مقاله ترویجی

مروری بر کاربرد بسته‌بندی‌های فعال ضدمیکروبی بر پایه اسانس‌ها در غذاهای دریایی

صونا دودانگه [1×]

تاریخ دریافت مقاله: تیرماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۹

چکیده

محصولات ماهی با ارزش تغذیه‌ای قابل توجّه و اثرات فیزیولوژیکی خوب، بازار بزرگ و پتانسیل مصرف بالایی دارد. با توجّه به اینکه ساختار غنی از پروتئین و کم چرب ماهی موجب می‌گردد که محصولات ماهی به آسانی فاسد گردند و نگهداری از آن‌ها مشکل باشد، بنابرین ضایعات این محصولات بالاست. بسته‌بندی فعال یک رویکرد نوآورانه توسعه یافته برای حفاظت و افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی، حصول اطمینان از کیفیت، سلامتی و بی‌عیب بودن محصول است. فنّاوری‌های بسته‌بندی فعال شامل: برخی اقدامات فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی است که برهم‌کنش میان بسته‌بندی و محصول را برای حصول نتیجه مطلوب تغییر می‌دهد. از جمله ترکیباتی که در بسته‌بندی‌های فعال ضدمیکروبی به عنوان عامل ضدمیکروبی کاربرد دارند، اسانس‌ها می‌باشند. اسانس‌ها از بخش‌های مختلف گیاهان تولید می‌شوند و به عنوان مکانیسم‌های دفاعی علیه میکروارگانیسم‌ها عمل می‌نمایند. در سال‌های اخیر، تأثیر طیف عظیمی از اسانس‌ها بر اکسیداسیون لیپیدها و رشد میکروب‌ها توسط محققان فراوانی مورد بررسی قرار گرفته است. مشخص شده است که اسانس پونه کوهی مکرراً به عنوان نگهدارنده برای ماهی استفاده شده است و بعد از آن اسانس‌های رزماری و آویشن قرار دارند.

واژه‌های کلیدی

ارزش تغذیه‌ای، بسته‌بندی فعال، عمر ماندگاری، غذاهای دریایی و اسانس

۱- مقدمه

بسته‌بندی فعال یک مفهوم ابتکاری است که می‌تواند به عنوان نوعی از بسته‌بندی که شرایط را برای افزایش ماندگاری، بهبود ایمنی یا خواص حسی ضمن حفظ کیفیت مواد غذایی تغییر دهد، تعریف شود [۱]. یک تعریف متفاوت از بسته‌بندی فعال این‌گونه بیان می‌شود: سیستمی که در آن محصول، بسته‌بندی و محیط به روشی مثبت جهت افزایش ماندگاری یا دستیابی به برخی از خصوصیات که با روشی دیگر امکان‌پذیر نیست، با یکدیگر واکنش می‌دهند [۲].

اخیراً شیوع بیماری‌های میکروبی حاصل از مواد غذایی، دانشمندان را بر آن داشته تا در جستجوی راه‌هایی برای مهار رشد میکروبی در مواد غذایی باشند به گونه‌ای که کیفیت، طراوت و ایمنی مواد غذایی حفظ شود. نسل جدید بسته‌بندی مواد غذایی شامل موادی با

۱- دانشجوی دکتری تخصصی فنّاوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان
(× نویسنده مسئول: sawnadodange@gmail.com)

خواص ضدمیکروبی است. بسته‌بندی ضدمیکروبی نـوعی از بسته‌بندی فعال است [۳]. بسته‌بندی ضدمیکروبی موادغـذایی به گونه‌ای عمـل مـی‌کنـد کـه باعـث مهـار یـا تـأخیر رشـد میکروارگانیسم‌ها می‌شـود کـه ممکـن اسـت در بسـته مـواد غذایی یا مواد غذایی بسته‌بندی شده موجود باشند.

این فنّاوری بسته‌بندی می‌تواند نقش مهمی را در افزایش ماندگاری موادغذایی و کاهش خطر ابتلا به عوامل بیماری‌زا ایفا کند و تا حدودی باعث افزایش ایمنی و کیفیت محصول شود. آلودگی میکروبیولوژیکی ممکن است در طول فرآوری نامساعد یا هنگامی که بسته پلمپ شده پاره یا سوراخ شود، رخ دهد. روش‌های سنتی حفظ مواد غذایی از اثرات مضر رشد میکروبی شامل عملیات حرارتی، خشک کردن، انجماد، تبرید، پرتودهی، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و اضافه کردن نمک‌ها و عوامل ضدمیکروبی می‌باشند[٤]. بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی امروزه شامل سیستم‌هایی نظیر پراکنده‌کردن عامل‌های زیست‌فعال در بسته‌بندی، ایجاد پوششی از عوامل زیستی فعال بر روی سطوح مواد بسته‌بندی شده و یا استفاده از ماکرومولکول‌های ضدمیکروبی با خاصیت تشکیل فیلم یا ماتریکس خوراکی هستند. برخی از عوامل که دارای خاصیت ضد میکروبی هستند عبارتند از: اتانول، دی‌اکسیدکربن، یون‌های نقره، دی‌اکسید کلر، آنتی‌بیوتیک‌ها، اسیدهای آلی، روغن‌ها و ادویه‌جات که به منظور مهار رشد میکروارگانیسم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (باکتری‌ها هم‌چنین می‌توانند به بسته‌ها حمله کنند و بر عملکرد و خواص آن‌ها اثر بگذارند).

۲- ماهی و فساد آن

محصولات ماهی غنی از آمینو اسیدهای ضروری و پروتئین‌های با کیفیت و مواد معدنی متنوع نظیر: فسفر، منیزیم، آهن، روی و ید هستند. به علاوه، محصولات ماهی معمولاً منبع خوبی از ویتامین‌های B هستند و ماهی‌های با مقادیر بیش‌تر محتوی چربی علاوه بر ویتامین‌های B، غنی از ویتامین‌های A و D هستند [۵]. در چربی ماهی‌ها، مقادیر زیاد و با کیفیتی از اسیدهای چرب چندغیراشباعی یافت می‌گردد. ایکوزاپنتانوئیک اسید[1] و دوکازاهگزائنوئیک اسید[2] مهم‌ترین منابع اسیدهای چندغیراشباعی امگا ۳ برای انسان هستند که از ماهی منشأ می‌گیرند[٦]. مطالعات نشان داده‌اند که خوردن محصولات ماهی دو تا سه بار در هفته جهت کاهش خطرات قلبی عروقی شناخته شده، نظیر جلوگیری از افزایش چربی‌های خون و فشار خون، و تجمع پلاکت‌ها (ترومبوز[3]) مفید است[۵]. بنابراین، محصولات ماهی با ارزش تغذیه‌ای قابل توجّه و اثرات فیزیولوژیکی خوب، بازار بزرگ و پتانسیل مصرف بالایی دارد. با توجّه به اینکه ساختار غنی از پروتئین و کم چرب ماهی موجب می‌گردد که محصولات ماهی به آسانی فاسد گردند و نگهداری از آن‌ها مشکل باشد، بنابرین ضایعات این محصولات بالاست[۸].

کیفیت محصولات ماهی به عوامل زیادی نظیر: گونه‌های ماهی، دما، بار میکروبی، تغذیه ماهی، فصل، سیکل تخم‌ریزی، روش‌های ماهی‌گیری، اندازه، سن و موقعیت جغرافیایی بستگی دارد. کیفیت اولیه محصولات ماهی صید شده اساساً به عادات تغذیه، بلوغ جنسی، محل صید ماهی و عمق زندگی بستگی دارد. اگرچه، دما و میکروارگانیسم‌ها مهم‌ترین عوامل فساد در محصولات ماهی هستند. تازگی مهم‌ترین عامل ارزیابی کیفیت ماهی، در بازار و در بخش‌های عظیمی از جهان می‌باشد، اما، در حال حاضر ارزیابی کیفیت نیازمند ابزارهای پیشرفته و اپراتورهای با مهارت بالا و فرآیند آماده‌سازی خسته‌کننده می‌باشد. بنابراین، این روش‌ها برای ارزیابی زمان واقعی تازگی مناسب نیستند و حتّی برای مصرف‌کنندگان معمولی در دسترس نیستند [۹].

۳- بسته‌بندی فعال

بسته‌بندی فعال به عنوان بسته‌بندی که ترکیبات کمکی و معینی در داخل مواد بسته‌بندی یا فضای بالای

1- Eicosapentaenoic Acid (EPA)
2- Docosahexaenoic Acid (DHA)
3- Thrombosis

بسته‌بندی[1] یا لایه داخلی بسته‌بندی قرار دارند، تعریف می‌شود. بسته‌بندی فعال یک رویکرد نوآورانه توسعه یافته برای حفاظت و افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی، حصول اطمینان از کیفیت، سلامتی و بی‌عیب بودن محصول است. فنّاوری‌های بسته‌بندی فعال شامل برخی اقدامات فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی است که برهم‌کنش میان بسته‌بندی و محصول را برای حصول نتیجه مطلوب تغییر می‌دهد [۱۰]. در سیستم‌های بسته‌بندی یک برهم‌کنش میان بسته‌بندی، غذا و محیط وجود دارد. اتمسفر بسته‌بندی به صورتی فعال توسط موادی که گازها و بخار آب را جذب و آزاد می‌نمایند، کنترل می‌شود. بسته‌بندی فعال به طور عمده برای حفاظت در برابر اکسیژن و رطوبت استفاده می‌شود.

بسته‌بندی فعال به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرد، موادی که تراشه و پد نامیده می‌شوند که در داخل بسته‌بندی‌ها قرار می‌گیرند و برخی از اجزای فعال به داخل مواد بسته‌بندی اضافه می‌شوند. تراشه‌ها و پدها به طور گسترده برای جذب یا انتشار گازها در یک بسته یا فضای فوقانی استفاده می‌شوند. برخی از معایب تراشه‌ها عبارتند از: ضرورت عملیات اضافی برای افزودن هر کدام از این تراشه‌ها و نامناسب بودن برای غذاهای با مقدار زیاد آب نظیر نوشیدنی‌ها [۱۱]. سیستم‌های بسته‌بندی فعال می‌توانند در دو دسته قرار گیرند. سیستم‌های فعال جذب‌کننده[2] که ترکیبات نامطلوب را از غذا می‌زدایند و سیستم‌های منتشرکننده فعال[3] که ترکیباتی را به موادغذایی بسته‌بندی شده یا فضای بالای بسته اضافه می‌نماید.

۳-۱- سیستم‌های بسته‌بندی ضدمیکروبی

هدف از بسته‌بندی ضدمیکروبی جلوگیری از رشد گونه‌های نامطلوب باکتریایی که عامل فساد غذای بسته‌بندی شده هستند، از طریق آزاد نمودن ماده ضدمیکروبی می‌باشد[۱۲]. مواد ضدمیکروبی می‌توانند با مواد بسته‌بندی غذایی ترکیب شوند یا پوشش داده شوند تا میکروارگانیسم‌های نامطلوب در غذاها کنترل گردند. مواد بسته‌بندی ضدمیکروبی می‌توانند به دو نوع طبقه‌بندی شوند: آن‌هایی که حاوی مواد ضدمیکروبی هستند که به سطح مواد بسته‌بندی مهاجرت می‌نمایند و آن‌هایی‌که علیه میکروب‌های سطحی فعال هستند، بدون آنکه به غذا مهاجرت نمایند [۱۳ و ۱۴].

مواد متنوعی خاصیت ضدمیکروبی دارند که برای ممانعت از رشد میکروبی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در بین آن‌ها، سیستم‌های آزادکننده اتانول به طور موفّقیّت آمیزی به دلیل اثر ممانعتی بر روی میکروارگانیسم‌ها استفاده شده است. دی‌اکسید کلر، دی‌اکسید گوگرد، کربن دی‌اکسید، اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به عنوان مواد ضدمیکروبی فراری هستند که برای غذاهای بسته‌بندی شده استفاده می‌شوند[۱۵]. اسیدهای آلی (اسیدهای پروپیونیک[4]، بنزوئیک[5] و سوربیک[6])، باکتریوسین‌ها[7] (نیسین[8])، ادویه و عصاره‌های گیاهی نظیر: رزماری، میخک، ترب کوهی، خردل، دارچین و آویشن، آنزیم‌ها (پراکسیدازها، لیزوزیم[9] و گلوکز اکسیداز[10])، عوامل شلاته کننده[11]، اسیدهای غیرآلی (گوگرد دی‌اکسید و دی‌اکسید کلر) و عوامل ضدقارچی (ایمازالیل[12] و بنومیل[13]) برای فعالیت ضدمیکروبی در فیلم‌های پلاستیکی و خوراکی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند [۱۶].

از ویژگی‌های عمومی فیلم ضدمیکروبی می‌توان گفت که فیلم باید در غلظت‌های کم ماده ضدمیکروبی مؤثر باشد تا هیچ تغییری را در خصوصیات حسی محصول ایجاد ننماید، کم هزینه و مطابق با قوانین موجود بوده و

1- Head Space
2- Absorbers
3- Emitters

4- Propionic
5- Benzoic
6- Sorbic
7- Bacteriocins
8- Nisin
9- Lysozyme
10- Glucose Oxidase
11- Ethylenediaminetetraacetic Acid(EDTA)
12- Imazalil
13- Benomyl

برای طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها مؤثر باشد[۱۷]. عملکرد ماده ضدمیکروبی هم به وسیله ترکیب با ماتریس پلیمر یا پوشش‌دهی یک ماتریس با حالت جامد اتّفاق می‌افتد.

مواد بسته‌بندی ضدمیکروبی ، عمر ماندگاری موادغذایی را افزایش داده و کیفیت و سلامتی محصول را از طریق گسترش فاز تأخیری و کاهش فاز رشد میکروارگانیسم‌ها حفظ می‌نماید [۱۸]. چنین بسته‌بندی‌هایی سبب کاهش مقدار مواد نگهدارنده مورد استفاده در مواد غذایی شده و تقاضای مصرف‌کنندگان را درخصوص تأمین مواد غذایی فرآوری شده با حداقل سطح افزودنی برآورده می‌سازد[۱۲].

نوعی ماهی (افسرده ماهی)[1] در فیلم زیست‌تخریب‌پذیر پلی‌لاکتیک اسید ترکیب شده با جلبک[2] لیوفیلیزه[3] شده و سوربیک اسید در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های نگهداری شده در فیلم زیست‌تخریب‌پذیر پلی‌لاکتیک اسید حاوی ۸٪ جلبک و ۱٪ سوربیک اسید حتّی در روز یازدهم نیز مورد قبول بود، در حالی‌که نمونه‌های ماهی کنترل در این زمان رد شدند [۱۹]. گزارش گردید که ماهی سالمون بسته‌بندی شده با یک فیلم پلاستیکی انعطاف‌پذیر که با تیمول به عنوان یک ماده ضدمیکروبی ترکیب شده بود، عمر ماندگاری را به بالای ۱۸ روز در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد رساند[۲۰]. فیله‌های دو نوع ماهی هیک[4] و حلوا[5] و در ماتریکس تحت شرایط خلأ بسته‌بندی شدند. کاهش بیش از سه سیکل لگاریتمی در جمعیت میکروبی در نمونه‌های نگهداری شده با فیلم کیتوزانی و بسته‌های تحت خلأ مشاهده گردید[۲۱]. فیلم‌های ژلاتینی حاوی کیتوزان، میخک، و اسانس‌های فلفل برای نگهداری فیله‌های دو نوع ماهی هیک و حلوا مورد استفاده قرار گرفتند. تمام فیلم‌ها اثرات بازدارندگی علیه استافیلوکوکوس اورئوس[6]، آئروموناس هیدروفیلا[7] و لیستریا مونوسیتوژنز[8] نشان دادند [۲۲].

٤- اسانس‌ها

از جمله ترکیباتی که در بسته‌بندی‌های فعال ضدمیکروبی به عنوان عامل ضدمیکروبی کاربرد دارند، اسانس‌ها می‌باشند. اسانس‌ها از بخش‌های مختلف گیاهان تولید می‌شوند و به عنوان مکانیسم‌های دفاعی علیه میکروارگانیسم‌ها عمل می‌نمایند. این ترکیبات طبیعی به عنوان عوامل ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند و ترکیبی بسیار پیچیده از صدها ترکیبات روغنی فرّار آروماتیک منحصر به فرد هستند که از مواد گیاهی مختلف نظیر: برگ‌ها، پوست‌ها، ساقه‌ها، ریشه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها استخراج می‌شوند [۲۳ و ۲٤]. در مجموع بیش از ۳۰۰۰ نوع از اسانس‌ها شناخته شده‌اند که تنها ۳۰۰ نوع آن‌ها از نظر تجاری برای کاربرد در غذا و دیگر صنایع مورد توجّه قرار گرفته‌اند [۲۵].

٤-۱- ترکیبات شیمیایی اصلی و منابع عمده

به خوبی مشخص شده است که خصوصیات بیولوژیکی اسانس‌ها در درجه اول ناشی از حضور ترکیبات عمده، حدود بیش از ۸۵٪ روغن است، در حالی‌که ترکیبات جزئی، در مقادیر کم، می‌تواند اثر سینرژیستی با دیگر ترکیبات داشته باشند [۲۵]. از لحاظ شیمیایی، اسانس‌ها شامل: خانواده متنوعی از ترکیبات آلی با وزن مولکولی پایین هستند که می‌توان آن‌ها را براساس ساختار شیمیایی به چند گروه: ترپن‌ها[9]، ترپنوئیدها[10]، آروماتیک‌ها (فنیل‌پروپانوئیدها[11]) و دیگر ترکیبات تقسیم نمود[۲۵].

1- Lepidorhombus Whiffagonis
2- Fucus Spiralis
3- Lyophilized
4- Hick Fish Fillet
5- Silver Pomfret

6- Aureus
7- Aeromonas Hydrophila
8- Listeria Monocytogenes
9- Terpene
10- Terpenoids
11- Phenylpropanoid

مثال‌های خوب ترپنوئیدها که در اسانس‌ها یافت می‌شوند شامل: تیمول[1]، کارواکرول[2]، لینالول[3]، لینالیل استات[4]، سیترونلال[5]، پیپریتون[6]، منتول[7] و گرانیول[8] می‌باشند، در حالی‌که اوژنول[9] و سینامآلدئید[10] شناخته شده‌ترین فنیل‌پروپانوئیدها هستند [۲۴]. باید تأکید گردد که ترکیبات فنولی نظیر: تیمول، کارواکرول و اوژنول ترکیبات اصلی مسئول اثرات حفاظتی اسانس‌ها هستند [۲۶].

براساس مطالعات انجام شده، اسانس‌های حاصل از پونه کوهی، رزماری، آویشن، برگ بو[11]، مریم گلی[12]، دارچین، میخک و ریحان بیش‌ترین ترکیبات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی استفاده شده در ماهی و محصولات غذاهای دریایی می‌باشند.

بسیاری از مطالعات اخیر اثرات نگهدارنده اسانس‌های به دست آمده از منابعی نظیر میخک[13][۲۷]، مریم گلی [۲۷]، زردچوبه و علف لیمو [۲۸] و لیمو [۲۹] را بررسی نموده‌اند. نتایج این مطالعات نشان داد که استفاده از این اسانس‌ها برای ماهی و دیگر غذاهای دریایی به تنهایی و یا در ترکیب با دیگر روش‌های نگهداری در بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری محصولات تیمار شده مؤثر بودند.

٤-٢- روش‌های کاربرد اسانس

اسانس‌ها به روش‌های متنوعی می‌توانند در صنعت فرآوری ماهی به کار روند. تیمار مستقیم محصولات ماهی و غذاهای دریایی با اسانس‌ها طی مراحل تولید و فرآوری که به دنبال استفاده از اسانس‌ها به عنوان فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی و افزودن اسانس‌ها به خوراک حیوان می‌باشد، متداول‌ترین رویکرد به کار رفته می‌باشند. اگرچه افزودن مستقیم اسانس‌ها [۲۷] یا ترکیبات آن‌ها [۳۰] به ماهی و دیگر غذاهای دریایی متداول‌ترین روش کاربرد می‌باشد، این روش با برخی معایب و انتقادات مواجه است که کاربرد آن را در این محصولات محدود می‌نماید. در واقع، عموماً مشاهده شده است که غلظت‌های بالایی از اسانس‌ها برای رسیدن به اثر مشابه در غذا در مقایسه با مقادیر مورد نظر در تیمارهای آزمایشگاهی نیاز می‌باشد. به علاوه، برخی از اسانس‌ها حتّی در دوزهای پایین می‌توانند بر خواص حسی اثر منفی داشته باشند [۳۱]. بنابراین، برخی محققان استفاده از پوشش‌های خوراکی غنی شده با اسانس‌ها را به عنوان گزینه جایگزین و مناسب به منظور کاهش دوزهای مورد نیاز پیشنهاد داده‌اند [۳۱]. به علاوه، برخی محققان گزارش نموده‌اند که تغذیه ماهی توسط اسانس‌ها طی حمل‌ونقل قبل از صید و ذبح می‌تواند سبب حفظ تازگی ماهی شده و عمر ماندگاری آن را افزایش دهد.

اخیراً، روش دیگری که جهت کاهش اثرات ارگانولپتیکی ناشی از استفاده اسانس‌ها به کار می‌رود، آماده‌سازی میکرو و نانوامولسیون‌هاست که نه تنها پایداری آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی، بلکه همچنین خصوصیات عملکردی و کیفیت ارگانولپتیکی محصول را بهبود می‌بخشد [۲۳ و ۲۹]. در واقع، با انکپسولاسیون اسانس‌ها در داخل این چنین امولسیون‌هایی ممکن است پایداری ترکیبات فرّار افزایش یابد و می‌توان آن‌ها را از برهم‌کنش با ماتریکس غذا حفظ نمود [۳۲]. بسته‌بندی فعال به معنای کاربرد اسانس‌ها در بسته‌بندی است که به این ترکیبات به روشی کنترل شده به منظور افزایش خصوصیات ارگانولپتیک و کنترل خصوصیات میکروبیولوژی اجازه آزادسازی داده می‌شود [۳۳].

استفاده از اسانس‌ها به عنوان افزودنی در تغذیه ماهی به عنوان یک روش مؤثر برای افزودن عوامل ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی طبیعی به گوشت یا محصولات ماهی در نظر

1- Timol
2- Carvacrol
3- Linalool
4- Acetate
5- Citronella
6- Piperita L
7- Menthol
8- Graniol
9- Eugenol
10- Cinnamaldehyde
11- Leaf Smell
12- Maryam Goli
13- Eugenia Caryophyllata

گرفته شده است. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای ظرفیت رزماری، تیمول، کارواکرول و[1] BHT تعبیه شده در تغذیه ماهی شانک سرطلایی[2] را در به تأخیر انداختن اکسیداسیون لیپیدها و رشد میکروبی مورد آزمایش قرار دادند [۳٤]. نتایج به دست آمده نشان داد که فیله‌های ماهی دارای تغذیه حاوی کارواکرول در مقایسه با گروه کنترل در طول ۱۸ هفته کم‌ترین مقدار تیوباربیتوریک[3] اسید را داشت، در حالی‌که گروه‌هایی که در تغذیه خود BHT و تیمول داشتند، کم‌ترین شمارش باکتریایی را به خود اختصاص دادند. این نتایج بعدها، با نتایج مطالعه دیگری تطابق داده شد که در این مطالعه اسانس آویشن به عنوان مکمّل غذایی در غلظت‌های مختلف در تغذیه غذایی ماهی گنجانده شد و اثرات بازدارندگی آن بر رشد میکروبی و اکسیداسیون لیپید بر روی فیله‌های ماهی شانک سرطلایی طی ۲۱ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. جالب است که محققان گزارش نمودند که دوزهای بالای اسانس آویشن موجب بار میکروبی کم‌تر انتروباکتریاسه و کلی‌فرم‌ها و پایداری اکسیداتیو بالاتر می‌گردد [۳۵].

٤-۳- مکانیسم عمل

خصوصیات ضدمیکروبی اسانس‌ها از دیرباز شناخته شده است. بیش‌تر مطالعات، اسانس‌ها را به عنوان عامل ضدمیکروبی بررسی نموده‌اند و نتایج نشان داده‌اند که اثر آن‌ها بیش‌تر بر روی باکتری‌ها و کم‌تر بر روی مخمرها و کپک‌ها می‌باشد [۳٦]. اسانس‌ها می‌توانند هم برای ممانعت از رشد باکتری (باکتریواستاتیک)، که به معنای این است که سلول‌های میکروبی قابلیت تولیدمثل خود را بعد از خنثی‌سازی عوامل باز خواهند یافت، مورد استفاده قرار گیرند و هم اگر در غلظت‌های بالا استفاده شوند، سلول‌های باکتریایی را خواهند کشت (باکتریوسید) [۳۷]. اسید لیپوتیکوئیک[4] موجود در غشای سلولی باکتری گرم مثبت ممکن است نفوذ ترکیبات هیدروفوب اسانس‌ها را تسهیل بخشد، در حالی‌که حضور یک غشای خارجی، اطراف دیواره سلولی باکتری گرم منفی سرعت انتشار ترکیبات هیدروفوبیک را از طریق لایه لیپوپلی‌ساکاریدی محدود می‌سازد. به همین دلیل است که باکتری‌های گرم مثبت نسبت به اسانس‌ها کمی حساس‌تر از انواع گرم منفی هستند [۳۸].

حالت‌های ممکن عملکرد اسانس‌ها به عنوان عوامل ضدمیکروبی به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، اما مکانیسم عمل آن‌ها هنوز کاملاً مشخص نشده است [۲۳]. برخی مطالعات گزارش نموده‌اند که فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها را می‌توان به ترکیبات عمده آن‌ها و اساساً ترکیبات فنولی، به علاوه برهم‌کنش آن‌ها با ترکیبات جزئی حاضر در روغن‌ها نسبت داد [۲٤، ۲٦، ۳٦ و ۳۹]. به دلیل ساختار شیمیایی پیچیده اسانس‌ها، گزارش شده است که فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها ممکن است تنها به یک مکانیسم نسبت داده نشود [۲٦]. با این وجود، توافق عمومی که در این باره وجود دارد این است که آب‌گریزی ترکیبات حاضر در اسانس‌ها، آن‌ها را قادر به عبور از دیواره سلولی و غشای سیتوپلاسمی می‌سازد که ساختار لایه‌های مختلف پلی‌ساکاریدی، اسیدهای چرب و فسفولیپیدی و نفوذپذیری آن‌ها را مختل می‌نماید. به علاوه، اسانس‌ها می‌توانند برخی سیستم‌های آنزیمی نظیر: آنزیم‌های مسئول تنظیم انرژی و ساخت ترکیبات ساختاری را غیرفعال نمایند [۲٤ و۲٦].

۵- کاربرد اسانس‌ها در نگهداری ماهی

در سال‌های اخیر، تأثیر طیف عظیمی از اسانس‌ها بر اکسیداسیون لیپیدها و رشد میکروب‌ها توسط محققان فراوانی مورد بررسی قرار گرفته است. گزارش گردیده است که اسانس پونه کوهی مکرراً به عنوان نگهدارنده برای ماهی استفاده شده است و بعد از آن اسانس‌های رزماری و آویشن قرار دارند [٤۰]. بسته به نوع اسانس به

1- Butyl Hydroxyl Toluene
2- Sparus Aurata
3- Thiobarbituric
4- lipoteichoic Acid

کار رفته، غلظت آن و خصوصیات ماده خام، اثرات متفاوتی مشاهده شده است.

یک مثال استفاده از اسانس‌ها به منظور ممانعت از اکسیداسیون لیپیدها، اثر اسانس آویشن شیرازی بر کیفیت همبرگرهای گربه ماهی نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد می‌باشد [٤١]. نتایج نشان داد که در هر دو غلظت مورد آزمایش (٠/٢ و ٠/٤ ٪)، اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک اسید با افزودن اسانس در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده کاهش قابل توجّهی داشتند که به حضور ترکیبات فنولی نظیر: کارنوزول[1]، کانوزیک اسید[2] و رزمارینیک اسید[3] نسبت داده شد. هرچند، همبرگرهای گربه ماهی تیمار شده با ٠/٤ ٪ آویشن شیرازی اثر ممانعت‌کنندگی بیش‌تری را بر روی اکسیداسیون لیپید و رشد میکروبی در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با غلظت ٠/٢ ٪ اسانس از خود نشان دادند. این فعالیت ممانعت‌کنندگی وابسته به دوز اسانس‌ها نتایج بعدی را تایید نمود، که نشان داده شد غلظت بالاتر اسانس میخک به کار رفته در تکّه‌های دودی قزل آلای رنگین کمانی[4] در جلوگیری از رشد میکروبی و اکسیداسیون لیپیدها مؤثرتر بود [٤٢].

با این حال، این موضوع باید در نظر گرفته شود که استفاده از اسانس‌ها به عنوان افزودنی طبیعی غذا در غلظت‌های بالا ممکن است خصوصیات حسی نامطلوبی را بر ماهی تیمار شده ایجاد نماید و حتّی ممکن است واکنش‌های آلرژیک را موجب گردد. در واقع، برخی اسانس‌ها از طریق بو و طعم قوی‌شان قابل تشخیص هستند که می‌توانند ایجاد یک پس‌طعم نامطلوب نمایند، بنابراین درجه پذیرش ماهی و غذاهای دریایی را کاهش می‌دهند [٣٣ و ٤٣]. به همین دلیل است که اثربخشی خاصیت ضدمیکروبی اسانس‌ها معمولاً با استفاده از مفهوم "حداقل غلظت بازدارندگی" که عبارت است از: کم‌ترین غلظتی که قادر به ممانعت از رشد ارگانیسم‌های چالش‌برانگیز می‌باشد، توصیف می‌گردد [٢٦ و ٤٤].

یک روش پیشنهاد شده به منظور کاهش اثرات ارگانولپتیکی اسانس‌های اضافه شده به ماهی و دیگر غذاهای دریایی استفاده از پوشش‌های غنی شده توسط اسانس‌ها می‌باشد [٣١ و ٤٥]. به عنوان مثال، یک پوشش ژلاتینی غنی شده توسط اسانس دارچین[5] در غلظت‌های مختلف (١٪، ١/٥ ٪ و ٢٪) به عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بر روی قزل‌آلای رنگین کمانی نگهداری شده در یخچال مورد آزمایش قرار گرفت [٤٦]. نتایج نشان داد که این تیمار سرعت اکسیداسیون لیپیدها را کاهش داد. از نتایج به دست آمده، محققان به این نتیجه رسیدند که پوشش ژلاتینی غنی شده توسط اسانس دارچین برای حفظ صفات کیفی فیله‌های قزل‌آلای رنگین کمانی در سطح قابل قبول، طی نگهداری مناسب بود.

در سال‌های اخیر، به جای افزودن مستقیم اسانس‌ها به محصولات ماهی، میکرو و نانوامولسیون‌ها به منظور انتقال ترکیبات فعال اسانس‌ها به غذا و حتّی افزایش خصوصیات عملکردی محصولات تیمار شده به حوزه جالبی در تحقیقات تبدیل شده‌اند [۴۷].

به عنوان مثال، اخیراً مطالعه‌ای اثرات میکروامولسیون حاوی ٠/٣ ٪ یا ١٪ اسانس لیمو را بر کیفیت ساردین نمک‌سود شده در طول ١٥٠ روز مورد بررسی قرار داد. نتایج، کاهش در غلظت گروه‌های میکروبی مورد آزمایش، شامل انتروباکتریاسه[6]، استافیلوکوکوس[7] و باکتری‌های میله‌ای لاکتیک اسید را نشان داد. به علاوه، افزودن این اسانس، به خصوص در غلظت ١٪، کاهش در مقدار هیستامین تجمع یافته در ساردین تیمار شده در مقایسه با نمونه‌های کنترل را نشان داد. محقق، اثر نگهداری اسانس لیمو را به برخی ترکیبات آلی فرار متعلّق به

1- Carnosol
2- Kanozic Acid
3- Rosemary Acid
4- Oncorhynchus Mykiss
5- Cinnamomum Zeylanicum
6- Enterobacteriaceae
7- Staphylococcus

هیدروکربن‌های مونوترپن[1]، مونوترپن‌های اکسیژنه و هیدروکربن‌های سسکواترپنوئیدها[2] نسبت داد [۲۹].

مقالات علمی نشان داده‌اند که اثر اسانس‌ها یا ترکیبات آن‌ها به عنوان عوامل ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی به منبع این افزودنی‌های طبیعی غذایی بستگی دارد. به عنوان مثال، کارویی و هاسون (۲۰۱۷) گزارش نمودند که اسانس‌های ریحان و رزماری در غلظت یکسان (۱٪) فعالیت نگهدارنده متفاوتی داشتند، به طوری که اولی در به تأخیر انداختن فساد ماهی در مقایسه با دومی مؤثرتر عمل نمود [٤٨]، در حالی‌که در مطالعه دیگر، اسانس رزماری در ممانعت از اکسیداسیون لیپیدها از اسانس پونه کوهی مؤثرتر بود [٤٩]. در بررسی دیگری، سه اسانس، شامل میخک، زیره و نعناع جهت بررسی کارایی آن‌ها در ممانعت از کاهش کیفیت و افزایش عمر ماندگاری فیله‌های ماهی شوریده قرمز[3] در طول ۲۰ روز نگهداری در شرایط یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت [٥٠]. از بین نتایج به دست آمده، محققان نشان دادند که افزودن این اسانس‌ها در غلظت ٤ میلی‌لیتر/لیتر مقدار آمین‌های بیوژن[4] و شمارش میکروفلور[5] میکروارگانیسم‌های مختلف را کاهش داده، بنابراین عمر ماندگاری ماهی ۱۰ روز در مقایسه با نمونه کنترل افزایش یافت، اگرچه فعالیت موثرتری برای اسانس نعناع در مقایسه با دو اسانس دیگر به دست آمد. اثرگذاری متفاوت اسانس‌های مختلف می‌تواند به تفاوت در ترکیب شیمیایی آن‌ها، به ویژه ترکیبات عمده آن‌ها که به نوبه خود به شرایط مختلف نظیر: آب‌وهوا، ژنتیک و غیره بستگی دارد، نسبت داده شود.

٦- اثر سینرژیستی بین اسانس‌ها و دیگر روش‌های نگهداری

برخی محققان نشان داده‌اند به دلیل اثرات سینرژیستی، تیمار ترکیبی اسانس‌ها و دیگر روش‌های نگهداری می‌توانند فعالیت‌های ضدمیکروبی و/ یا آنتی‌اکسیدانی بهتری را در مقایسه با تیمار تنها داشته باشند. براساس تحقیقات انجام گرفته، به نظر می‌رسد که اسانس‌ها می‌توانند در ترکیب با روش‌های نگهداری متنوعی، نظیر: بسته‌بندی تحت خلأ، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، کیتوزان، نیسین و دیگر عوامل به کار روند. نشان داده شده است که اسانس‌ها با بسته‌بندی تحت خلأ و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده دارای اثر سینرژیستی می‌باشد. اثر تیمار ترکیبی اسانس پونه کوهی در دو غلظت ۰/۲ و ۰/٤ ٪ و بسته‌بندی تحت خلأ بر روی هشت‌پای مدیترانه‌ای[6] نگهداری شده تحت شرایط یخچالی برای یک دوره ۲۳ روزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج، پایداری ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت شرایط خلأ تیمار شده با ۰/٤ ٪ اسانس پونه کوهی را در مقایسه با نمونه کنترل نشان دادند. محققین نتیجه گرفتند که استفاده از این اسانس در ترکیب با بسته‌بندی تحت خلأ افزایش تقریباً ۱۷ روزه عمر ماندگاری هشت پای مدیترانه‌ای را در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده نشان داد [٥١]. این نتایج با نتایج حاصل از دیگر مطالعات انجام شده بر روی فیله‌های قزل‌آلای[7] نگهداری شده در یخچال با استفاده از همان اسانس در غلظت برابر به علاوه فیله‌های کپور[8] با استفاده از ۰/۱ ٪ اسانس دارچین مطابقت داشت.

در بررسی دیگری، گروه تحقیقاتی نتایج مشابه را از طریق ترکیب اسانس مریم گلی (۲٪ و ٤٪) و بسته‌بندی تحت خلأ در طول نگهداری یخچالی فیله‌های قزل‌آلای رنگین کمانی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به دست آوردند [۲۹]. براساس برخی آنالیزهای میکروبیولوژیکی (تعداد کل مزوفیل‌های هوازی و باکتری‌های سایکروفیل)، این تیمار ترکیبی یک افزایش قابل توجّه در عمر نگهداری میکروبیولوژیکی نشان داد. به عنوان مثال، تعداد کل باکتری مزوفیل هوازی در روز پنجم نمونه‌های بسته‌بندی

1- Monoterpene
2- Cesquaterpenoids
3- Sciaenops Ocellatus
4- Biogenic
5- Microflora

6- Octopus Vulgaris
7- Oncorhynchus Mykiss
8- Cyprinus Carpio

شده در هوا (کنترل) و در روز چهاردهم نمونه‌های بسته‌بندی در شرایط خلأ از مقدار vlog cfu/g تجاوز نمود، که بالاتر از حد قابل پذیرش برای ماهی می‌باشد، در حالی‌که این مقدار در نمونه‌های بسته‌بندی شده در شرایط خلأ با افزودن اسانس مریم گلی در هر دو غلظت در کل دوره نگهداری به دست نیامد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بسته‌بندی تحت خلأ عمر ماندگاری را در مقایسه با نمونه‌های نگهداری شده در هوا افزایش داد و ترکیب آن (بسته‌بندی تحت خلأ) با اسانس مریم گلی، به ویژه در غلظت بالاتر (٠.٤٪) نتایج بهینه یعنی افزایش عمر ماندگاری بیش از ۲۹ روز را در مقایسه با نمونه‌های کنترل که فقط ۳ روز بود، نشان داد [۲۹]. در راهبرد ترکیبی دیگری، یک گروه تحقیقاتی از یونان شواهدی بر اثرات سینرژیستی[1] اسانس آویشن و بسته‌بندی اصلاح شده بر کیفیت فیله‌های ماهی سوزوکی[2] و شمشیر ماهی[3] یافتند. همان محققان دریافتند که ترکیب اسانس پونه کوهی با بسته‌بندی اصلاح شده با ترکیب‌های گازی مختلف در افزایش عمر ماندگاری فیله‌های شمشیر ماهی تازه و قزل‌آلای رنگین کمانی مؤثر بودند.

مطالعات تحقیقاتی مختلفی در رابطه با استفاده اسانس‌ها در ترکیب با کیتوزان به منظور بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری ماهی و دیگر غذاهای دریایی مطرح شده است. عنوان مثال، استفاده از پوشش کیتوزان غنی شده با اسانس دارچین موجب تأخیر اکسیداسیون لیپید قزل‌آلای رنگین کمانی گردید و کاهش قابل توجّه مقادیر تیوباربیتوریک اسید و اندیس پراکسید را در مقایسه با نمونه‌های کنترل موجب گردید. به علاوه، محققان گزارش نمودند که این راهبرد ترکیبی به طور مؤثری شمارش میکروبی کل و باکتری‌های سایکروتروف[4] ماهی را طی ١٦ روز نگهداری در شرایط سرد کاهش داد. همچنین نتایج مشابه در مطالعات دیگری که بر روی فیلم‌های کیتوزانی غنی شده توسط اسانس‌های رزماری و آویشن، پونه کوهی و سیر مشاهده شد.

۷- نتیجه گیری

نیرو محرکه گسترش هر فنّاوری جدید عامل هزینه است. کارایی اقتصادی بسته‌بندی‌های فعال به مزایای حاصل از چنین سیستم‌هایی وابسته است. تغییرات ایجاد شده در تمایل مصرف‌کننده، منجر به نوآوری و توسعه در زمینه بسته‌بندی‌های جدید شده است. بسته‌بندی ضدمیکروبی به دلیل توانایی آن برای تأمین کیفیت و ایمنی مورد توجّه قرار گرفته است. این نوع بسته‌بندی نیاز مصرف‌کننده را به فرآورده با حداقل ماده افزودنی برطرف کرده است. بسته‌بندی ضدمیکروبی نقش مؤثری در کاهش خطر آلودگی به باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش ماندگاری موادغذایی دارد.

۸- پیشنهادها

امروزه به علت تمایل به مصرف مواد غذایی تازه، به کارگیری فیلم‌های تهیه شده از نگهدارنده‌های طبیعی، مناسب به نظر می‌رسد. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی تلاش برای یافتن ترکیبات فعال جدید و بومی مناطق با خاصیت ضدمیکروبی قوی‌تر، بررسی خاصیت فیلم‌های حاصل و نیز بررسی نرخ رهایش ترکیبات ضدمیکروبی پرداخته شود.

۹- منابع

1. Robertson, G. L. (Ed.). (2009). **''Food packaging and shelf life: a practical guide."** CRC Press.
2. Gokoglu, N. (2020). **''Innovations in Seafood Packaging Technologies: A Review."** Food Reviews International, *36*(4), 340-366.
3. Kirwan, M. J., Plant, S., & Strawbridge, J. W. (2011). **''Plastics in food packaging. Food and beverage packaging technology, "** 157-212.
4. Annous, B. A., Fratamico, P. M., & Smith, J. L. (2009). **''Scientific status**

1- Synergistic
2- Dicentrarchus Labrax
3- Xiphias Gladius
4- Psychrotroph

summary. " Journal of food science, *74*(1), R24.

5. Ariño, A., Beltrán, J. A., Herrera, A., & Roncalés, P. (2013). Fish and seafood: nutritional value.

6. Cheison, S. C., & Kulozik, U. (2017). **''Impact of the environmental conditions and substrate pre-treatment on whey protein hydrolysis: A review."** Critical reviews in food science and nutrition, *57*(2), 418-453.

7. Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). **''Fish spoilage mechanisms and preservation techniques."** American journal of applied sciences, *7*(7), 859.

8. Lu, D., Zhang, M., Wang, S., Cai, J., Zhou, X., & Zhu, C. (2010). **''Nutritional characterization and changes in quality of Salicornia bigelovii Torr."** during storage. LWT-Food Science and Technology, *43*(3), 519-524.

9. Zhang, J., Zou, X., Zhai, X., Huang, X., Jiang, C., & Holmes, M. (2019). **''Preparation of an intelligent pH film based on biodegradable polymers and roselle anthocyanins for monitoring pork freshness."** Food chemistry, 272, 306-312.

10. Karagöz, Ş., & Demirdöven, A. (2017). **''Gıda Ambalajlamada güncel uygulamalar: modifiye atmosfer, aktif, akıllı ve nanoteknolojik ambalajlama uygulamaları."** Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6(1), 9-21.

11. Kerry, J., & Butler, P. (Eds.). (2008). **''*Smart packaging technologies for fast moving consumer goods*."** John Wiley & Sons.

12. Mohan, C. O., Ravishankar, C. N., & Gopal, T. S. (2010). **''Active packaging of fishery products: a review."**

13. Han, J. H. (2003). **''Antimicrobial food packaging."** Novel food packaging techniques, 8, 50-70.

14. Véronique, C. O. M. A. (2008). **''Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products."** Meat science, 78(1-2), 90-103.

15. Pereira de Abreu, D. A., Cruz, J. M., & Paseiro Losada, P. (2012). **''Active and intelligent packaging for the food industry."** Food Reviews International, 28(2), 146-187.

16. Edens, L., Farin, F., Ligtvoet, A. F., & Van Der Plaat, J. B. (1992). **''U.S. Patent No. 5,106,633. Washington,"** DC: U.S. Patent and Trademark Office.

17. Brody, A. L., Strupinsky, E. P., & Kline, L. R. (2001). **''Active packaging for food applications."** CRC press.

18. Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002). **''Innovative Food Sci."** Emerging Technol, 3(2), 113-126.

19. García-Soto, B., Miranda, J. M., Rodríguez-Bernaldo de Quirós, A., Sendón, R., Rodríguez-Martínez, A. V., Barros-Velázquez, J., & Aubourg, S. P. (2015). **''Effect of biodegradable film (lyophilised alga F ucus spiralis and sorbic acid) on quality properties of refrigerated megrim (L epidorhombus whiffiagonis)."** International Journal of Food Science & Technology, 50(8), 1891-1900.

20. Galotto, M. J., Ulloa, P., Escobar, R., Guarda, A., Gavara, R., & Miltz, J. (2010). **''Effect of high-pressure food processing on the mass transfer properties of selected packaging materials."** Packaging technology and science, 23(5), 253-266.

21. Fernández-Saiz, P., Sánchez, G., Soler, C., Lagaron, J. M., & Ocio, M. J. (2013). **''Chitosan films for the microbiological preservation of refrigerated sole and hake fillets."** Food Control, 34(1), 61-68.

22. Shakila, R. J., Jeevithan, E., Arumugam, V., & Jeyasekaran, G. (2016). **''Suitability of antimicrobial**

grouper bone gelatin films as edible coatings for vacuum-packaged fish steaks." Journal of Aquatic Food Product Technology, 25(5), 724-734.

23. Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., & Ricke, S. C. (2015). **''Essential oils as antimicrobials in food systems–A review."** Food control, 54, 111-119.

24. Jayasena, D. D., & Jo, C. (2013). **''Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review."** Trends in Food Science & Technology, 34(2), 96-108.

25. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). **''Biological effects of essential oils–a review."** Food and chemical toxicology, 46(2), 446-475.

26. Burt, S. (2004). **''Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review."** International journal of food microbiology, 94(3), 223-253.

27. Çoban, O. E., Patir, B., Özpolat, E., & Kuzgun, N. K. (2016). **''Improving the quality of fresh rainbow trout by sage essential oil and packaging treatments."** Journal of Food Safety, 36(3), 299-307.

28. Masniyom, P., Benjama, O., & Maneesri, J. (2012). **''Effect of turmeric and lemongrass essential oils and their mixture on quality changes of refrigerated green mussel (Perna viridis)."** International journal of food science & technology, 47(5), 1079-1085.

29. Alfonzo, A., Martorana, A., Guarrasi, V., Barbera, M., Gaglio, R., Santulli, A., ... & Francesca, N. (2017). **''Effect of the lemon essential oils on the safety and sensory quality of salted sardines (Sardina pilchardus Walbaum 1792)."** Food Control, 73, 1265-1274.

30. Giarratana, F., Muscolino, D., Beninati, C., Ziino, G., Giuffrida, A., & Panebianco, A. (2016). **''Activity of R (+) limonene on the maximum growth rate of fish spoilage organisms and related effects on shelf-life prolongation of fresh gilthead sea bream fillets."** International journal of food microbiology, 237, 109-113.

31. Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A., & Chafer, M. (2011). **''Use of essential oils in bioactive edible coatings: a review."** Food Engineering Reviews, 3(1), 1-16.

32. Sugumar, S., Ghosh, V., Mukherjee, A., & Chandrasekaran, N. (2016). **''Essential oil-based nanoemulsion formation by low-and high-energy methods and their application in food preservation against food spoilage microorganisms."** In Essential oils in food preservation, flavor and safety (pp. 93-100). Academic Press.

33. Atarés, L., & Chiralt, A. (2016). **''Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging."** Trends in food science & technology, 48, 51-62.

34. Álvarez, A., García, B. G., Jordán, M. J., Martínez-Conesa, C., & Hernández, M. D. (2012). **''The effect of diets supplemented with thyme essential oils and rosemary extract on the deterioration of farmed gilthead seabream (Sparus aurata) during storage on ice."** Food Chemistry, 132(3), 1395-1405.

35. Hernández, A., García García, B., Jordán, M. J., & Hernández, M. D. (2015). **''Study of the dose of thyme essential oil in feed to prolong the shelf life of gilthead seabream (S parus aurata)."** Aquaculture Nutrition, 21(5), 740-749.

36. Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). **''Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components."** Frontiers in microbiology, 3, 12.

37. Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). **''Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review."** Evidence-Based

Complementary and Alternative Medicine, 2016.

38. Rodriguez-Garcia, I., Silva-Espinoza, B. A., Ortega-Ramirez, L. A., Leyva, J. M., Siddiqui, M. W., Cruz-Valenzuela, M. R., ... & Ayala-Zavala, J. F. (2016). **''Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products."** Critical reviews in food science and nutrition, 56(10), 1717-1727.

39) Perricone, M., Arace, E., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2015). **''Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components."** Frontiers in microbiology, *6*, 76.

40. Patel, S. (2015). **''Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review."** Food Additives & Contaminants: Part A, 32(7), 1049-1064.

41. Çoban, Ö. E., & Keleştemur, G. T. (2017). **''Qualitative improvement of catfish burger using Zataria multiflora Boiss. essential oil."** Journal of Food Measurement and Characterization, 11(2), 530-537.

42. Çoban, Ö. E., & Patir, B. (2013). **''Antimicrobial and antioxidant effects of clove oil on sliced smoked Oncorhynchus mykiss."** Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 8(3), 195-199.

43. Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N. R., & Sanches-Silva, A. (2017). **''Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends."** Trends in food science & technology, 61, 132-140.

44. Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). **''Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components."** Frontiers in microbiology, 3, 12.

45. Del Nobile, M. A., Lucera, A., Costa, C., & Conte, A. (2012). **''Food applications of natural antimicrobial compounds."** Frontiers in microbiology, 3, 287.

46. Andevari, G. T., & Rezaei, M. (2011). **''Effect of gelatin coating incorporated with cinnamon oil on the quality of fresh rainbow trout in cold storage."** International Journal of Food Science & Technology, 46(11), 2305-2311.

47. Acevedo-Fani, A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2017). **''Nanostructured emulsions and nanolaminates for delivery of active ingredients: Improving food safety and functionality."** Trends in Food Science & Technology, 60, 12-22.

48. Karoui, R., & Hassoun, A. (2017). **''Efficiency of rosemary and basil essential oils on the shelf-life extension of Atlantic mackerel (Scomber scombrus) fillets stored at 2 C."** Journal of AOAC International, 100(2), 335-344.

49. Makri, M. (2013). **''Effect of oregano and rosemary essential oils on lipid oxidation of stored frozen minced gilthead sea bream muscle."** Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 8(1-2), 67-70.

50. Cai, L., Cao, A., Li, Y., Song, Z., Leng, L., & Li, J. (2015). **''The effects of essential oil treatment on the biogenic amines inhibition and quality preservation of red drum (Sciaenops ocellatus) fillets."** Food Control, 56, 1-8.

51. Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., & Savvaidis, I. N. (2010). **''Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets."** Food microbiology, 27(1), 115-121.

آدرس نویسنده

اصفهان، خمینی شهر، بزرگراه دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه آموزشی صنایع غذایی، کدپستی: ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱