسیدها و تبدیل آن‌ها به محصولات ثانویه از جمله ترکیبات کربونیلی، فوران‌ها، هیدروکربن‌ها و غیره موجب ایجاد بو و طعم رنسیدیته در محصول می‌گردد که ایجاد این ویژگی‌های ارگانولپتیکی نامطلوب نشان‌دهنده

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

فساد ماده غذایی است. لندیس تیوباربیتوریک اسید شناساگری پرکاربرد برای نمایش میزان اکسیداسیون چربی‌ها در محصولات غذایی می‌باشد [۱۷].

محققین اظهار داشتند که ترپنوئیدها مسئول فعالیت زیستی اسانس نعناع فلفلی هستند و حضور منتول و ۸،۱-سینئول نیز دلیلی دیگری برای فعالیت آنتی اکسیدانی بالای اسانس نعناع فلفلی می‌باشد[۳۵]. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط سایر محققین برای افزودن اسانس نعناع فلفلی به فرمولاسیون سوسیس گوشت خوک ، نانوکپسول‌های اسانس لیمو، اسانس‌های زنجبیل و اسانس ریزپوشانی شده زنیان در برگرهای ماهی و اسانس پونه آزاد و نانوریزپوشانی شده بر اکسیداسیون چربی‌ها در گوشت چرخ شده ماهی مطابقت دارد [۱۷, ۲٤, ۲۸]. در تحقیقات پیشین، حداکثر میزان قابل قبول برای اندیس اسیدتیوباربیتوریک گوشت و محصولات گوشتی، ۲ میلی‌گرم مالوندی آلدئید بر کیلوگرم تعیین شده است [۳٦]. در پژوهش حاضر نمونه شاهد از روز هشتم به بعد و در نمونه حاوی ۰/۰۵ درصد نانوکسپول اسانس نعناع از روز دوازدهم به بعد، میزان اندیس اسیدتیوباربیتوریک بیشتر از حد تعیین شده بود.

۳-٦-تغییرات شمارش کلی باکتری‌ها

نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مورد بررسی (سطوح مختلف نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی) و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان بر شمارش کلی باکتریایی برگرهای ماهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). تغییرات میانگین شمارش کلی باکتریایی تیمارهای مختلف برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲c نشان داده شده است. در ابتدای دوره نگهداری بین شمارش کلی باکتریایی تیمارهای مختلف برگر ماهی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و شمارش کلی باکتریایی تیمارها در روز اول در محدوده ۹۰/۹۷-۲/۲ Log CFU/g قرار داشت. طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال، شمارش کلی باکتریایی تیمارهای برگر در اثر رشد و تکثیر باکتری‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$). در نمونه شاهد به دلیل شدت بالاتر رشد و تکثیر باکتری‌ها به دلیل عدم استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی، طی زمان نگهداری افزایش بیشتری در شمارش کلی باکتریایی مشاهده گردید. در روز آخر نگهداری (روز دوازدهم)، نمونه شاهد دارای بیشترین شمارش کلی باکتریایی بود (۸/٦۹ Log CFUg) و با افزایش سطح نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی در برگرها، شمارش کلی باکتریایی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$)، به طوریکه در روز آخر کمترین شمارش کلی باکتریایی در برگر حاوی ۰/۱۵ درصد نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی به دست آمد (۵/٦۳ Log CFUg). این نتایج با نتایج سایر محققین مطابقت دارد [۱۷, ۲٤, ۲۸].

٤-نتیجه گیری

در این پژوهش تأثیر اسانس نعناع فلفلی ریزپوشانی شده در دیواره ترکیبی صمغ عربی و ایزوله پروتئین سویا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که در ابتدای دوره نگهداری، افزودن نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی تأثیر معنی‌داری بر مقادیر pH، بازهای ازته فرار، اندیس‌های پراکسید و اسید تیوباربیتوریک، سفتی بافت و شمار کلی باکتری‌های برگر ماهی نداشت. اما با گذشت زمان تمام پارامترهای مورد بررسی افزایش یافت. در نمونه شاهد که از هیچ افزودنی نگهدارنده استفاده نشده بود، بالاترین سرعت رشد باکتری‌ها و همچنین اکسیداسیون چربی‌ها و تغییرات pH مشاهده شد. افزودن نانوکپسول‌های اسانس نعناع فلفلی و افزایش سطح آن از ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ ٪ در تیمارهای برگر ماهی، موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدلنی و ضدمیکروبی شد و رشد میکروارگانیسم‌ها و اکسیداسیون چربی‌ها را به طور قابل توجهی به تأخیر انداخت. نتایج این پژوهش استفاده از سطح ۰/۱۵ ٪ نانوکپسول اسانس نعناع فلفلی جهت بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی برگر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

ماهی طی دوره نگهداری در دمای یخچال را پیشـــنهاد می‌نماید.

٦-منابع

[1] Li, L., et al., *Fast food consumption among young adolescents aged 12–15 years in 54 low-and middle-income countries.* Global health action, 2020. **13**(1): p. 1795438.

[2]Pachekrepapol, U., M. Thangrattana, and A. Kitikangsadan, *Impact of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) on chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of fish burger prepared from salmon and striped catfish filleting by-product.* International Journal of Gastronomy and Food Science, 2022. **30**: p. 100598.

[3] Hasani, S ,et al., *Nano-encapsulation of lemon essential oil approach to reducing the oxidation process in fish burger during refrigerated storage.* Journal of Food Biosciences and Technology, 2020. **10**(1): p. 35-46.

[4]Aspevik, T., et al., *Sensory and chemical properties of protein hydrolysates based on mackerel (Scomber scombrus) and salmon (Salmo salar) side stream materials.* Journal of Aquatic Food Product Technology, 2021. **30**(2): p. 176-187.

[5] Cardoso-Ugarte, G.A. and M.E. Sosa-Morales, *Essential oils from herbs and spices as natural antioxidants: Diversity of promising food applications in the past decade.* Food Reviews International, 2022. **38**(sup1): p. 403-433.

[6] Asdagh, A. and S. Pirsa, *Bacterial and oxidative control of local butter with smart/active film based on pectin/nanoclay/Carum copticum essential oils/β-carotene.* International Journal of Biological Macromolecules, 2020. **165**: p. 156-168.

[7] Safiaghdam, M., A. Alizadeh, and M. Soofi, *Investigating the effect of peppermint essential oil and malva sylvestris extract as a natural preservatives on the quality and antioxidant properties of mayonnaise sauce.* Journal of food science and technology (Iran), 2021. **18**(114): p. 147-158.

[8] Zhao, H., et al., *Peppermint essential oil: Its phytochemistry, biological activity, pharmacological effect and application.* Biomedicine & Pharmacotherapy, 2022. **154**: p. 113559.

[9] Yang, T., et al., *Essential-oil capsule preparation and its application in food preservation: A review.* Food Reviews International, 2023. **39**(7): p.٤١٥٨-٤١٢٤ .

[10] Hosseini, A., et al., *Application of image processing to assess emulsion stability and emulsification properties of Arabic gum.* Carbohydrate polymers, 2015. **126**: p. 1-8.

[11] Nishinari, K., et al., *Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification.* Food hydrocolloids, 2014. **39**: p. 301-318.

[12] Mansour, M., M. Salah, and X. Xu, *Effect of microencapsulation using soy protein isolate and gum arabic as wall material on red raspberry anthocyanin stability, characterization, and simulated gastrointestinal conditions.* Ultrasonics sonochemistry, 2020. **63**: p. 104927.

[13] Oun, A.A., et al., *Comparative study of oregano essential oil encapsulated in halloysite nanotubes and diatomaceous earth as antimicrobial and antioxidant composites.* Applied Clay Science, 2022. **224**: p. 106522.

[14] Hussain, A., et al., *Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (Cucurbita maxima).* Journal of Food Processing and Preservation, 2 ٠٢١p. e15542.

[15] Carbone, C., et al., *Mediterranean essential oils as precious matrix components and active ingredients of lipid nanoparticles.* International Journal of Pharmaceutics, 2018. **548**(1): p. 217-226.

[16] Razavi, R. and R.E. Kenari, *Antioxidant evaluation of Fumaria parviflora L. extract loaded nanocapsules obtained by green extraction methods in oxidative stability of sunflower oil.* Journal of Food Measurement and Characterization, 2021: p. 1-10.

[17] Hashemi, M., et al., *Impact of alginate coating combined with free and nanoencapsulated Carum copticum essential oil on rainbow trout burgers.* Food Science & Nutrition, 2023. **11**(3): p. 1521-1530.

[18] Dehghan, B., R. Esmaeilzadeh Kenari, and Z. Raftani Amiri, *Nano-encapsulation of orange peel essential oil in native gums (Lepidium sativum and Lepidium perfoliatum): Improving oxidative stability of soybean oil.* Journal of Food Processing and Preservation, 2020. **44**(11): p. e14889.

[19] Homayonpour, P., et al., *Effects of nano-chitosan coatings incorporating with free/nano-encapsulated cumin (Cuminum cyminum L.) essential oil on quality characteristics of sardine fillet.* International Journal of Food Microbiology, 2021. **341**: p. 109047.

[20] Cai, J., et al., *Determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content and Warner–Bratzler shear force (WBSF) in pork using Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy.* Food Chemistry, 2011. **126**(3): p. 1354-1360.

[21] Roomiani, L. and F. Shamaei, *Prediction of Litopenaeus vannamei under the influence of Peppermint (Mentha piperita) essential oil, temperature and storage by response surface*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

methodology. Journal of Fisheries, 2021. **74**(3): p. 417-430.

[22] Michalczyk, M., et al., *Effect of adding essential oils of coriander (Coriandrum sativum L.) and hyssop (Hyssopus officinalis L.) on the shelf life of ground beef.* Meat science, 2012. **90**(3): p. 842-850.

[23] Xavier, L.O., et al., *Chitosan packaging functionalized with Cinnamodendron dinisii essential oil loaded zein: A proposal for meat conservation* .

International journal of biological macromolecules, 2021. **169**: p. 183-193.

[24] Hassani, M. and S. Hasani, *Nano-encapsulation of thyme essential oil in chitosan-Arabic gum system: evaluation of its antioxidant and antimicrobial properties.* Trends in Phytochemical Research, 2018. **2**(2): p. 75-82.

[25] Rajkumar, V., et al., *Development of encapsulated peppermint essential oil in chitosan nanoparticles: Characterization and biological efficacy against stored-grain pest control.* Pesticide Biochemistry and Physiology, 2020. **170**: p. 104679.

[26] Shetta, A., J. Kegere, and W. Mamdouh, *Comparative study of encapsulated peppermint and green tea essential oils in chitosan nanoparticles: Encapsulation, thermal stability, in-vitro release, antioxidant and antibacterial activities.* International Journal of Biological Macromolecules, 2019. **126**: p. 731-742.

[27] Parvez, S., I.A. Wani, and F. Masoodi, *Nanoencapsulation of green tea extract using maltodextrin and its characterisation.* Food Chemistry, 2022. **384**: p. 132579.

[28] Šojić, B., et al., *Tomato pomace extract and organic peppermint essential oil as effective sodium nitrite replacement in cooked pork sausages.* Food Chemistry, 2020. **330**: p. 127202.

[29] Rico, D., et al., *Use of sea fennel as a natural ingredient of edible films for extending the shelf life of fresh fish burgers.* Molecules, 2020. **25**(22): p. 5260.

[30] Li, P.-H. and B.-H. Chiang, *Process optimization and stability of D-limonene-in-water nanoemulsions prepared by ultrasonic emulsification using response surface methodology.* Ultrasonics sonochemistry, 2012. **19**(1): p. 192-197.

[31] Tometri, S.S., et al., *Extraction and encapsulation of Laurus nobilis leaf extract with nano-liposome and its effect on oxidative, microbial, bacterial and sensory properties of minced beef.* Journal of Food Measurement and Characterization, 2020: p. 1-12.

[32] Pouryousef, N., et al., *The effects of essential oil Mentha pulegium L. and nisin (free and nanoliposome forms) on inoculated bacterial in minced silver carp fish (Hypophthalmichthys molitrix).* Journal of Food Measurement and Characterization, 2022. **16**(5): p. 3935-3945.

[33] Sucu, C. and G.Y. Turp, *The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative.* Meat science, 2018. **1** ;٤٠p. 158-166.

[34] Kaur, P., et al., *Antimicrobial, antioxidant and antibiofilm potential of peppermint (Mentha piperita) essential oil for application in meat products.* Journal of Animal Research, 2020. **10**(1): p. 33-40.

[35] Gharib, F. and J.T. da Silva ,*Composition, total phenolic content and antioxidant activity of the essential oil of four Lamiaceae herbs.* Medicinal and aromatic plant science and biotechnology, 2013. **7**(1): p. 19-27.

[36] Vergara, H., A. Cózar, and N. Rubio, *Effect of adding of different forms of oregano (Origanum vulgare) on lamb meat burgers quality during the storage time.* CyTA-Journal of Food, 2020. **18**(1): p. 535-542.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of nano-encapsulated peppermint essential oil on shelf life of rainbow trout fish burger during storage

Malihe Shirvash, Ali Najafi*

Department of Food Science and Technology, Production of Herbal Medicines Research Center, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2024/2/5
Accepted:2024/4/9

Keywords:

Fish burger,

Nanoencapsulation,

Peppermint essential oil,

Preservative,

Spoilage

DOI: **10.22034/FSCT.21.152.94.**

*Corresponding Author E-najafiali2002@gmail.com

ABSTRACT

Today, due to the high nutritional value of fish, consumers' interest in using ready-to-eat foods based on fish is increasing worldwide. However, due to the presence of high amounts of protein and polyunsaturated fatty acids, aquatic products are highly sensitive to oxidation and the growth of microorganisms. The purpose of this research was to investigate the possibility of delaying oxidative and microbial spoilage and maintaining the quality and safety of rainbow salmon burgers during the storage period in the refrigerator using nano-encapsulated peppermint essential oil. Peppermint essential oil was nanoencapsulated by using a combination of gum arabic and soy protein isolate. Then it was added to the fish burger formulation at the levels of 0, 0.05, 0.1 and 0.15%. The values of pH, total volatile nitrogen bases (TVN), peroxide indices (PV) and thiobarbituric acid (TBA), and total count of bacteria were tested during the 12-day storage period at 4°C. Particle size, PDI index, zeta potential and microencapsulation efficiency of peppermint essential oil nanocapsules were 297.4 nm, 0.328 nm, -32.17 mV and 87.24%, respectively. During the storage period, pH, TVB-N, PV and TBA values of burgers increased. Peppermint essential oil nanocapsules showed significant antioxidant and antimicrobial activity and reduced the rate of fat oxidation and bacterial growth in fish burgers. There was a positive correlation between the concentration of essential oil nanocapsules and its antioxidant and antimicrobial activity. The greatest effect of inhibiting the growth of bacteria and reducing the rate of oxidation of fats was observed in the burger containing 0.15% nanocapsules. The results of this research suggest the use of peppermint essential oil nanocapsules at a concentration of 0.15% in order to maintain quality, reduce the rate of oxidation and microbial spoilage in fish burgers.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.152.94]