مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

اثر پوشش خوراکی فعال بر پایه نشاسته حاوی اسانس سیر و پوست لیموترش روی خصوصیات فیله ماهی شیر

سپیده رحمانی[1*]، هوشنگ نیکوپور[2]، انوشه شریفان[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۰/۰۴/ ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

کلمات کلیدی:

اسانس پوست لیموترش،

اسانس سیر،

ماهی شیر،

نشاسته.

DOI: 10.52547/fsct.18.120.13

DOR:20.1001.1.20088787.1400.18.120.13.5

مسئول مکاتبات:

sepidehrahmani83@yahoo.com

چکیده

هدف از این مطالعه ارزیابی اثر پوشش خوراکی فعال برپایه نشاسته حاوی اسانس‌های سیر و پوست لیموترش با سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد به عنوان نگهدارنده طبیعی به منظور حفظ کیفیت میکروبی فیله ماهی شیر در طول ۱۲ روز نگهداری در دمای ٤ درجه سلسیوس می‌باشد. تاثیر نسبی پوشش نشاسته‌ای فعال بر روی pH، اندیس پراکسید (PV)، اسید تیوباربیتوریک (TBA)، پارامترهای رنگی (L*، a و b)، خصوصیات میکروبی (شمارش کلی سلول‌های زنده، باکتری‌های سرمادوست، *سودوموناس فلوئورسنس* و *اشریشیا کلای* O157: H7) و خصوصیات حسی فیله‌های پوشش داده شده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند استفاده از پوشش منجر به کاهش تغییرات pH، کاهش شاخص L* و افزایش شاخص b در فیله‌های ماهی شیر در طول دوره نگهداری شد. اگرچه در طول دوره نگهداری نمونه‌های تیمار شده با سطوح بالاتر اسانس‌ها دارای تغییرات رنگی کمتری بودند. آنالیز پایداری اکسیداتیو نشان داد که شاخص‌هایPVو TBAبا افزایش سطح اسانس‌ها و زمان نگهداری به ترتیب کاهش و افزایش یافت. به علاوه، شاخص‌های میکروبی مورد آزمون در همه نمونه‌ها در طول دوره نگهداری افزایش یافتند. همچنین، با افزایش غلظت اسانس‌ها و زمان نگهداری رشد میکروارگانیسم‌ها به ترتیب کاهش و افزایش یافت. بر مبنای ارزیابی حسی مشخص شد که با استفاده از سطوح بالای اسانس‌ها امتیاز پارامترهای حسی افزایش می‌یابند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از ۳ درصد اسانس سیر به عنوان نگهدارنده طبیعی در ساختار پوشش فعال خوراکی با پایه نشاسته منجر به خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی مطلوب در فیله‌های ماهی شیر می‌شود.

۱- مقدمه

ماهی شیر[1] جز خانواده اسکومبروئید[2] است و یکی از گونه‌های با ارزش و بومی استان بوشهر است که به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین در این منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد.زمان صید تا شروع فساد، دوره تازگی ماهی محسوب می‌شود. در پایان دوره تازگی متابولیت‌های فساد به حدی می‌رسند که ماهی، فاسد و غیرقابل مصرف می‌گردد. به همین دلیل، حفظ وضعیت گوشت ماهی با شرایط مطلوب، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است[۱].

آبزیان به دلیل برخورداری از کالری و پروتئین بالا و همچنین وجود اسیدهای چرب امگا- ۳ که مصرف مداوم آن باعث کاهش میزان چربی و کلسترول خون می‌شود، از اهمیت بسزایی در جیره غذایی مردم جهان برخوردار هستند[۲]. فساد ماهی تازه به علت فعالیت‌های باکتریایی و آنزیمی روی می‌دهد و در طی فساد، در رنگ، بو و بافت ماهی تغییراتی ایجاد می‌شود[۳, ٤]. به عبارت دیگر، ماهی به دلیل داشتن درصد بالای اسیدهای چرب چند غیراشباعی و پروتئین جزء مواد غذایی فسادپذیر است و با نگهداری در شرایط نامناسب، فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی باعث بروز فساد و کاهش کیفیت گوشت ماهی می‌گردد، لذا کنترل کیفیت آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در دهه اخیر، مطالعات متعددی در زمینه بهبود ماندگاری گوشت ماهی انجام شده است، اما حفظ خصوصیات حسی گوشت ماهی یکی از عوامل محدود کننده است. از این‌رو واضح است که مطالعات بیشتری جهت افزایش ماندگاری گوشت ماهی نیاز است. به همین خاطر مطالعات مختلفی به منظور ارزیابی تاثیر مواد بسته‌بندی مختلف و روش‌های نگهدارنده گوشت ماهی تازه و محصولات پخته گوشت ماهی انجام شده است[۵-۷].پوشش‌فعال نوعی بسته‌بندی است که علاوه بر داشتن خواص بازدارندگی اصلی بسته‌بندی‌های معمول مانند خواص بازدارندگی در برابر گازها وبخار آب و تنش‌های مکانیکی، با تغییر شرایط بسته‌بندی، ایمنی، ماندگاری و یا ویژگی‌های ماده غذایی را بهبود می‌بخشد و در عین حال کیفیت ماده غذایی حفظ می‌گردد. این پوشش‌های فعال می‌توانند نقش‌های متعددی از جمله رها کردن مواد طعمی را داشته باشد. آزاد کننده‌های ضد میکروبی، آزاد کننده‌های آنتی اکسیدانی و آزاد کننده‌های عطر و طعم مثال‌هایی برای سیستم‌های بسته‌بندی به منظور افزایش ماندگاری غذا یا بهبود کیفیت هستند[۸, ۹]. اخیرا به دلیل افزایش نگرانی مصرف‌کنندگان در مورد افزودنی‌های سنتزی، بکارگیری ترکیبات آنتی اکسیدانی و ضدمیکروبی بخصوص عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی در ساختار فیلم‌ها و یا پوشش‌های خوراکی متداول شده است. با وجود مزایای متعدد عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی، پایداری بالای عطر و بو که خصوصیات حسی ماده غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد یکی از محدودیت‌های استفاده از این ترکیبات به عنوان نگهدارنده غذایی می‌باشد. به منظور غلبه به این تاثیرات نامطلوب، روش‌های متعددی درباره بکارگیری آنها در ساختار پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی جهت آزادسازی کنترل شده و به موقع مورد ارزیابی قرار گرفته است[۱۰]. گیاهان مخازن غنی از متابولیت‌های ثانویه و در واقع منابع موثره اساسی بسیاری از مواد دارویی می‌باشند، که یکیا برخی از اندام‌های آنها حاوی ماده موثره است. اسانس‌ها ترکیبات طبیعی هستند که ممکن است هم به عنوان عامل طعم دهنده و هم به عنوان عامل ضدمیکروبی مورد استفاده قرار گیرند، بنابراین این ترکیبات می‌توانند به طور گسترده به عنوان ترکیبات عملگرا در مواد غذایی، بهداشتی و دارویی به کار گرفته شوند. اسانس‌ها حاوی مخلوطی از ترکیبات فرار و غیرفرار می‌باشند. اسانس‌های تجاری اغلب مخلوطی از ترکیبات مختلف هستند که خصوصیات مولکولی و فیزیکوشیمیایی متفاوتی از قبیل وزن مولکولی،حلالیت در آب، قطبیت و فعالیت زیستی دارند. ترکیبات اصلی اسانس‌ها می‌تواند شامل فنول‌ها[3]، ترپن‌ها[4] و آلدئیدها[5] و ... باشد. بسیاری از اسانس‌ها نشان داده شده است که دارای فعالیت ضدباکتریایی، ضدویروسی و ضدقارچی هستند که منجر به کاربرد آنها به عنوان افزودنی‌های ضدمیکروبی طبیعی برای افزایش عمرماندگاری مواد غذایی و نوشیدنی‌ها شده است[۱۱]. پوست مرکبات و بخصوص لیموترشدر صنایع غذایی، دارویی و عطرسازی مورد

1. Barred mackerel (*Scomberomoruscommerrson*)
2. Scombridae

3. Phenols
4. Terpenes
5. Aldehydes

استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیبات روغنی به وسیله پرس سرد تولید می‌شوند و حاوی بیش از ۹۵ درصد ترکیبات مونوترپن هیدروکربنی[6]، عمدتا لیمونن[7] می‌باشند. از دیگر ترکیبات مفیدی که از پوست لیموترش به دست می‌آید هسپریدین[8] و نارنجین[9] می‌باشد. خاصیت آنتی اکسیدانی، ضدمیکروبی و دیگر خصوصیات سلامت بخش و زیست فعال این ترکیبات به اثبات رسیده است[۱۲]، که استفاده از اسانس پوست لیموترش در ساختار پوشش‌های فعال را توجیه می‌نماید.

سیر[10] متعلق به خانواده لیلیاسه[11] می‌باشد. این گیاه دارای غلظت‌های بالایی از ترکیبات گوگردی که عامل طعم، مزه و بو و همچنین مسئول تاثیرات مفید آن می‌باشند. ماده فعال آلیسین[12] که عامل بوی تند معمول سیر و خصوصیات درمانی آن می‌باشد. ترکیبات گوگرددار اصلی موجود در سیر شامل گاما-گلوتامیل-S-آلیل-سیستئین[13] و S-آلیل-L-سیستئین سولفوکساید[14] (آلین[15]) می‌باشند. این ترکیبات به عنوان پیش‌ساز چندین ترکیب دیگر نیز عمل می‌کنند. ترکیبات ارگانوسولفوره موجود در سیر قابلیت آنتی اکسیدانی دارند که به تحریک آنزیم‌های آنتی اکسیدان موجود در کبد نیز کمک می‌کنند.

اسانس سیر و آلیل الکل‌ها[16] که از آلین مشتق می‌شوند باعث جلوگیری از رشد مخمرها می‌شوند. نشان داده شده است که عصاره سیر خام دارای فعالیت ضدمیکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی در دمای اتاق می‌باشد[۱۳].

از این‌رو هدف از این پژوهش استفاده از پوششخوراکی فعال برپایه نشاسته حاوی اسانس سیر و پوست لیموترش جهت افزایش عمرماندگاری فیله ماهی شیر و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آن تحت شرایط یخچال می‌باشد.

6. Monoterpene hydrocarbons
7. Limonene
8. Hesperidin
9. Naringenin
10. Garlic
11. Liliaceae
12. Allicin
13. Gamma-glutamyl-s-allyl-cysteine
14. S-allyl-L-cysteinsulfoxide
15. Alliin
16. Allyl alcohol

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد شیمیایی

سیر و لیموترش تازه و همچنین ماهی شیر تازه از بازار محلیتهران خریداری شدند. محیط‌های کشت مختلف شامل پلیت کانت آگار[17] (PCA)، *سودوموناس* آگار[18]، تریپتون سوی[19] (TSB)، ائوزین متیلن بلو[20]، مک‌کانکی سوربیتل‌دار[21] (SMA)، و تریپل شوگر ایرن آگار[22](TSI)،همراه با نشاسته، گلیسرول، توین ۸۰[23] و سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک (Merck Co., Germany) خریداری شدند.

۲-۲- استخراج اسانس پوست لیموترش و سیر

سیر و لیموترش تازه از بازار محلیتهران خریداری شدند و پس از جداسازی پوست لیموترش، نمونه‌ها به منظور استخراج اسانس خشک شدند. برای این منظور نمونه‌های سیر و پوست لیموترش در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک و سپس استخراج اسانس آنها به وسیله تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر انجام شد و به منظور بررسی ترکیبات تشکیل‌دهنده هر اسانس از دستگاه GC-MS استفاده گردید. اسانس حاصل تا زمان استفاده در ظرف تیره استریل در داخل یخچال نگهداری شدند[۱۴].

۲-۳-تهیه پوشش برپایه نشاسته

ابتدا ٤ گرم نشاسته به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و به آرامی به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط همزده و سپس محلول حاصل در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه تحت شرایط مداوم ژلاتینه شد. در ادامه ۳ درصد گلیسرول به عنوان پلاستی سایزر (روان کننده) به آن اضافه شد و در نهایت مخلوط به دست آمده سرد گردید و اسانس‌های پوست لیموترش و سیر با توجه به تیمارهای مورد نظر (اسانس سیر با سطوح ۱، ۲ و ۳ درصد و اسانس پوست لیموترش با سطوح ۱، ۲ و ۳ درصد) به آن اضافه شدند[۱۵].

17. Plate Count Agar (PCA)
18. *Pseudomonas* agar
19. TryptoneSoya Broth (TSB)
20. EosinMethylene Blue
21. Sorbitol MacConkey Agar (SMA)
22. Triple Sugar Iron Agar (TSI)
23. Tween 80

۲-٤-پوشش دادن فیله ماهی شیر

به منظور پوشش دادن نمونه‌های فیله ماهی شیر، نمونه‌های ماهی بلافاصله پس از خریدن، در ابعاد مشخص بریده و به مدت سه دقیقه در محلول پوشش دهنده خوابانده شدند. در نهایت، آنها از محلول خارج و به مدت ۱ ساعت تحت شرایط اسپتیک خشک شدند و در بسته‌بندی‌های استریل تحت شرایط یخچال (٤ درجه سلسیوس) به مدت ۱۲ روز نگهداری گردیدند و طی روزهای صفر، ۳، ٦، ۹ و ۱۲ آزمون‌های مختلف فیزیکوشیمیایی و میکروبی و همچنین ارزیابی حسی روی آنها صورت گرفت[١٦].

۲-٥-خصوصیات رنگی

خصوصیات رنگی سطح هر نمونه با استفاده از هانترلب برای تعیین شاخص‌های رنگی *L (شاخص شفافیت)، *a (شاخص قرمزی) و *b (شاخص زردی) مورد ارزیابی قرار گرفت [١٦].

۲-٦- اندازه‌گیری pH

۱۰ گرم نمونه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر کاملا مخلوط شده و سپس pH نمونه‌ها توسط pH متر دیجیتال سنجیده شد[١٧].

۲-۷-اندیس پراکسید

به منظور تعیین اندیس پراکسید[٢٤] ۱ گرم از روغن استخراج شده از هر نمونه تیمار شده با یک حلال آلی (کلروفرم: اسید استیک، ۲: ۳[٢٥]) مخلوط شد. مخلوط حاصل به آرامی همزده و با ۰/۵ میلی‌لیتر محلول پتاسیم یدید[٢٦] اشباع مخلوط گردید. این مخلوط به مدت ۱ دقیقه در تاریکی نگه داشته و سپس ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و مخلوط همزده شد. در ادامه ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته (۱ درصد) به عنوان شناساگر به آن اضافه کرده و اندیس پراکسید به وسیله تیتراسیون توسط پتاسیم یدید تعیین گردید. اندیس پراکسید به صورت میلی اکی والان ید آزاد در هر کیلوگرم چربی بیان شد[١٨].

۲-۸-اندیس تیوباربیتوریک اسید

۰/۵ گرم نمونه پوشش داده شده با ۲/۵ میلی‌لیتر محلول حاوی ۰/۳۷۵ درصد تیوباربیتوریک اسید[٢٧] (TBA)، ۱۵ درصد تری کلرو استیک اسید[٢٨] و ۰/۲۵ نرمال HCl هموژن شد و در حمام آب داغ (۱۰۰-۹۵ درجه سلسیوس) به مدت ۱۰ دقیقه به منظور ایجاد رنگ صورتی حرارت و سپس خنک گردید و در سانتریفیوژ با ۳٦۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. در ادامه جذب محلول رویی در ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. نمودار استاندارد با استفاده از ۱و۱و۳و۳ تترامتوکسی پروپان[٢٩] در غلظت در محدوده ۰ تا ۱۰ppm تهیه شد. در نهایت اندیس تیوباربیتوریک اسید[٣٠] محاسبه و به صورت اکی والان میلی گرم مالون دی آلدئید[٣١] در هر کیلوگرم نمونه گزارش گردید[١٩].

۲-۹-شمارش کلی سلول‌های زنده و شمارش باکتری‌های سرمادوست

شمارش کلی سلول‌های زنده و شمارش باکتری‌های سرمادوست[٣٢] به منظور بررسی خواص ضدمیکروبی پوشش‌های ایجاد شده روی نمونه‌های ماهی شیر طبق روش لکجینگ[٣٣](۲۰۱٦)، به صورت زیر انجام شد. ۲۵ گرم از هر نمونه فیله ماهی شیر پوشش داده شده با ۲۲۵ میلی لیتر بافر فسفات به مدت ۲ دقیقه در مخلوط کن استریل همزده شد، سپس مخلوط رقیق شد تا غلظت 10^{-2} تا 10^{-8} گرم در میلی لیتر حاصل شود. شمارش کلی سلول‌های زنده و شمارش باکتری‌های سرمادوست به وسیله روش اختلاطی و با استفاده از شمارش صفحه‌ای انجام شد. نمونه‌ها در ۳۵ درجه سلسیوس و به مدت ٤۸ ساعت گرمخانه گذاری و شمارش کلی برمبنای log CFU/g بیان گردید[١٦].

۲-۱۰-شمارش باکتری‌های *سودوموناس فلوئورسنس و اشریشیاکلای*

۲۵ گرم از هر نمونه فیله ماهی شیر پوشش داده شده با ۲۵۰ میلی لیتر بافر فسفات به مدت ۱ دقیقه در مخلوط کن استریل همزده و هموژن شد. برای شمارش باکتری‌های *سودوموناس فلوئورسنس*[٣٤] از محیط کشت *سودوموناس* آگار حاوی

24. Peroxide index
25. Acetic acid: chloroform 3:2
26. Potassium iodide
27. Thiobarbituric acid (TBA)
28. Trichloroacetic acid
29. 1,1,3,3-tetramethoxypropane
30. Thiobarbituric acid index
31. Malondialdehyde
32. Psychrophilic bacteria
33. Lekjing
34. *Pseudomonas fluorescens* bacteria

سرتیمید–فوسیدین–سفالوریدین[35] استفاده شد. برای این منظور پس از کشت نمونه‌ها آنها به مدت ٤٨ ساعت در دمای ٢٥ درجه سلسیوسگرمخانه گذاری شدند و در نهایت شمارش باکتریایی صورت گرفت و تعداد باکتری‌های شمارش شده به صورت log CFU/g بیان گردید[٢٠].

جهت شمارش *اشریشیاکلای*[36] O157:H7، ١٠ گرم از هر نمونه به صورت هموژن شده به ٩٠ میلی لیتر آبگوشت تریپتون سوی (TSB) حاوی مکمل نوبیوسین[37] (٢٠mg/L) اضافه و برای ٢٤–١٨ ساعت در گرمخانه ٣٧ درجه سلسیوس انکوبه شد و در ادامه ١٠٠ میکرولیتر از نمونه غنی شده مورد نظر در محیط ائوزین متیلن بلو و مک کانکی سوربیتول‌دار (SMA) حاوی مکمل سفکسیم[38] و تلئوریت پتاسیم[39] کشت و به مدت ٢٤ ساعت در گرمخانه ٣٧ درجه سلسیوس انکوبه شدند. جهت شناسایی کلونی‌های مشکوک *اشرشیاکلی* از کشت بر روی محیط تریپل شوگر آیرون (TSI) و آزمون آیم ویک (IMViC) استفاده گردید[٢١].

٢–١١– ارزیابی حسی

جهت ارزیابی حسی، شاخص‌هایی نظیر (بافت، رنگ، بو و پذیرش کلی) از روش هدونیک ٥ نقطه‌ای استفاده شد و امتیازبندی کلی حاصل مجموع امتیازات داده شده به شاخص‌های حسی (در سطوح ارزیابی ١ تا ٥؛ ١: غیر قابل مصرف یا خیلی ضعیف؛ ٢: غیر قابل قبول یا ضعیف؛ ٣: قابل قبول یا متوسط؛ ٤: رضایت بخش یا خوب و ٥: بسیار رضایت بخش یا خیلی خوب)، بود[٢٢].

٢–١٢–تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش براساس ٣ سطح استفاده از اسانس سیر (١، ٢ و ٣ درصد)، ٣ سطح اسانس پوست لیموترش (١، ٢ و ٣ درصد) در ساختار پوشش خوراکی نشاسته و نمونه شاهد انجام شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار صورت گرفتند. نتایج حاصل از آزمایش‌های فیزیکیوشیمیایی، میکروبی و حسی به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS.22آنالیز شدند و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥ درصد ($p<$٠/٠٥) استفاده گردید.

٣- نتایج و بحث

٣–١–آنالیز اسانس‌های سیر و پوست لیموترش

براساس آنالیز اسانس‌های استخراجی از سیر و پوست لیموترش با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی طیف سنج جرمی (GC-MS) به روش C:\HPCHEM\1\METHODS\ESSENCE.M (Chemstation Integrator)به ترتیب ١٤ و ٢٣ ترکیب مختلف در اسانس سیر و اسانس پوست لیموترش شناسایی شد که مقادیر تشکیل دهنده و همچنین زمان بازداری آنها در جدول‌های ١ و ٢ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بیشترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس سیر به ترتیب دی سولفید (٣٧/٢٨ درصد)، n–هگزان (٢٤/٤١ درصد)، ٣، ٣'–تیوبیس (٧/٦٥ درصد) و هگزان (٦/٤٤ درصد) بودند. همچنین بیشترین مقادیر تشکیل دهنده اسانس پوست لیموترش به ترتیب شامل لیمونن (٤٤/١١ درصد)، سیس لیمونن–اکسید (١٨/٩٦ درصد)، ژرانیل (١١/٩٧ درصد) و z–سیترال (٨/١٩ درصد) بودند. آنالیز ترکیبات موجود اسانس‌های مختلف سیر و پوست لیموترش نشان دهنده شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با ترکیبات استخراج شده از این گیاهان بودند. السید[40] و همکاران (٢٠١٧)، به مطالعه استخراج ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس سیر پرداختند. براساس نتایج به دست آمده از آنالیز اسانس سیر توسط این محققین مشخص شد که دی آلیل تری سولفید[41] و دی آلیل دی سولفید[42] با مقادیر حدود به ترتیب ٤٥/٧٦ و ١٥/٦٣ درصد بودند[٢٣]. همچنین الگندی[43] و همکاران (٢٠١٧)، با آنالیز اسانس استخراج شده از پوست لیموترش مشاهده کردند که لیمونن با حدود ٨٦/٩٥ درصد و آلفا فلاندرن[44] با ٥٩/٤ درصد بیشترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس پوست لیموترش هستند[٢٤].

35. Cetrimide-Fucidin-Cephaloridine
36. *Escherichia coli (E. coli)* bacteria
37. Novobiocin
38. Cefixime
39. Potassium tellurite
40. El-Sayed
41. Diallyltrisulfide
42. Diallyl disulfide
43. Elgendy
44. α-Phellandrene

Table 1 Analysis of chemical compounds in garlic essential oils using GC-MS apparatus

Row	Compound	Retention time (min)	Percent composition
1	1-propene	7.24	1.26
2	1-pentane	7.69	2.72
3	Hexane	7.80	6.44
4	n-hexane	7.91	24.41
5	Cyclopentane	8.20	1.62
6	1,2-dethiacyclopentene	11.82	0.84
7	3,3'-thiobis	12.29	7.65
8	Methional	14.42	5.07
9	Disulfide	17.70	37.28
10	1,3,5-trithiane	19.19	1.58
11	3,4-dihydro-3-vinyl-1,2-dithiine	2.07	0.99
12	1,2,3-thiadiazole	20.22	1.18
13	Trisulfide	22.47	5.91
14	5-Methyl-1,2,3,4-tetrathiacyclohexane	23.75	3.07

Table 2 Analysis of chemical compounds in lemon peel essential oils using GC-MS apparatus

Row	Compound	Retention time (min)	Percent composition
1	Hexane	7.87	0.8
2	α-pinene	14.52	2.13
3	Sabinene	15.38	0.84
4	β-pinene	15.56	6.10
5	Benzyl alcohol	16.41	1.11
6	Limonene	16.78	44.11
7	γ-terpinene	17.38	1.19
8	Linalool	18.11	1.93
9	Cis-limonene oxide	1.15	18.96
10	Trans-limonene oxide	19.04	0.37
11	Benzyl acetate	19.21	0.52
12	Tricyclo undecan-1-ol	19.60	0.42
13	Linalylpropanoate	20.24	3.63
14	Carveol	20.77	0.37
15	z-citral	21.07	8.19
16	Tricosane	21.45	1.37
17	Geranyl	21.66	11.97
18	Undecanal	22.41	0.46
19	3-cyclohexane-1-methanol	23.43	0.8
20	Decanoic acid	23.63	0.49
21	Undecanoic acid	25.39	0.74
22	Tetracosane	25.66	2.73
23	Naphthalene	26.51	0.69

pH-۲-۳

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است تغییرات میزان pH نمونه‌های فیله ماهی پوشش داده شده با پوشش فعال حاوی درصد مختلف اسانس‌های پوست لیموترش و سیر به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) وابسته به درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای و مدت زمان نگهداری نمونه‌ها تحت شرایط یخچال می‌باشد. در تمامی تیمارها در ابتدا pH نمونه‌های فیله ماهی شیر در روز اول در کمترین مقدار خود بود اما سپس pH روند افزایشی از خود نشان داد. با افزایش مدت زمان نگهداری از ۱ تا پایان روز دوازدهم به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) pH نمونه‌های فیله ماهی پوشش داده شده افزایش یافت که این میزان افزایش به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی هر دو اسانس با شیب بیشتری رخ داد. همچنین نتایج نشان دادند که در غلظت برابر اسانس سیر به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در کاهش تغییرات pHموثرتر از اسانس پوست لیموترش بود.

Table 3 Changes in pH values of various treatments of fish fillets during storage time at 4°C

12	9	6	3	1	Time (days) / Treatment
7.98±0.01^{aA}	7.66±0.01^{aB}	7.35±0.01^{aC}	7.07±0.02^{aD}	6.34±0.01^{aE}	Blank
7.38±0.01^{cA}	7.09±0.01^{cB}	6.89±0.01^{cC}	6.58±0.01^{cD}	6.11±0.01^{bE}	Coating containing 1% garlic essential oil
7.18±0.00^{eA}	6.91±0.00^{eB}	6.54±0.00^{fC}	6.32±0.00^{eD}	6.12±0.00^{bE}	Coating containing 2% garlic essential oil
6.78±0.01^{fA}	6.55±0.01^{fB}	6.41±0.01^{gC}	6.25±0.00^{fD}	6.11±0.01^{bE}	Coating containing 3% garlic essential oil
7.58±0.01^{bA}	7.26±0.01^{bB}	7.01±0.01^{bC}	6.66±0.01^{bD}	6.11±0.00^{bE}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
7.31±0.00^{dA}	7.03±0.00^{dB}	6.71±0.00^{dC}	6.42±0.00^{dD}	6.12±0.00^{bE}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
7.15±0.00^{eA}	6.93±0.00^{eB}	6.59±0.00^{eC}	6.30±0.02^{eD}	6.10±0.00^{bE}	Coating containing 3% lemon peel essential oil

Different lowercase and uppercase letters represent a significant difference ($p < 0.05$) at a confidence level of 95% per column and row, respectively.

احتمالا با افزایش مدت زمان نگهداری فیله‌های ماهی شیر در دمای یخچال فعالیت میکروارگانیسم‌ها بخصوص باکتری‌های اسید لاکتیک افزایش می‌یابد که کربوهیدرات‌ها و گلیکوژن موجود در گوشت را تجزیه و منجربه تولید اسیدهای آلی به‌ویژه اسید لاکتیک می‌شوند. تولید این اسیدهای آلی سبب افزایش محتوی اسید (اسیدیته قابل تیتر) و در نتیجه کاهش pHنمونه‌ها می‌شود[۲۵]. از طرف دیگر افزایش زمان نگهداری نیز سبب افزایش pHشد. با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های فیله ماهی شیر به دلیل تولید آنزیم‌های پروتئولیتیک و تجزیه پروتئین‌ها موجود در گوشت ماهی ترکیبات آمینی، آمونیاک و اسیدهای آمینه آزاد تولید خواهد شد و میزان pHنمونه‌ها افزایش می‌یابد[۲۶]. همچنین با توجه به اینکه اسانس‌های سیر و پوست لیموترش تاثیر بازدارنده روی فعالیت و رشد میکروارگانیسم‌ها دارند لذا احتمالا اسانس‌ها در غلظت بالا سبب کاهش فعالیت‌های آنزیمی میکروارگانیسم‌ها می‌شوند و در نتیجه تغییرات pHبا شیب کمتری انجام می‌شود[۲۷]. نتایج این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. چمن‌آرا و همکاران (۲۰۱۲)، به مطالعه و ارزیابی خصوصیات فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان پوشش داده شده توسط پوشش کیتوزانی حاوی اسانس آویشن پرداختند. نتایج این محققین نشان دادند که با افزایش مدت زمان نگهداری تا ۳ روز موجب کاهش pHو افزایش مدت زمان نگهداری از ۳ تا ۱۵ روز موجب افزایش میزان pHنمونه‌های فیله ماهی شد. همچنین مشخص شد که در تیمارهای پوشش داده شده با اسانس میزان تغییرات pHکمتر بود. محققین افزایش ثانویه را به ترکیبات فرار نیتروژنی در نتیجه فعالیت‌های آنزیمی و کاهش تغییرات pHرا به اثر بازدارندگی اسانس روی میکروارگانیسم‌ها نسبت دادند[۲۸].

۳-۳- اندیس پراکسید

در طول فرآیندهای متابولیسمی مختلفی که در بدن انجام می‌شوند گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد مختلفی به صورت طبیعی تولید خواهند شد که در حالت عادی این رادیکال‌های آزاد توسط آنتی اکسیدان‌ها و سیستم های آنتی اکسیدانی طبیعی که در بدن وجود دارند خنثی و مانع از تشکیل واکنش‌های زنجیری اکسیداسیون می‌شوند[۲۹]. به منظور ارزیابی سرعت اولیه واکنش اکسیداسیون، هیدروپراکسیدها اندازه گیری می‌شوند، زیرا این ترکیبات به طور کلی به عنوان محصولات اولیه تولید شده توسط اکسیداسیون شناخته می‌شوند[۳۰]. نتایج به دست آمده در طی این پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات میزان اندیس پراکسیدنمونه‌های فیله ماهی پوشش داده شده با پوشش فعال حاوی درصد مختلف اسانس‌های پوست لیموترش و سیر به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) وابسته به درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای و مدت زمان نگهداری نمونه‌ها تحت شرایط یخچال است (جدول ٤).

Table 4 Changes in Peroxide index values of various treatments of fish fillets during storage time at 4°C

Time (days) / Treatment	1	3	6	9	12
Blank	0.079±0.001^{aE}	0.152±0.001^{aD}	0.244±0.000^{aC}	0.386±0.001^{aB}	0.692±0.001^{aA}
Coating containing 1% garlic essential oil	0.078±0.001^{aE}	0.127±0.000^{cD}	0.212±0.001^{cC}	0.315±0.000^{cB}	0.602±0.000^{cA}
Coating containing 2% garlic essential oil	0.080±0.000^{aE}	0.114±0.001^{eD}	0.196±0.001^{eC}	0.287±0.001^{eB}	0.504±0.000^{eA}
Coating containing 3% garlic essential oil	0.079±0.001^{aE}	0.095±0.001^{gD}	0.144±0.000^{gC}	0.203±0.000^{gB}	0.412±0.000^{gA}
Coating containing 1% lemon peel essential oil	0.081±0.001^{aE}	0.134±0.001^{bD}	0.218±0.000^{bC}	0.327±0.000^{bB}	0.621±0.001^{bA}
Coating containing 2% lemon peel essential oil	0.079±0.001^{aE}	0.119±0.001^{dD}	0.202±0.001^{dC}	0.299±0.001^{dB}	0.537±0.001^{dA}
Coating containing 3% lemon peel essential oil	0.080±0.001^{aE}	0.104±0.000^{fD}	0.176±0.000^{fC}	0.251±0.001^{fB}	0.466±0.000^{fA}

* Different lowercase and uppercase letters represent a significant difference ($p < 0.05$) at a confidence level of 95% per column and row, respectively.

نتایج مقایسه میانگین اندیس پراکسید نمونه‌های مختلف در طی ۱۲ روز نگهداری نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان نگهداری به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) اندیس پراکسید تمامی نمونه‌ها افزایش می‌یابد که در این میان بالاترین میزان افزایش اندیس پراکسید مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان تغییرات اندیس پراکسید مربوط به تیمارهای پوشش داده شده با پوشش نشاسته‌ای فعال حاوی ۳ درصد اسانس سیر و اسانس پوست لیموترشاست. مقایسه اثر اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای روی تغییرات میزان اندیس پراکسید نشان می‌دهد که در غلظت برابر اسانس سیر به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) منجر به کاهش تغییرات اندیس پراکسید فیله‌های ماهی شیر پوشش داده شده در مقایسه با اسانس پوست لیموترش می‌شود. استخراج متابولیت‌های گیاهی به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال مانند ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و آنتی اکسیدانی یکی از راه‌های استفاده از این ترکیبات طبیعی و مفید به منظور بکارگیری در مواد غذایی به منظور جایگزینی نگهدارنده‌های شیمیایی می‌باشد[۳۱]. وجود ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌های سیر (آلیسین و ترکیبات اورگانوسولفوره) و پوست لیموترش (لیمونن) به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی خود از طریق مهار رادیکال‌های آزاد و شلاته کردن فلزات قادر به جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌ها می‌باشد که این امر باعث جلوگیری از افزایش اندیس پراکسید خواهد شد[۳۲]. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج دیگر محققین نیز مطابقت داشت. آلپ ارسلان[45] و همکاران (۲۰۱۷)، تاثیر استفاده از پوشش ژلاتینی حاوی اسانس پوست پرتقال روی اندیس پراکسید میگو در طی دوره نگهداری مورد مطالعه قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش مشخص شد که افزایش زمان نگهداری سبب افزایش اندیس پراکسید نمونه‌های میگو شد اما با افزایش غلظت اسانس پوست پرتقال در ساختار پوشش ژلاتینی به دلیل وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در آن مانند لیمونن اندیس پراکسید نمونه‌های میگو به طور معنی‌داری کاهش یافت[۳۳]. همچنیناوزهان ایلدیز[46] و یانگیلار[47] (۲۰۱۷)، بیان کردند که به دلیل وجود ترکیبات فنولی و آنتی اکسیدانی موجود در اسانس‌های بابونه و زنجبیل بکارگیری آنها در ساختار پوشش فعال برپایه ایزوله پروتئین آب پنیر سبب کاهش اندیس پراکسید نمونه‌های فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان در دمای ٤ درجه سلسیوس شد[٣٤]. با این وجود افزایش زمان نگهداری به دلیل انجام فرآیند اکسیداسیون به طور معنی‌داری منجر به افزایش اندیس پراکسید در نمونه‌های شاهد و نمونه‌های با غلظت کم اسانس‌ها شد.

۳-٤- اندیس تیوباربیتوریک اسید

به منظور تعیین محصولات ثانویه اکسیداسیون از اندیس

45. Alparslan
46. OğuzhanYıldız
47. Yangılar

تیوباربیتوریک اسید استفاده می‌شود. اساس آزمون تیوباربیتوریک اسید برمبنای تشکیل رنگ صورتی به دلیل واکنش بین تیوباربیتوریک اسید و مالون دی آلدئید می‌باشد که از محصولات اکسیداسیون است. در نتیجه انجام واکنش اکسیداسیون محصولات ثانویه اکسیداسیون نظیر کتون‌ها[48]، آلدئیدها و پراکسیدها[49] افزایش می‌یابند که این محصولات اکسیداسیون سبب افزایش تشکیل مالون دی آلدئید می‌شوند و در نتیجه شاخص تیوباربیتوریک اسید افزایش خواهد یافت، بنابراین گسترش درجه اکسیداسیون چربی‌ها با استفاده از اندیس تیوباربیتوریک اسید نشان داده خواهد شد[۳۵]. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تغییرات میزان اندیس تیوباربیتوریک اسیدنمونه‌های فیله ماهی پوشش داده شده با پوشش فعال حاوی درصد مختلف اسانس‌های پوست لیموترش و سیر به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) وابسته به درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای و مدت زمان نگهداری نمونه‌ها تحت شرایط یخچال است (جدول ۵). همان‌طور که روند تغییرات اندیس تیوباربیتوریک اسید نشان می‌دهد با افزایش مدت زمان نگهداری در تمامی تیمارها شاخص تیوباربیتوریک اسید به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش می‌یابد که مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد تیمار شاهد به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) دارای بالاترین شاخص تیوباربیتوریک اسید در طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای ٤ درجه سلسیوس است و تیمارهای پوشش داده شده با پوشش نشاسته‌ای حاوی غلظت‌های بالاتر اسانس‌های سیر و پوست لیموترش به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) از کمترین شاخص تیوباربیتوریک اسید در طی دوره نگهداری نسبت به سایر تیمارها برخوردار هستند. همچنین مشخص شد که در تیمارهای پوشش داده شده با پوشش فعال نشاسته‌ای حاوی ۳ درصد اسانس سیر در طی دوره نگهداری کمترین تغییرات شاخص تیوباربیتوریک اسید در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده می‌گردد. به دلیل ناپایداری پراکسیدهای تولید شده ناشی از اکسیداسیون چربی‌ها استفاده از اندیس پراکسید به تنهایی جهت پیش بینی اکسیداسیون ممکن است مناسب نباشد[۳٦]. با شکستن هیدروپراکسیدهای[50] تشکیل شده از اکسیداسیون چربی‌ها و اسیدهای چرب در مراحل اولیه اکسیداسیون ترکیبات کربونیلی و الکی با وزن مولکولی کم تولید می‌شوند که به عنوان محصولات ثانویه اکسیداسیون شناخته می‌شوند که می‌توانند عامل بدطعمی و بوی بد در مواد غذایی حاوی اسیدهای چرب غیر اشباع در طی دوره نگهداری شوند[۳۷]. به همین خاطر مراحل سنجش شرایط پیشرفته اکسیداسیون با شاخص تیوباربیتوریک اسید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با این وجود با افزایش غلظت اسانس‌های سیر و پوست لیموترش در ساختار پوشش فعال نشاسته‌ای به دلیل افزایش محتوی ترکیبات فنولی و به دنبال آن افزایش ترکیبات آنتی اکسیدانی در پوشش اعمال شده روی نمونه‌های فیله ماهی شیر لذا تشکیل هیدروپراکسیدها کاهش یافته و واکنش‌های اکسیداسیونی به تاخیر می‌افتند که در نهایت این امر باعث کاهش تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون و اندیس تیوباربیتوریک اسیدخواهد شد[۳۸]. کاهش شاخص‌های اکسیداسیون در نتیجه افزایش ترکیبات فنولی ممکن است به دلیل عواملی نظیر اختلال در واکنش‌های زنجیری اکسیداسیون، از بین بردن هیدروپراکسیدها و شلاته کردن یون‌های فلزی باشد. بنابراین این ترکیبات فنولی ممکن است از تشکیل محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون را به تاخیر و یا از تشکیل آنها جلوگیری نمایند[۳۹]. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. حامدی و همکاران (۲۰۱۷)، تاثیر استفاده از پوشش برپایه صمغ‌های آلژینات و باریجه حاوی اسانس کاکوتی و خصوصیات شیمیایی و آنتی اکسیدانی آن در فیله مرغ را مورد مطالعه قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که استفاده از اسانس کاکوتی کوهی و افزایش غلظت آن سبب کاهش اندیس پراکسید و اندیس تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌های فیله مرغ شد اما افزایش زمان نگهداری سبب افزایش آن شاخص‌ها شد. محققین بیان کردند که اسانس کاکوتی به دلیل دارای بودن ترکیبات فنولی و آنتی اکسیدانی در ساختار خود مانع از اکسیداسیون و پیشرفت چنین واکنشی در طی دوره نگهداری می‌شود[٤٠].

48. Ketones
49. Peroxides
50. Hydroperoxides

Table 5 Changes in TBA values of various treatments of fish fillets during storage time at 4°C

Time (days) / Treatment	1	3	6	9	12
Blank	0.265±0.002^{aE}	0.375±0.002^{aD}	0.561±0.001^{aC}	0.753±0.002^{aB}	0.984±0.001^{aA}
Coating containing 1% garlic essential oil	0.267±0.001^{aE}	0.355±0.002^{cD}	0.514±0.001^{cC}	0.712±0.000^{cB}	0.948±0.001^{cA}
Coating containing 2% garlic essential oil	0.266±0.001^{aE}	0.366±0.001^{eD}	0.474±0.001^{eC}	0.662±0.000^{eB}	0.895±0.001^{eA}
Coating containing 3% garlic essential oil	0.265±0.002^{aE}	0.309±0.002^{gD}	0.421±0.001^{gC}	0.623±0.002^{gB}	0.796±0.000^{gA}
Coating containing 1% lemon peel essential oil	0.265±0.003^{aE}	0.362±0.001^{bD}	0.521±0.000^{bC}	0.731±0.000^{bB}	0.967±0.001^{bA}
Coating containing 2% lemon peel essential oil	0.266±0.002^{aE}	0.341±0.001^{dD}	0.492±0.000^{dC}	0.694±0.000^{dB}	0.932±0.000^{dA}
Coating containing 3% lemon peel essential oil	0.267±0.001^{aE}	0.319±0.001^{fD}	0.442±0.001^{fC}	0.631±0.001^{fB}	0.811±0.000^{fA}

* Different lowercase and uppercase letters represent a significant difference ($p < 0.05$) at a confidence level of 95% per column and row, respectively.

۳-۵-خصوصیات رنگی

نتایج به دست آمده در طی این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص‌های روشنایی (L*) و زردی (b) به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) وابسته به درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای و مدت زمان نگهداری هستند، با این وجود شاخص قرمزی (a) به طور معنی‌داری وابسته به درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش و مدت زمان نگهداری نمی‌باشد (p>۰/۰۵) (جدول ٦). از همین‌رو با افزایش درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش فعال برپایه نشاسته جهت پوشش دادن فیله‌های ماهی شیر شاخص روشنایی به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) کاهش می‌یابد. همچنین افزایش مدت زمان نگهداری به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) شاخص روشنایی را نیز کاهش داد ولی کاهش میزان روشنایی در تیمارهای حاوی درصدهای بالای هر دو اسانس با شیب کمتری نسبت به سایر تیمارها و تیمار شاهد رخ داد. با این وجود نوع اسانس تاثیر معنی‌داری روی هیچکدام از شاخص‌های رنگی نداشت (p>۰/۰۵). بررسی تغییرات میزان شاخص زردی نشان می‌دهد که با افزایش درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش فعال برپایه نشاسته میزان شاخص زردی به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) افزایش می‌یابد. همچنین افزایش مدت زمان نگهداری سبب افزایش شاخص زردی شد که این افزایش در تیمارهای پوشش داده شده با ۳ درصد اسانس‌های سیر و پوست لیموترش نسبت به سایر تیمارها و تیمار شاهد کمتر بود. از آن‌جایی که ماهیت اسانس‌های استخراج شده از سیر و پوست لیموترش به صورت زرد تا زرد متمایل به قهوه‌ای بود لذا افزایش سطح بکارگیری هر دو اسانس در ساختار پوشش نشاسته‌ای منجر به کاهش شفافیت نمونه‌های فیله ماهی شیر خواهد شد و شاخص زردی نمونه‌های پوشش داده شده را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر با توجه به آن‌که در طی دوره نگهداری شاخص‌های اکسیداتیو (اندیس پراکسید و اندیس تیوباربیتوریک اسید) افزایش یافتند، لذا این افزایش شاخص‌های اکسیداتیو منجر به تولید ترکیبات رنگی تیره خواهد شد که این امر نیز باعث کاهش شاخص‌رنگی L* و افزایش شاخص bمی‌شود[٤١]. از طرفی هم، افزایش درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای منجر به کاهش اندیس پراکسید و اندیس تیوباربیتوریک اسید در فیله‌های ماهی شیر شد به همین خاطر تغییرات شاخص‌های رنگی L* و bدر طی دوره نگهداری در تیمارهای پوشش داده شده با پوشش حاوی درصدهای بالای اسانس سیر و پوست لیموترشنسبت به سایر تیمارها کمتر بود.

Table 6 Changes in color indices values of various treatments of fish fillets during storage time at 4C

12	9	6	3	1	Time (days) / Treatment
			L*		
61.52±0.04^{dE}	66.30±0.07^{cD}	69.41±0.09^{aC}	72.21±0.06^{aB}	75.78±0.05^{aA}	Blank
62.53±0.08^{cE}	67.71±0.04^{aD}	69.21±0.04^{bC}	71.54±0.05^{bB}	73.45±0.06^{bA}	Coating containing 1% garlic essential oil
63.35±0.05^{bE}	66.49±0.02^{bD}	67.38±0.05^{cC}	69.71±0.03^{cB}	71.54±0.05^{cA}	Coating containing 2% garlic essential oil
64.51±0.06^{aE}	65.68±0.02^{dD}	66.52±0.04^{dC}	67.19±0.02^{dB}	68.63±0.07^{dA}	Coating containing 3% garlic essential oil
62.49±0.03^{cE}	67.75±0.05^{aD}	69.25±0.06^{bC}	71.49±0.04^{bB}	73.40±0.03^{bA}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
63.32±0.05^{bE}	66.45±0.06^{bD}	67.43±0.05^{cC}	69.68±0.05^{cB}	71.47±0.06^{cA}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
64.45±0.04^{aE}	65.64±0.04^{dD}	66.56±0.05^{dC}	67.15±0.06^{dB}	68.58±0.04^{dA}	Coating containing 3% lemon peel essential oil
			a		
5.61±1.25^{aA}	5.52±1.35^{aA}	5.50±1.36^{aA}	5.52±1.45^{aA}	5.48±1.45^{aA}	Blank
5.56±1.32^{aA}	5.42±1.63^{aA}	5.36±1.30^{aA}	5.41±1.62^{aA}	5.36±1.62^{aA}	Coating containing 1% garlic essential oil
5.54±1.51^{aA}	5.47±1.51^{aA}	5.49±1.32^{aA}	5.36±1.41^{aA}	5.45±1.41^{aA}	Coating containing 2% garlic essential oil
5.59±1.62^{aA}	5.54±1.35^{aA}	5.51±1.50^{aA}	5.61±1.52^{aA}	5.23±1.52^{aA}	Coating containing 3% garlic essential oil
5.53±1.44^{aA}	5.50±1.60^{aA}	5.46±1.54^{aA}	5.42±1.34^{aA}	5.56±1.34^{aA}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
5.50±1.23^{aA}	5.43±1.47^{aA}	5.44±1.21^{aA}	5.39±1.26^{aA}	5.41±1.26^{aA}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
5.51±1.14^{aA}	5.46±1.05^{aA}	5.40±1.19^{aA}	5.38±1.19^{aA}	5.39±1.15^{aA}	Coating containing 3% lemon peel essential oil
			b		
46.49±0.54^{aA}	39.37±0.42^{cB}	34.68±0.35^{cC}	29.52±0.28^{dD}	24.48±0.45^{dE}	Blank
45.61±0.32^{bA}	42.52±0.37^{bB}	38.33±0.33^{bC}	33.41±0.42^{cD}	28.36±0.62^{cE}	Coating containing 1% garlic essential oil
44.38±0.51^{cA}	43.47±0.35^{aB}	39.50±0.40^{aC}	35.63±0.31^{bD}	31.45±0.41^{bE}	Coating containing 2% garlic essential oil
40.29±0.62^{dA}	39.46±0.25^{cB}	38.48±0.29^{bC}	36.55±0.32^{aD}	34.23±0.52^{aE}	Coating containing 3% garlic essential oil

Table 6 (*continued*)

12	9	6	3	1	Time (days) / Treatment
44.64±0.64^{cA}	42.76±0.24^{bB}	38.28±0.36^{bC}	33.46±0.30^{cD}	28.56±0.34^{cE}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
44.34±0.56^{cA}	43.52±0.26^{aB}	39.47±0.26^{aC}	35.66±0.22^{bD}	31.41±0.26^{bE}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
40.26±0.25^{dA}	39.42±0.35^{cB}	38.43±0.43^{bC}	36.49±0.19^{aD}	34.39±0.15^{aE}	Coating containing 3% lemon peel essential oil

* Different lowercase and uppercase letters represent a significant difference ($p < 0.05$) at a confidence level of 95% per column and row, respectively.

نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. الوتیبی[51] و طاهرگرابی[52] (۲۰۱۸)، با بکارگیری اسانس‌آویشن در ساختار پوشش برپایه نشاسته سیب زمینی شیرین مشاهده کردند که با افزایش مدت زمان نگهداری شاخص روشنایی کاهش و شاخص زردی نیز افزایش می‌یابد. این محققین مشاهده نمودند که با افزایش درصد اسانس آویشن در ساختار پوشش‌ها شاخص زردی افزایش یافت که محققین این رفتار را به وجود رنگدانه‌های موجود در اسانس آویشن نسبت دادند[٤٢].

۳-٦-خصوصیات میکروبی

فساد مواد غذایی یکی از مشکلات اصلی است که نگهداری و انتقال آنها را با محدودیت مواجه می‌سازد و به طور جدی ایمنی مواد غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی یکی از روش‌های مهم برای جلوگیری از فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و فسادزا می‌باشد. با این وجود به دلیل این‌که این نگهدارنده‌ها دارای اثرات سرطان‌زایی و جهش‌زایی هستند و نیز باقیمانده آنها نیز اثرات سمی دارد لذا استفاده از آنها همراه با محدودیت است[٤٣, ٤٤] عصاره و اسانس گیاهان دارویی به طور کلی ایمن شناخته می‌شوند و نیز دارای تاثیرات قابل توجهی روی میکروارگانیسم‌های فسادزا و بیماری‌زا هستند، در نتیجه عمرماندگاری محصولات غذایی را افزایش می‌دهند[٤٥]. همان‌طور که در جدول ۷ مشخص استنوع اسانس، درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش نشاسته‌ای و مدت زمان نگهداری به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) روی تغییرات شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و شمارش باکتری‌های سرمادوست، شمارش باکتری *سودوموناس فلوئورسنس* و شمارش باکتری *اشریشیا کلای* فیله‌های ماهی شیر پوشش داده شده با پوشش نشاسته‌ای حاوی درصدهای مختلف هر دو اسانس وابسته است. بررسی روند تغییرات شمارش همه میکروارگانیسم‌های مختلف در طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان نگهداری در دمای ٤ درجه سلسیوس تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در فیله‌های ماهی شیر پوشش داده شده با پوشش فعال برپایه نشاسته به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش می‌یابد که این افزایش در تیمار شاهد با شیب بالاتری نسبت به سایر تیمارها رخ می‌دهد. همچنین تغییرات شمارش میکروارگانیسم‌ها (شمارش کلی، باکتری‌های سرمادوست، باکتری *سودوموناس فلوئورسنس* و شمارش باکتری *اشریشیا کلای*) در طی دوره نگهداری در دمای ٤ درجه سلسیوس نشان می‌دهد که شیب افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها در تیمارهای پوشش داده شده با پوشش نشاسته‌ای حاوی درصدهای بالاتر هر دو اسانس نسبت به سایر تیمارها و تیمار شاهد به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کمتر است که در این میان تیمارهای حاوی ۳ درصد اسانس سیر به طور موثرتری قادر به کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها در طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در دمای یخچال هستند. همچنین مشخص شد که اسانس سیر در مقایسه با اسانس پوست لیموترش در غلظت یکسان در ساختار پوشش نشاسته‌ای به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) قدرت ضدمیکروبی بیشتری را ارائه می‌دهد. براساس مطالعات صورت گرفته مشخص شده که اسانس‌هایی که دارای فعالیت ضدمیکروبی قوی علیه پاتوژن‌های غذایی دارند حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات فنولی می‌باشند. بنابراین مکانیسم عمل اسانس‌ها مشابه با فعالیت ضدمیکروبی ترکیبات فنولی است. یکی از خصوصیات ویژه اسانس‌ها خاصیت آب‌گریزی آنها است که سبب ایجاد قابلیت واکنش آنها با لیپیدهای موجود در غشای سلولی می‌شود. این حالت سبب قابلیت نفوذپذیری غشاء، اختلال در ساختار اصلی سلول‌ها و از بین بردن هموستازی سلولی (حفظ تعادل سلولی) می‌شود. هنگامی‌که تحت تاثیر این عوامل بخشی از محتوی سلولی باکتری به محیط اطراف نشت می‌کند این سلول‌ها نسبت به مرگ حساس‌تر می‌شوند[٤٦]. بنابراین استفاده از اسانس‌ها در مواد غذایی از این طریق سبب واکنش با سلول‌های باکتریایی و در نتیجه مرگ آنها می‌شود. همچنین احتمالا ترکیبات فنولی موجود در اسانس سیر در مقایسه با اسانس پوست لیموترش دارای تاثیر بیشتری روی میکروارگانیسم‌های موجود در فیله‌های ماهی شیر پوشش داده شده هستند و این امر سبب شده تا جمعیت میکروبی در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی غلظت‌های پایین دو اسانس نسبت به تیمارهای دیگر بخصوص تیمار حاوی ۳ درصد اسانس سیر بالاتر باشد. میکروارگانیسم‌های موجود در نمونه‌های فیله ماهی شیر پوشش داده شده با رشد و تکثیر خود در طی دوره نگهداری جمعیت آنها افزایش می‌یابد که این میزان افزایش در تیمار شاهد بالاتر بود زیرا فاقد هرگونه نگهدارنده بود.

51. Alotaibi
52. Tahergorabi

Table 7 Total viable count of microorganisms (log CFU/g) in various treatments of fish fillets at 4°C

12	9	6	3	1	Time (days) / Treatment
Total count of microorganisms					
9.92 ± 0.07^{aA}	7.89 ± 0.04^{aB}	5.97 ± 0.05^{aC}	4.76 ± 0.08^{aD}	3.65 ± 0.09^{aE}	Blank
7.82 ± 0.06^{cA}	6.77 ± 0.04^{cB}	5.79 ± 0.03^{cC}	4.56 ± 0.05^{cD}	3.62 ± 0.08^{aE}	Coating containing 1% garlic essential oil
6.32 ± 0.04^{eA}	5.62 ± 0.05^{eB}	4.88 ± 0.04^{eC}	4.31 ± 0.03^{eD}	3.58 ± 0.06^{aE}	Coating containing 2% garlic essential oil
4.84 ± 0.05^{gA}	4.58 ± 0.03^{gB}	4.27 ± 0.02^{gC}	3.76 ± 0.04^{gD}	3.56 ± 0.04^{aE}	Coating containing 3% garlic essential oil
7.96 ± 0.06^{bA}	6.84 ± 0.06^{bB}	5.88 ± 0.04^{bC}	4.67 ± 0.05^{bD}	3.63 ± 0.07^{aE}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
6.48 ± 0.03^{dA}	5.89 ± 0.04^{dB}	5.02 ± 0.05^{dC}	4.42 ± 0.03^{dD}	3.59 ± 0.05^{aE}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
5.06 ± 0.04^{fA}	4.71 ± 0.03^{fB}	4.39 ± 0.06^{fC}	3.87 ± 0.07^{fD}	3.55 ± 0.06^{aE}	Coating containing 3% lemon peel essential oil
Count of psychrophilicbacteria					
7.64 ± 0.03^{aA}	5.25 ± 0.06^{aB}	3.96 ± 0.04^{aC}	3.45 ± 0.05^{aD}	2.71 ± 0.04^{aE}	Blank
5.82 ± 0.04^{cA}	4.77 ± 0.05^{cB}	3.79 ± 0.03^{cC}	3.30 ± 0.03^{cD}	2.72 ± 0.05^{aE}	Coating containing 1% garlic essential oil
4.42 ± 0.05^{eA}	3.99 ± 0.02^{eB}	3.62 ± 0.06^{eC}	3.16 ± 0.04^{eD}	2.70 ± 0.03^{aE}	Coating containing 2% garlic essential oil
3.21 ± 0.03^{gA}	3.10 ± 0.04^{gB}	2.98 ± 0.05^{gC}	2.79 ± 0.06^{gD}	2.68 ± 0.04^{aE}	Coating containing 3% garlic essential oil
5.98 ± 0.05^{bA}	4.90 ± 0.04^{bB}	3.87 ± 0.03^{bC}	3.41 ± 0.02^{bD}	2.73 ± 0.04^{aE}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
4.65 ± 0.02^{dA}	4.09 ± 0.05^{dB}	3.77 ± 0.04^{dC}	3.28 ± 0.04^{dD}	2.71 ± 0.06^{aE}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
3.38 ± 0.05^{fA}	3.22 ± 0.02^{fB}	3.08 ± 0.05^{fC}	2.88 ± 0.04^{fD}	2.69 ± 0.03^{aE}	Coating containing 3% lemon peel essential oil
Count of *pseudomonas fluorescens* bacteria					
4.71 ± 0.05^{aA}	3.36 ± 0.04^{aB}	2.67 ± 0.03^{aC}	1.79 ± 0.02^{aD}	1.12 ± 0.02^{aE}	Blank

Table 7 (*continued*)

12	9	6	3	1	Time (days) / Treatment
3.69 ± 0.04^{cA}	3.12 ± 0.03^{cB}	2.46 ± 0.01^{cC}	1.58 ± 0.02^{cD}	1.14 ± 0.03^{aE}	Coating containing 1% garlic essential oil
3.13 ± 0.03^{eA}	2.99 ± 0.02^{eB}	2.62 ± 0.01^{eC}	1.42 ± 0.03^{eD}	1.10 ± 0.02^{aE}	Coating containing 2% garlic essential oil
1.86 ± 0.03^{gA}	1.67 ± 0.02^{gB}	1.45 ± 0.04^{gC}	1.24 ± 0.01^{gD}	1.11 ± 0.01^{aE}	Coating containing 3% garlic essential oil
3.82 ± 0.04^{bA}	3.24 ± 0.03^{bB}	2.57 ± 0.02^{bC}	1.68 ± 0.01^{bD}	1.13 ± 0.03^{aE}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
3.26 ± 0.03^{dA}	3.11 ± 0.01^{dB}	2.52 ± 0.03^{dC}	1.50 ± 0.02^{dD}	1.14 ± 0.02^{aE}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
1.98 ± 0.02^{fA}	1.75 ± 0.01^{fB}	1.58 ± 0.02^{fC}	1.33 ± 0.03^{fD}	1.12 ± 0.03^{aE}	Coating containing 3% lemon peel essential oil
Count of *E. Coli* bacteria					
3.89 ± 0.02^{aA}	2.87 ± 0.05^{aB}	1.98 ± 0.04^{aC}	1.43 ± 0.02^{aD}	0.73 ± 0.03^{aE}	Blank
3.34 ± 0.04^{cA}	2.49 ± 0.03^{cB}	1.73 ± 0.02^{cC}	1.24 ± 0.01^{cD}	0.75 ± 0.03^{aE}	Coating containing 1% garlic essential oil
2.93 ± 0.03^{eA}	2.21 ± 0.02^{eB}	1.42 ± 0.01^{eC}	1.09 ± 0.02^{eD}	0.72 ± 0.02^{aE}	Coating containing 2% garlic essential oil
1.86 ± 0.02^{gA}	1.58 ± 0.01^{gB}	1.16 ± 0.02^{gC}	0.87 ± 0.01^{gD}	0.71 ± 0.04^{aE}	Coating containing 3% garlic essential oil
3.50 ± 0.01^{bA}	2.36 ± 0.02^{bB}	1.65 ± 0.02^{bC}	1.32 ± 0.02^{bD}	0.73 ± 0.02^{aE}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
3.04 ± 0.02^{dA}	2.30 ± 0.01^{dB}	1.56 ± 0.01^{dC}	1.16 ± 0.03^{dD}	0.74 ± 0.02^{aE}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
2.05 ± 0.03^{fA}	1.68 ± 0.02^{fB}	1.29 ± 0.01^{fC}	0.96 ± 0.01^{fD}	0.73 ± 0.02^{aE}	Coating containing 3% lemon peel essential oil

* Different lowercase and uppercase letters represent a significant difference ($p < 0.05$) at a confidence level of 95% per column and row, respectively.

نتایج و یافته‌های حاصل از این پژوهش با دستاوردهای دیگر محققین در مطالعات مختلف نیز مطابقت داشت. جنانه[53] و همکاران (۲۰۱۲)، تاثیر استفاده از اسانس نعناع و اسطوخودوس به منظور جلوگیری از فعالیت باکتری‌های *E. coli* و *استافیلوکوکوس اورئوس* تلقیح یافته در گوشت چرخ شده را مورد مطالعه قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که استفاده از اسانس‌ها در مقایسه با تیمار شاهد سبب کاهش جمعیت میکروبی شد. نتایج آنها نشان داد که استفاده از اسانس اسطوخودوس در گوشت چرخ کرده در جلوگیری از هر دو باکتری موثر بود اما استفاده از اسانس نعناع تنها تاثیر قابل توجهی روی باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* داشت[٤٧]. ژنگ[54] و همکاران (۲۰۱٦)، به مطالعه تاثیر استفاده از اسانس دارچین به منظور جلوگیری از فعالیت باکتری‌های *E. coli* و *استافیلوکوکوس اورئوس* پرداختند. نتایج آنها نشان داد که استفاده از اسانس دارچین تاثیر بیشتر و قابل توجهی روی *استافیلوکوکوس اورئوس* در مقایسه با *E. coli* داشت. محققین بیان کردند که این تغییرات در تعداد باکتری‌ها ممکن است در ارتباط با از بین رفتن غشاء و اختلال در نقل و انتقالات باشد که توسط آسیب به قابلیت نفوذپذیری و یکپارچگی غشاء ایجاد می‌شود که به وسیله اسانس دارچین القا می‌شوند[٤٨].

همچنین الوتیبی و طاهر گرابی (۲۰۱۸)، تاثیر استفاده از پوشش فعال برپایه نشاسته سیب زمینی شیرین حاوی اسانس آویشن در سطوح مختلف به منظور افزایش ماندگاری میگو در طی دوره نگهداری یخچالی را مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص شد که بکارگیری پوشش نشاسته‌ای و افزایش غلظت اسانس آویشن در ساختار آن به طور معنی‌داری منجر به کاهش جمعیت میکروبی (شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، باکتری‌های سرمادوست و میکروارگانیسم‌های هوازی) و شاخص‌های اکسیداسیون در نمونه‌های میگو شد. محققین این رفتارها را به وجود ترکیبات فنولی و آنتی اکسیدانی به دلیل فعالیت ضدمیکروبی ناشی از آنها نسبت دادند[٤٢].

۳-۷-ارزیابی حسی

نتایج تغییرات خصوصیات حسی به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) وابسته به مقدار اسانس بکار رفته بود. بر این اساس از لحاظ تمامی خصوصیات حسی (رنگ، بافت و توسعه بوی بد) تیمار تهیه شده با پوشش نشاسته‌ای حاوی ۳ درصد اسانس سیر و اسانس پوست لیموترش از بالاترین امتیاز حسی برخوردار هستند (جدول ۸).

همچنین میزان پذیرش کلی نمونه‌های ماهی شیر پوشش داده شده با پوشش حاوی ۳ درصد اسانس سیر و نیز ۳ درصد اسانس پوست لیموترش به ترتیب به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از سایر تیمارها بود. استفاده از سطوح پایین اسانس‌ها به دلیل عدم توانایی مقابله با رشد میکروارگانیسم‌های موجود در فیله‌های ماهی پوشش داده شده و نیز نمونه شاهد سبب ایجاد بافت و بوی نامطلوب در نمونه‌های ماهی می‌شود که احتمالا سبب شده که ارزیاب‌ها امتیاز پایین‌تری از این لحاظ به نمونه‌های تیمار شده با سطوح پایین اسانس بدهند. بنابراین استفاده از پوشش نشاسته‌ای و افزایش درصد اسانس در ساختار آن با توجه به این‌که تاثیرات مطلوبی روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیله‌ها داشت به همین خاطر سبب شده تا ارزیاب‌ها امتیاز بیشتری به شاخص‌های حسی با افزایش درصد بکارگیری اسانس بدهند. بنابراین می‌توان گفت که استفاده از ۳ درصد سیر در ساختار پوشش نشاسته‌ای سبب بهبود خصوصیات حسی و پذیرش کلی نمونه‌های فیله ماهی شیر می‌شود.

53. Djenane
54. Zhang

Table 8 Changes in sensory properties of various treatments of fish fillets

General acceptance	Stench	Tissue	Color	Sensory Property / Treatment
6.00±0.00^{f}	2.00±0.00^{e}	2.00±0.00^{f}	2.00±0.00^{f}	Blank
7.50±0.04^{e}	2.00±0.00^{e}	2.50±0.06^{e}	3.00±0.00^{e}	Coating containing 1% garlic essential oil
10.50±0.05^{c}	3.00±0.01^{c}	3.50±0.05^{c}	4.00±0.00^{c}	Coating containing 2% garlic essential oil
15.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	Coating containing 3% garlic essential oil
7.50±0.05^{e}	2.00±0.00^{e}	2.50±0.04^{e}	3.00±0.00^{e}	Coating containing 1% lemon peel essential oil
9.00±0.04^{d}	2.50±0.05^{d}	3.00±0.00^{d}	3.50±0.06^{d}	Coating containing 2% lemon peel essential oil
13.00±0.06^{b}	4.00±0.00^{b}	4.50±0.05^{b}	4.50±0.05^{b}	Coating containing 3% lemon peel essential oil

* Different lowercase letters represent a significant difference ($p < 0.05$) at a confidence level of 95% per column.

٤- نتیجه‌گیری

ماهی همانند سایر آبزیان به دلیل خصوصیات منحصر به فردی که دارند یکی از فسادپذیرترین محصولات غذایی محسوب می‌شوند. از همین‌رو در دهه‌های اخیر روش‌های متعدد و نوینی جهت افزایش ماندگاری و حفظ خصوصیات مطلوب آنها در طی دوره نگهداری بکار گرفته شده است. یکی از روش‌های نگهدارنده مواد غذایی استفاده از پوشش‌های فعال ضدمیکروبی حاوی عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی است که جایگزین امیدوار کننده‌ای برای نگهدارنده‌های سنتزی به حساب می‌آیند. بنابراین هدف از این پژوهش استفاده از پوشش فعال برپایه نشاسته حاوی اسانس‌های سیر و پوست لیموترش جهت افزایش ماندگاری فیله ماهی شیر در دمای یخچال بود. براساس نتایج به دست آمده در طی این پژوهش مشخص شد که استفاده از پوشش فعال نشاسته‌ای حاوی اسانس و افزایش درصد اسانس‌ها در ساختار آن به طور موثری سبب بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی فیله ماهی شیر خواهد شد. به طوری‌که این خصوصیات در مقایسه با نمونه شاهد بهبود چشمگیری داشتند. در نهایت نتیجه گرفته شد که استفاده از ۳ درصد اسانس سیر در ساختار پوشش برپایه نشاسته منجر به ایجاد خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی مطلوب در فیله‌های ماهی شیر می‌شود که استفاده از این پوشش جهت افزایش ماندگاری فیله ماهی در دمای یخچال توصیه می‌گردد.

٥- فهرست واژگان لاتین

1,1,3,3-tetramethoxypropane, 10
α-Phellandrene, 13
A
Acetic acid: chloroform 3:2, 9
Aldehydes, 5
Allicin, 6
Alliin, 6
Allyl alcohol, 6
B
Barred mackerel, 4
C
Cefixime, 11
Cetrimide-Fucidin-Cephaloridine, 10
D
Diallyl disulfide, 13
Diallyltrisulfide, 13
E
Eosin Methylene Blue, 7
Escherichia coli (E. coli), 11, 26, 28
G
Gamma-glutamyl-s-allyl-cysteine, 6
Garlic, 6
H
Hesperidin, 6
Hydroperoxides, 20
K
Ketones, 19
L
Liliaceae, 6
Limonene, 6
M
Malondialdehyde, 10
Microorganisms, 27
Monoterpene hydrocarbons, 6
N
Naringenin, 6
Novobiocin, 11

Comparative study between film and coating packaging based on shrimp concentrate obtained from marine industrial waste for fish sausage preservation. Food Control, 325-332.
[6] Cardoso, L.G., Santos, J.C.P., Camilloto, G.P., Miranda, A.L., Druzian, J.I., and Guimarães, A.G. 2017. Development of active films poly (butylene adipate co-terephthalate)–PBAT incorporated with oregano essential oil and application in fish fillet preservation. Industrial Crops and Products, 108, 388-397.
[7] Eldaly, E.A., Abd El Salam, E., Salama, M.E., Darwish, W.S., and Harb, A.Y. 2016. Role of radiation in fish preservation. In 8th International Toxicology Symposium in Africa.
[8] Koontz, J.L. 2006. Special delivery: Controlled release of active ingredients from food and beverage packaging. Italian Packaging Technology Award (IPTA) Paper Competition.
[9] Ozdemir, M. and Floros, J.D. 2004. Active food packaging technologies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(3), 185-193.
[10] Mohebi, E. and Shahbazi, Y. 2017. Application of chitosan and gelatin based active packaging films for peeled shrimp preservation: A novel functional wrapping design. LWT-Food Science and Technology, 76, 108-116.
[11] Calo, J.R., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., and Ricke, S.C. 2015. Essential oils as antimicrobials in food systems–A review. Food Control, 54, 111-119.
[12] Di Vaio, C., Graziani, G., Gaspari, A., Scaglione, G., Nocerino, S., and Ritieni, A. 2010. Essential oils content and antioxidant properties of peel ethanol extract in 18 lemon cultivars. Scientia Horticulturae, 126(1), 50-55.
[13] Amagase, H., Petesch, B.L., Matsuura, H., Kasuga, S., and Itakura, Y. 2001. Intake of garlic and its bioactive components. The Journal of nutrition, 131(3), 955S-962S.
[14] Duarte, J.L., Amado, J.R., Oliveira, A.E., Cruz, R.A., Ferreira, A.M., Souto, R.N., and Fernandes, C.P. 2015. Evaluation of larvicidal activity of a nanoemulsion of Rosmarinus officinalis essential oil. Revista Brasileira de Farmacognosia, 25(2), 189-192.
[15] Shen, X.L., Wu, J.M., Chen, Y., and Zhao, G. 2010. Antimicrobial and physical

O
One-way ANOVA, 12
P
Peroxides, 19
Index, 9, 18
Phenols, 5
Plate Count Agar (PCA), 7
Potassium iodide, 9
Potassium tellurite, 11
Pseudomonas agar, 7
Pseudomonas fluorescens bacteria, 10, 27
Psychrophilic bacteria, 10, 27
S
S-allyl-L-cystein sulfoxide, 6
Scomberomoruscommerrson, 4
Scombridae, 4
Sorbitol MacConkey Agar (SMA), 7
T
Terpenes, 5
Thiobarbituric acid (TBA), 9, 21
Index, 10
Trichloroacetic acid, 9
Triple Sugar Iron Agar (TSI), 7
Tryptone Soya Broth (TSB), 7
Tween 80, 7

٦- منابع

[1] Gudarzi, S., Maryamabadi, A., Nabipour, I., Mohebbi, G., Armin, S., Vazirizadeh, A., and Shaghuli, S. 2016. Histamine, as a biomarker of freshness in Barred mackerel (Scomberomorus commerrson). ISMJ, 19(2), 244-257. (in Farsi).
[2] Vaithiyanathan, S., Naveena, B.M., Muthukumar, M., Girish, P.S., and Kondaiah, N. 2011. Effect of dipping in pomegranate (Punica granatum) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 C). Meat science, 88(3), 409-414.
[3] Medina, I., Gallardo, J.M., and Aubourg, S.P. 2009. Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. International journal of food science & technology, 44(8), 1467-1479.
[4] Torrieri, E., Cavella, S., Villani, F., and Masi, P. 2006. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (Dicentrarchus labrax). Journal of Food Engineering, 77(4), 1078-1086.
[5] Alemán, A., González, F., Arancibia, M.Y., López-Caballero, M.E., Montero, P., and Gómez-Guillén, M.C. 2016.

properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. Food Hydrocolloids, 24(4), 285-290.
[16] Lekjing, S. 2016. A chitosan-based coating with or without clove oil extends the shelf life of cooked pork sausages in refrigerated storage. Meat science, 111, 192-197.
[17] Songsaeng, S., Sophanodora, P., Kaewsrithong, J., and Ohshima, T. 2010. Quality changes in oyster (Crassostrea belcheri) during frozen storage as affected by freezing and antioxidant. Food Chemistry, 123, 286–290.
[18] Low, L.K. and Ng, C.S. 1978. Determination of peroxide value. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products, C7.
[19] Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation methods. Methods in Enzymology, 52, 302-310.
[20] Mohan, C., Sekar, C, Rakhavan Kavindapadi, R., Radha Krishnan, K., Babuskin, S., Sudharsan, K., and Sukumar, M. 2016. Impact of S. aromaticum and C. cassia Incorporated Edible Films on Shelf Life of Seer Fish (Scomberomorus guttatus) Stored at Different Temperature COnditions. Journal of Food Processing and Preservation.
[21] Stampi, S., Caprioli, A., De Luca, G., Quaglio, P., Sacchetti, R., and Zanetti, F. 2004. Detection of E. coli O157: H7 in bovine meat products in northern Italy. International Journal of Food Microbiology, 90, 257-262.
[22] Lawless, H.T. and Heymann, H. 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer Science & Business Media.
[23] El-Sayed, H.S., Chizzola, R., Ramadan, A.A., and Edris, A.E. 2017. Chemical composition and antimicrobial activity of garlic essential oils evaluated in organic solvent, emulsifying, and self-microemulsifying water based delivery systems. Food chemistry, 196-204.
[24] Elgendy, E., Ibrahim, H., Elmeherry, H., Sedki, A.G., and Mekhemer, F.U. 2017. Chemical and Biological Comparative in Vitro Studies of Cinnamon Bark and Lemon Peel Essential Oils. Food and Nutrition, 8, 110-125.
[25] Emiroğlu, Z.K., Yemiş, G.P., Coşkun, B.K., and Candoğan, K. 2010. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. Meat science, 86(2), 283-288.
[26] Hyytiä, E., Hielm, S., Mokkila, M., Kinnunen, A., and Korkeala, H. 1999. Predicted and observed growth and toxigenesis by Clostridium botulinum type E in vacuum-packaged fishery product challenge tests. International journal of food microbiology, 47(3), 161-169.
[27] Tongnuanchan, P. and Benjakul, S. 2014. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. Journal of food science, 79(7), R1231-R1249.
[28] 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(3), 540-544.
[29] Schevey, C.T., Brewer, M.S. 2015. Effect of natural antioxidants and lipid model system on lipid oxidation. Journal of food Quality, 38(1), 40-52.
[30] Mc Clements, D.J. and Decker, E.A. 2000. Lipid oxidation in oil-in water emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. Journal of Food Science, 65, 1270-1282.
[31] Brewer, M.S. 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10(4), 221-247.
[32] Ghoorchibeigi, M., Larijani, K., Azar, P.A., Zare, K., and Mehregan, I. 2017. Chemical Composition and Radical Scavenging Activity of Citrus limon Peel Essential Oil. Oriental Journal of Chemistry, 33(1), 458-461.
[33] Alparslan, Y., Metin, C., Yapıcı, H.H., Baygar, T., Günlü, A., and Baygar, T. 2017. Combined effect of orange peel essential oil and gelatin coating on the quality and shelf life of shrimps. Arch Lebensmittelhyg, 68, 69-78.
[34] Oğuzhan Yıldız, P., Yangılar, F. 2017. Effects of whey protein isolate based coating enriched with Zingiber officinale and Matricaria recutita essential oils on the quality of refrigerated rainbow trout. . Journal of Food Safety, 37(4), e 12341.

[35] Bautista, M.N. and Subosa, P.F. 1997. Changes in shrimp feed quality and effects on growth and survival of Penaeus monodon juveniles. Aquaculture, 151((1-4)), 121-129.
[36] Frankel, E.N. 2005. In Edwin N. Lipid oxidation. Bridgwater, UK: The Oily Press, PJ Barnes Associates.
[37] Sikorski, Z.E., Kolakowska, A. 1990. Freezing of marine food. *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*. CRC Press, Inc, Florida. hal. 111-124.
[38] Kwon, H., Ko, J.H., and Shin, H.S. 2015. Evaluation of antioxidant activity and oxidative stability of spice-added mayonnaise. Food Science and Biotechnology, 24(4), 1285-1292.
[39] Sørensen, A.D.M., Haahr, A.M., Becker, E. M., Skibsted, L.H., Bergenståhl, B., Nilsson, L., and Jacobsen, C. 2008. Interactions between iron, phenolic compounds, emulsifiers, and pH in omega-3-enriched oil-in-water emulsions. Journal of agricultural and food chemistry, 1740-1750.
[40] Hamedi, H., Kargozari, M., Shotorbani, P.M., Mogadam, N.B., and Fahimdanesh, M. 2017. A novel bioactive edible coating based on sodium alginate and galbanum gum incorporated with essential oil of Ziziphora persica: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food model. Food Hydrocolloids, 72, 35-46.
[41] Tananuwong, K. and Tewaruth, W. 2010. Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. LWT-Food Science and Technology, 43(3), 476-481.
[42] Alotaibi, S. and Tahergorabi, R. 2018. Development of a sweet potato starch-based coating and its effect on quality attributes of shrimp during refrigerated storage. LWT-Food Science and Technology, 88, 203-209.
[43] Hou, L., Shi, Y., Zhai, P., and Le, G. 2007. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (Musca domestica) in medium and orange juice. Food Control, 18(11), 1350-1357.
[44] Sanla-Ead, N., Jangchud, A., Chonhenchob, V., Suppakul, P. 2012. Antimicrobial Activity of cinnamaldehyde and eugenol and their activity after incorporation into cellulose-based packaging films. Packaging Technology and Science, 25(1), 7-17.
[45] Shan, B., Cai, Y.Z., Brooks, J.D., and Corke, H. 2007. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. International Journal of food microbiology, 117(1), 112-119.
[46] Seow, Y.X., Yeo, C.R., Chung, H.L., Yuk, H.G. 2014. Plant essential oils as active antimicrobial agents. Critical reviews in food science and nutrition, 54(5), 625-644.
[47] Djenane, D., Aïder, M., Yangüela, J., Idir, L., Gómez, D., and Roncalés, P. 2012. Antioxidant and antibacterial effects of Lavandula and Mentha essential oils in minced beef inoculated with E. coli O157: H7 and S. aureus during storage at abuse refrigeration temperature. Meat science, 92(4), 667-674.
[48] Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Jiang, P., and Quek, S. 2016. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Food Control, 59, 282-289.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of active edible starched-based coating containing garlic and lemon peel essential oils on the characteristics of Barred mackerel (*Scomberomoruscommerrson*) fillet.

Rahmani, S. [1*], Nikoopour, H. [2], Sharifan, A.[3]

1. MSc Graduate in Food Science and Technology,Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2018/ 12/ 25
Accepted 2021/ 08/ 22

Keywords:

Lemon peel essential oil,
Garlic essential oil,
Barred mackerel,
Starch.

DOI: 10.52547/fsct.18.120.13

DOR:20.1001.1.20088787.1400.18.120.13.5

*Corresponding Author E-Mail:
sepidehrahmani83@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of active edible starch-based coating containing garlic and lemon peel essential oils with 0, 1, 2 and 3% levels as biopreservative to maintain the microbial quality of Barred mackerel (Scomberomoruscommerrson) fillet during 12 days at 4 ºC. The relative influence of active starch coating on pH, peroxide value (PV), thiobarbituric acid (TBA), color parameters (L*, a and b), microbial characteristics (total viable count, psychrophilic bacteria, Pseudomonas fluorescens and E. coli O157: H7) and sensory properties were assessed. Results revealed that using the starch-based coating containing essential oils led to the reduction of both pH changes and L* index, and the increase of b, PV and TBA indices. However, the treated samples with a higher levels of essential oils had less color changes during the storage time. The results of oxidative stability analysis showed that by increasing the level of essential oils and storage time, the PV and TBA indices decreased and increased, respectively. The tested microbial indices in all samplesalso increased during storage time. Moreover, by increasing the concentation of essential oils and storage time, the growth of microorganisms diminished and increased, respectively.Based on the sensory evaluation, using the high levels of essential oils increased the sensory properties. In conclusion, utilization of 3% garlic essential oil as biopreservative in the structure of active edible starch-based coating resulted in desirable physicochemical, microbial and sensory properties in Barred mackerel fillets.