

تأثیر نانوامولسیون اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*) بر خصوصیات میکروبی و

## ارگانولپتیکی فیله مرغ در دمای ۴ درجه سانتی گراد

طلایه فلاح اسکی<sup>۱</sup>، فهیمه توریان<sup>۱</sup>، مریم عزیزخانی<sup>۱</sup>، محمدحسن شاهوی<sup>۲</sup><sup>۱</sup> گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران<sup>۲</sup> گروه مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۲۹ بهمن ماه ۱۳۹۹، تاریخ پذیرش: ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰



10.22059/jvr.2020.290713.2980

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20082525.1400.76.2.6.6>

## چکیده

**زمینه مطالعه:** رشد میکروبی و ایجاد طعم و آرومای نامطلوب از عوامل اولیه فساد گوشت در شرایط دمایی یخچال می‌باشد. امروزه اسانس گیاهان، جایگزین مناسبی نسبت به نگهدارنده‌های سنتزی می‌باشد. که در این میان، تکنولوژی نانو کمک زیادی به حفظ و اثرگذاری بهتر ترکیبات مؤثره گیاهان بر روی سلول هدف دارد. **هدف:** مطالعه حاضر با هدف شناسایی ترکیبات اسانس زیره سبز و تهیه نانوامولسیون آن، بررسی شمارش میکروبی (شمارش کل، سرماگراها، لاکتیک اسید باکتری‌ها و کپک و مخمرها) و ارزیابی ارگانولپتیکی در نمونه‌های فیله مرغ تحت شرایط دمایی ۴ درجه سانتی گراد انجام گرفت. **روش کار:** اجزای اسانس توسط GC/MS آنالیز شد و پس از تهیه نانوامولسیون اسانس زیره سبز با روش اولتراسونیک، تأثیر نانوامولسیون اسانس زیره سبز بر شمارش میکروبی و خواص ارگانولپتیکی فیله مرغ از لحاظ رنگ، بو و پذیرش کلی (با مقیاس هدونیک ۹ امتیازی) تحت شرایط دمایی ۴ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت.

**نتایج:** عمده‌ترین اجزای شناسایی شده زیره سبز به ترتیب زمان استخراج شامل: بتاپینن (۸/۹۰ درصد)، بنزن متیل (۱۶/۵۱ درصد)، گاماترپینن (۱۳/۳۹ درصد)، پروپانال (۲۹/۴۳ درصد)، ۱-ایزوپروپیلیدن-۳-ان-بوتیل-۲-سیکلوپوتن (۶/۵۲ درصد)، بنزن متانول (۸/۳۶ درصد) بودند. نتایج شمارش میکروبی در آخرین روز نگهداری نشان داد تیمار حاوی ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون به طور معنی داری فساد میکروبی را نسبت به سایر تیمارها به تعویق انداخت ( $P < 0.05$ ) و با توجه به این که لوگ ۶ نشان دهنده حد مجاز شمارش باکتریایی کل در فیله مرغ می‌باشد تیمار شاهد، بالاترین میزان فساد میکروبی را نشان داد و مدت ماندگاری در تیمار BHT در سطح غلظت ۰/۰۲ درصد، تا روز ۳ ادامه یافت. در ارزیابی ارگانولپتیکی، تیمار ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون بالاترین امتیاز را نسبت به سایر تیمارها کسب کرد. **نتیجه گیری نهایی:** نانوامولسیون اسانس زیره سبز با غلظت‌های ۲۰ و ۲۵ درصد، به خوبی توانست فساد میکروبی فیله مرغ را به تأخیر بیندازد و از لحاظ ارگانولپتیکی نتایج مطلوبی را ایجاد کند.

**کلمات کلیدی:** زیره سبز، نانوامولسیون، خصوصیات ارگانولپتیکی، فساد میکروبی، مدت ماندگاری

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

**نویسنده مسئول:** فهیمه توریان، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران  
پست الکترونیکی: [f.tooryan@ausmt.ac.ir](mailto:f.tooryan@ausmt.ac.ir)

## مقدمه

سالیانه مرغ برای هر نفر از ۱۰/۲ کیلوگرم (در سال ۱۹۹۹) تا ۱۳/۸ کیلوگرم (در سال ۲۰۱۵) افزایش یافته است. پیش‌بینی می‌شود مصرف جهانی گوشت در طی ۱۰ سال آینده بیش از ۴ درصد و مصرف مرغ تا بیش از ۱۰ درصد افزایش یابد (۱۹). گوشت به دلیل داشتن میزان بالایی از پروتئین و سایر مواد مغذی، تغییرات سریع

امروزه هدف ما در صنعت غذا، افزایش ماندگاری محصولات، به واسطه روش‌هایی که برای بهبود ایمنی میکروبی و کیفیت لازم هستند، می‌باشد. مطابق با اعلام سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (Food and Agriculture Organization (FAO)) میانگین مصرف سالیانه گوشت مرغ در جهان رو به افزایش است و مصرف

مکانیسم عمل ضد میکروبی اسانس‌ها به ترکیبات فنولی، تریپنی و ... آن‌ها نسبت داده می‌شود که تعامل آن‌ها با غشای سلول میکروارگانیسم از طریق نفوذ به غشا و به دنبال آن نشت یون‌ها و محتوای سیتوپلاسمی منجر به نابودی سلول میکروارگانیسم می‌گردد (۳۱). زیره‌سبز حاوی ۲ تا ۵ درصد اسانس است که عمده‌ترین ترکیبات آن شامل: آلفا و بتاپینن، پروپانال، الکل کومین، کومین‌آلدئید، آلفاتریپنول و میرسن می‌باشد (۳۲).

نانوامولسیون می‌تواند از روغن، آب و امولسیفایر با ذراتی در اندازه قطرات بین ۵۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر تهیه شود. امولسیون معمولی به پراکنده شدن یک فاز روغنی یا آبی در فاز دیگر گفته می‌شود. بیشترین تفاوت نانوامولسیون با امولسیون معمولی، در اندازه قطر ذرات و نحوه تشکیل امولسیون پایدار می‌باشد. فاکتور مهم در تثبیت نانوامولسیون تولید شده، ایجاد یک لایه تک مولکولی، حداقل بین سطوح روغن و آب به وسیله روش‌های نوین مانند روش امولسیون‌سازی با انرژی بالا می‌باشد. از مزایای نانوامولسیون می‌توان به: پایداری فیزیکی بالا (مقاوم به نیروهای گرانشی، انحراف و همبستگی)، زیست‌پذیری بالا، تیرگی (کدورت) کم اشاره کرد، همچنین ترکیبات گیاهی نامحلول در آب را با تشکیل قطرات کوچکی در ابعاد نانومتر که از نظر ترمودینامیکی پایدار هستند و از یکدیگر جدا نگه داشته می‌شوند، در خود حل می‌کنند که سیستم‌های جذابی در برنامه‌های غذایی، آرایشی و دارویی ایجاد می‌کنند. کوچکی اندازه قطرات نانوامولسیون از مهم‌ترین چالش‌هایی است که در حین تولید باید به آن توجه شود. نانوامولسیون‌ها به دلیل کوچک کردن ماده مؤثره و نگهداری آن در ابعاد نانومتری می‌توانند بر روی بسیاری از پاتوژن‌ها مانند میکروب (*شرشیا کلای*، *باسیلوس سرئوس* و...) و ویروس (آنفلوآنزای مرغی، HIV و...) اثر گذاشته و آن‌ها را نابود کنند (۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷). نانوامولسیون‌ها پس از تشکیل بسیار پایدار بوده و در پاره‌ای از مواقع تا چندین سال پایداری دارند و به روش‌های معمول قابل جداسازی نمی‌باشند از این رو روش‌های جداسازی نوینی مانند جداسازی با استفاده از میدان‌های مغناطیسی به عنوان روشی جدید جهت جداسازی نانوامولسیون روغن در آب استفاده شده است (۱۴، ۱۳).

بدین منظور در مطالعه حاضر از نانوامولسیون اسانس زیره‌سبز به عنوان نگهدارنده طبیعی نوین استفاده شده است و در ادامه پس از شناسایی اجزای سازنده اسانس، تأثیر نانوامولسیون زیره بر خصوصیات ضد میکروبی و ارگانولپتیکی فیله مرغ تحت

جمود نعشی، تحت تأثیر فساد میکروبی، لیپولیز و پروتئولیز و کاهش شدید خصوصیات حسی قرار دارد و به راحتی در معرض فساد قرار می‌گیرد. استراتژی‌های زیادی برای حفظ ایمنی و کیفیت گوشت مانند استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی، شرایط فوق سرد (Super Chilling)، فشار هیدرواستاتیک بالا (High Pressure Processing)، بسته بندی فعال (Active Packaging)، استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی و نانوذرات وجود دارد که هر یک از موارد بالا در حفظ کیفیت فیزیکی و شیمیایی، میکروبیولوژیکی (شمارش کل باکتریایی) و ارزیابی حسی (بو، طعم، رنگ، بافت) مؤثر هستند (۲۵).

گیاهان به دلیل تولید اجزای متنوع، جایگزین مناسبی برای بالا بردن ایمنی مواد غذایی هستند. بسیاری از گیاهان توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده (Food and Drug Administration (FDA)) به عنوان ایمن و بی‌خطر (Generally Recognized As Safe (GRAS)) شناخته می‌شوند. اسانس‌های (Essential Oils (EOs)) طبیعی، مجموعی از ترکیبات گیاهی هستند که فرار بوده و از قسمت‌های مختلف گیاه مانند: گل، دانه، برگ، پوست، بوته، میوه و ریشه به صورت روغن‌های عطری و روش تقطیر بخار، استخراج می‌شوند (۲۴). با افزایش تقاضای مصرف کنندگان در استفاده از محصولات طبیعی به منظور بهبود سلامتی، تمایل به استفاده از اسانس‌ها به عنوان نگهدارنده، مواد ضد میکروبی و ایجاد خواص ارگانولپتیکی مطلوب در صنعت غذا مورد استفاده قرار گرفته است (۶).

زیره‌سبز، گیاهی علفی یک ساله، معطر و ظریف با نام علمی *Cuminum cyminum L* از خانواده چتریان (Apiaceae) می‌باشد. این گیاه اغلب در کشورهای مصر، شرق مدیترانه، چین، هند، مراکش و ایران یافت می‌شود. در ایران زیره‌سبز به عنوان گیاهی دارویی شناخته می‌شود و بیشتر در شهرهای تبریز، یزد، کرمان و برخی نقاط دیگر کشت می‌شود. از زیره‌سبز در درمان اختلال‌های گوارشی، درد دندان، ضد التهاب، ضد تومور و ... استفاده می‌شود. همچنین این گیاه دارای خواص ضد قارچی، ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۲۱، ۸). به عنوان نمونه، در مطالعاتی که Heydari و همکاران در سال ۲۰۱۶، Mahmoudi و همکاران در سال ۲۰۱۲، Pajohi Alamoti و همکاران در سال ۲۰۱۲، Rasouli و همکاران در سال ۲۰۱۷، Rezaloo و همکاران در سال ۲۰۱۸، بر روی اسانس زیره‌سبز در مدل‌های غذایی انجام دادند اثر ضد میکروبی این اسانس ثابت گردید (۳۰، ۲۹، ۲۴، ۱۷، ۱۱).

تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت جریان گاز هلیوم ۱ میلی‌متر در دقیقه و فشار تزریق ۷/۳۶۱۴ پی‌اس‌آی (psi) بود، نرخ شکافت (Split Ratio) با نسبت ۱:۱۰۰ و دمای هیتر ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود (۳۷).

**تهیه نانومولسیون:** به منظور ساخت نانومولسیون اسانس زیره سبز در دمای محیط، ابتدا میزان وزنی اسانس زیره‌سبز، آب مقطر دوبار تقطیر و مقدار مخلوط سورفکتانت‌های توئین® ۸۰ و اسپن® ۸۰ را توزین نموده و سپس با هم مخلوط شد و برای اعمال امواج فراصوت و تولید مولسیون، به دستگاه اولتراسونیک منتقل شد. دستگاه اولتراسونیک مورد استفاده در مطالعه حاضر، مدل UP400S از شرکت دکتر هشر آلمان بود که دارای بیشینه توان ۴۰۰ وات (W) و فرکانس ۲۰ کیلو هرتز (KHZ) می‌باشد. این دستگاه با ایجاد امواج فراصوت موجب اختلاط فازها در هم شده و باعث می‌شود تا ذرات فاز پراکنده به صورت یکنواخت‌تر در سبزی کوچک‌تر در فاز پیوسته، پراکنده شوند. نانومولسیون اسانس زیره‌سبز، در غلظت‌های مختلف اسانس زیره‌سبز با زمان فراصوت‌دهی ۳۰۰ ثانیه، چرخه فراصوت ۰/۷۵ درصد و شدت فراصوت ۲۰۸ وات بر سانتی‌مترمربع (W/cm<sup>2</sup>) توسط دستگاه فراصوت تهیه گردید (۳۴،۳۵).

**اندازه گیری ذرات نانومولسیون و پتانسیل ز تا:** اندازه گیری متوسط ذرات نانومولسیون و پتانسیل ز تا مبتنی بر روش تفرق دینامیکی نور (Dynamic Light Scattering (DLS در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و زاویه ۹۰ درجه بود و توسط دستگاه Horiba-SZ-100-Z (Horiba ، ژاپن) در آزمایشگاه جامع تحقیقات بوعلی مشهد، محاسبه گردید.

**تهیه فیله مرغ و تیمارها:** ۲ کیلوگرم فیله مرغ به صورت کشتار روز از فروشگاه محلی آمل خریداری شد. فیله‌ها با وزن تقریبی ۵۰-۶۰ گرم و ابعاد ۱×۵×۱۰ سانتی‌متر تهیه و در ظروف عایق در حضور یخ به آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی آمل انتقال یافت. فیله‌ها به طور کامل با آب سرد استریل جهت حذف کامل خونابه‌ها و سایر ضایعات، شسته و کاملاً تمیز شدند. سپس فیله‌ها بعد از آب چکانی در آبکش‌های استریل زیر هود لامینار جهت غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف نانومولسیون (۲۵ درصد، ۲۰ درصد، ۱۵ درصد، ۱۰ درصد، ۵ درصد) اسانس زیره‌سبز و تیمار غوطه‌ور شده در آنتی‌اکسیدان BHT با غلظت ۰/۰۲ درصد در بشرهای استریل حاوی مواد غوطه‌وری، غلطانده شدند. سپس هر کدام از تیمارها با درصد‌های

شرایط دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجایی که تاکنون از این نانومولسیون بر روی ماندگاری فیله مرغ گزارشی ارائه نشده و اطلاعات اندکی پیرامون تأثیر نانومولسیون زیره‌سبز بر ماندگاری مواد غذایی در دسترس است، لذا هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر نانومولسیون اسانس زیره سبز بر مدت زمان ماندگاری فیله‌های مرغ می‌باشد.

## مواد و روش کار

**تهیه مواد شیمیایی:** محیط کشت‌های مورد استفاده برای آزمون میکروبی شامل ام آر اس آگار (MRS) و نوترینت آگار (NA) از شرکت مرک (Merk, Germany) و پلیت کانت آگار (PCA)، دی کلران رزبنگال کلرامفنیکل آگار (DRBC) و بافر پپتون واتر (Buffered Peptone Water) از شرکت شارلو (Scharlau, Spain) بودند. جهت تهیه نانو مولسیون توئین ۸۰ و اسپن ۸۰ از شرکت مرک (Merk, Germany) خریداری شد. همچنین بوتیلات هیدروکسی تولوئن (BHT) از شرکت سیگما آلدریج (Sigma Aldrich, US) تهیه گردید، تمام مواد شیمیایی با خلوص بالا بدون هیچ نوع خالص سازی مجدد مورد استفاده قرار گرفتند. اسانس زیره سبز از شرکت باریج اسانس (کاشان، ایران) در شیشه تیره و نفوذناپذیر به هوا خریداری شد. همچنین، فیله‌های مرغ مورد آزمایش، کشتار روز بوده و از فروشگاه محلی خریداری شدند.

**آنالیز اسانس زیره‌سبز توسط GC/MS:** شناسایی ترکیبات اسانس توسط دستگاه گاز کروماتوگراف مجهز به طیف سنج جرمی (GC/MS) در آزمایشگاه جامع تحقیقات معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام گرفت، که مشخصات دستگاه به شرح زیر می‌باشد:

دستگاه گاز کروماتوگراف از نوع Agilent AIs (آمریکا)، نوع ستون موئینه DB-1ms به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. زمان کالیبر ۰/۱ دقیقه با حداکثر دمای ۳۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه دمایی ۵ دقیقه در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد، سپس به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، بعد از آن ۱۰ دقیقه دمایی ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش تدریجی دما صورت گرفت. اندازه سرنگ ۱۰ میکرولیتر و حجم تزریق ۱ میکرولیتر بود. تزریق به صورت اتوماتیک زمانی که دتکتور GC فعال بود، انجام شد. از گاز هلیوم در حالت اسپلیت به عنوان حامل استفاده شد، دمای اتاق

سانتی‌گراد آزمون‌های مربوطه انجام گرفت. ابتدا تحت شرایط استریل و زیر هود آزمایشگاهی لامینار، مقدار ۱۰ گرم از فیله توسط پنس و قیچی استریل از تیمار مورد نظر برداشته و در کیسه‌های پلاستیکی استریل مخصوص قرار داده و سپس ۹۰ میلی لیتر آب‌پیتونه ۰/۱ درصد به آن افزوده و کیسه جهت هموژنیزاسیون محتویات به دستگاه استومیکر (Masticato, IUL Instruments)

مشخص در کیسه‌های پلاستیکی استریل زیپ دار، بسته بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جهت انجام آزمایش در روزهای مشخص مورد بررسی قرار گرفتند (۳۷).

**آزمون‌های میکروبی:** جهت شمارش توتال کانت، سرماگراها، لاکتیک اسید باکتری‌ها و کپک و مخمرهای موجود در تیمارهای مورد مطالعه در طی نگهداری در دمای ۴ درجه

جدول ۱. ترکیبات تشکیل دهنده اسانس زیره سبز (تعیین شده با GC/MS).

ردیف	ترکیب شیمیایی	زمان استخراج	مقدار (درصد)
۱	بی سایکلو هگزان	۸/۴۹	۰/۳۶
۲	آلفا پینن	۸/۷۱	۱/۰۳
۳	بتا پینن	۱۰/۴۵	۸/۹۰
۴	بتا میرسن	۱۰/۹۵	۰/۵۰
۵	فلاندن	۱۱/۳۲	۰/۲۷
۶	بنزن متیل	۱۲/۳۵	۱۶/۵۱
۷	لیمونن	۱۲/۳۹	۰/۵۳
۸	گاما ترپینن	۱۳/۵۲	۱۳/۳۹
۹	سایکلو پنتن	۱۶/۲۳	۰/۲۱
۱۰	۳،۴،۴-تری متیل-۱-پنتن-۳-ال	۱۶/۸۰	۰/۸۰
۱۱	۳-سایکلو هگزن-۱-ال	۱۷/۱۰	۰/۳۲
۱۲	آلفا ترپینول	۱۷/۵۴	۰/۲۰
۱۳	پروپانال	۱۹/۰۱	۲۹/۴۳
۱۴	فلاندرا	۲۰/۰۹	۰/۱۵
۱۵	۱-ایزوپروپیلیدن-۳-ان-بوتیل-۲-سیکلوپوتن	۲۰/۵۰	۶/۵۲
۱۶	بنزن متانول	۲۰/۷۴	۸/۴۶
۱۷	تیمول	۲۰/۹۷	۰/۲۵
۱۸	فلوروفنیل الانین	۲۱/۲۳	۰/۳۵
۱۹	۳،۴،۴-تری متیل-۲-پنتنال	۲۱/۴۸	۱
۲۰	تیوفن، ۲،۴، دی متیل	۲۱/۵۳	۰/۲۴
۲۱	ایزوپروپیل فنیل استیک اسید	۲۱/۸۲	۰/۲۴
۲۲	۲-متوکسی-۵-متیل فنول	۲۲/۳۹	۰/۱۷
۲۳	۲-استیل سایکلوپنتانول	۲۲/۹۷	۰/۳۹
۲۴	۱،۵-سایکلوکتادین	۲۳/۲۰	۰/۴۰
۲۵	اتانول	۲۳/۴۷	۰/۶
۲۶	بنزوفیک اسید	۲۴/۶۸	۲/۸۲
۲۷	ایتالیسن	۲۵/۳۱	۱/۷۷
۲۸	گاما کورکومن	۲۵/۳۷	۱/۵۲
۲۹	۲-سایکلو پنتن-۱-اون	۲۵/۹۷	۰/۱۴
۳۰	سایکلو هگزن	۲۶/۱۱	۰/۱۳
۳۱	فنول-۲-اتیل-۵-متیل	۲۶/۲۱	۰/۱۳
۳۲	کرایو فیلن اکساید	۲۷/۹۴	۰/۵۲
۳۳	اوزنول	۲۸/۲۷	۰/۵۹
۳۴	پنتادسانون	۳۳/۵۵	۰/۱۵
۳۵	هگزاندوبیک اسید	۳۵/۹۹	۱/۲۲
۳۶	۲-سایکلو هگزن-۱-ال	۴۳/۸۷	۰/۲۱
	مجموع		۹۹/۳۷

(test)، برای بررسی برابری واریانس‌ها استفاده گردید، سپس آنالیز نمونه‌های مورد مطالعه با روش One Way ANOVA و با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام و سطح یا اختلاف معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) تعیین گردید همچنین آزمون غیرپارامتری کروسکال-والیس برای تعیین تأثیر مدت زمان نگهداری برای آزمون ارگانولپتیکی صورت گرفت.

### نتایج

**بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس زیره‌سبز: درصد** ترکیبات توسط مساحت پیک حاصل از آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) محاسبه گردید، با ارزیابی پیک‌های به دست آمده توسط دستگاه کروماتوگرافی و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه رایانه GC/MS، ۳۶ ترکیب با مقدار ۹۹/۳۷ درصد شناسایی گردید که عمده ترکیبات اسانس زیره‌سبز در **جدول ۱** ارائه شده است. عمده‌ترین اجزا به ترتیب زمان استخراج شامل: بتاپینن (۸/۹۰ درصد)، بنزن‌متیل (۱۶/۵۱ درصد)، گاماترپینن (۱۳/۳۹ درصد)، پروپانال (۲۹/۴۳ درصد)، ۱-ایزوپروپیلیدین-۳-ان-بوتیل-۲-سیکلوپوتن (۶/۵۲)، بنزن‌متانول (۸/۳۶ درصد) بودند.

**تعیین اندازه ذرات نانوامولسیون و پتانسیل ز تا:** نتایج نشان داد اندازه قطرات نانوامولسیون ۶۸ نانومتر (nm) است و پتانسیل ز تای آن ۱۳ میلی‌ولت (mV) می‌باشد، همچنین نانوامولسیون‌های روغن زیره‌سبز دارای پایداری فیزیکی بالایی هستند.

به مدت ۱ دقیقه، منتقل شد. پس از تهیه رقت‌های مورد نیاز، ۰/۱ میلی‌لیتر از هر رقت به روش سطحی در محیط پلیت کانت آگار، محیط نوترینت آگار و محیط کشت MRS آگار به ترتیب برای شمارش کل، سرماگراها و لاکتیک اسید باکتری‌ها استفاده شد. همچنین برای شمارش کپک و مخمر از محیط کشت دی کلران رزبنگال کلرامفنیکل آگار استفاده شد. جهت شمارش کل میکروبی، انکوبه‌گذاری (Memmert، آلمان) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، سرماگراها در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ تا ۱۰ روز و لاکتیک اسید باکتری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام شد و برای شمارش کپک و مخمر انکوبه‌گذاری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۵ روز انجام گرفت و تعداد میکروارگانیسم‌ها بر حسب لگاریتم CFU در هر گرم (log CFU/g) محاسبه گردید (۳۰).

**ارزیابی ویژگی‌های ارگانولپتیکی:** ارزیابی نمونه‌ها توسط ۱۰ نفر گروه پانل ارزیاب آموزش دیده انجام شد. نتایج با مقیاس هدونیک (Hedonic) ۹ امتیازی بیان شد. بو، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها به اصطلاحات توصیفی زیر رتبه‌بندی شدند:

نمره ۹، عالی؛ نمره ۸، بسیار خوب؛ نمره ۷، خوب؛ نمره ۶، اندکی خوب؛ نمره ۵، نه خوب و نه بد؛ نمره ۴، اندکی بد؛ نمره ۳، بد؛ نمره ۲، بسیار بد؛ نمره ۱، فوق‌العاده بد (۱۵).

**آنالیز آماری:** ابتدا از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف جهت بررسی نرمالیتیه داده‌ها با سه تکرار و آزمون لون (Levene)

**جدول ۲.** تغییرات امتیاز رنگ در فیله مرغ حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون اسانس زیره سبز و BHT.

روز	روز اول	روز سوم	روز ششم	روز نهم	روز دوازدهم
شاهد	۹±.Aa	۵/۷±.۰/۴۹Ba	۴/۵±.۰/۴۲BCa	۳±.۰/۲۷Ca	۱/۴±.۰/۲۱Da
BHT ۰/۰۲ درصد	۹±.Aa	۶/۴±.۰/۴۱Bb	۴/۹±.۰/۱۱Ca	۳/۵±.۰/۱۳CDa	۲±.۰/۰۸Da
۵ درصد نانو	۹±.Aa	۷/۳±.۰/۳۷Bb	۶/۶±.۰/۰۹BCb	۵/۲±.۰/۲۱Cb	۴±.۰/۰۹Db
۱۰ درصد نانو	۹±.Aa	۸/۱±.۰/۲۱Bc	۷/۳±.۰/۱۷BCc	۶/۴±.۰/۲۷BCbc	۴/۹±.۰/۰۷Cbc
۱۲/۵ درصد نانو	۹±.Aa	۸/۲±.۰/۳۳Bc	۷/۶±.۰/۰۹Bed	۶/۷±.۰/۲۱Cbc	۵/۵±.۰/۱۷Cc
۱۵ درصد نانو	۹±.Aa	۸/۳±.۰/۱۲Bc	۸±.۰/۲۸Bd	۷±.۰/۲۹Cc	۶/۴±.۰/۳۳Cc
۲۰ درصد نانو	۹±.Aa	۸/۵±.۰/۲Bc	۸/۲±.۰/۱۹Bd	۷/۶±.۰/۲۱Bc	۷/۲±.۰/۱۷Cd
۲۵ درصد نانو	۹±.Aa	۸/۶±.۰/۱Bc	۸/۳±.۰/۰۹Bd	۷/۸±.۰/۲۴Cc	۷/۴±.۰/۲۱Dd

حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.

جدول ۳. تغییرات امتیاز بو در فیله مرغ حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون اسانس زیره سبز و BHT.

روز تیمار	روز اول	روز سوم	روز ششم	روز نهم	روز دوازدهم
شاهد	۸/۹±۰ Aa	۵/۲±۰/۱۶ Ba	۴±۰/۳Ca	۳±۰/۳Da	۱±۰ Ea
BHT ۰/۰۲ درصد	۸/۹±۰/۰۵ Aa	۶±۰/۱ Bb	۴/۱±۰/۱۹ Cb	۳/۵±۰/۳Cb	۱±۰ Db
۵ درصد نانو	۹±۰ Aa	۷/۱±۰/۱۲ Bc	۶/۴±۰/۱۵ Cc	۵±۰/۲۱ Dc	۳/۵±۰/۳۸ Ec
۱۰ درصد نانو	۹±۰ Aa	۷/۹±۰/۱۴ Bc	۷/۱±۰/۱۸ BCd	۵/۸±۰/۲۹ Ccd	۴/۶±۰/۱۹ Dcd
۱۲/۵ درصد نانو	۹±۰ Aa	۸/۱±۰/۲۶ Bd	۷/۴±۰/۰۹ BCd	۶/۴±۰/۲ Cd	۵/۱±۰/۱۱ Dd
۱۵ درصد نانو	۹±۰ Aa	۸/۲±۰/۲۱ Bd	۷/۶±۰/۱ BCd	۷±۰/۲۴ Ce	۶/۱±۰/۱۹ Dd
۲۰ درصد نانو	۹±۰ Aa	۸/۵±۰/۱۴ Bd	۸/۱±۰/۱۱ Be	۷/۴±۰/۲ BCe	۷±۰/۱۱ Ce
۲۵ درصد نانو	۹±۰ Aa	۸/۷±۰/۰۵ Bd	۸/۳±۰/۱ Be	۷/۷±۰/۱۴ Ce	۷/۳±۰/۲ Ce

حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.

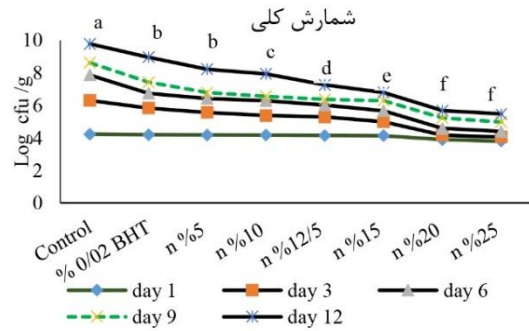
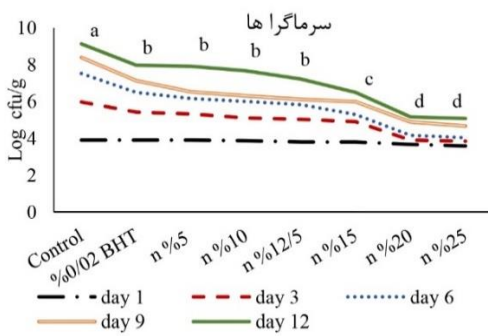
افزایشی داشته و به بالاترین میزان خود رسید. نتایج نشان داد میزان باکتری‌های سرماگرا با افزایش غلظت نانوامولسیون طی ۱۲ روز نگهداری روند کاهشی داشت و این افزایش تا غلظت ۲۵ درصد باعث اختلافات معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) تیمارها با گروه شاهد که میزان آن ۹/۱۳ لگاریتم CFU در هر گرم بود، رسید ولی در غلظت‌های ۵ تا ۱۲/۵ درصد این روند کاهشی معنی‌دار نبود. در مورد تیمار BHT، در روز آخر نگهداری اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد مشاهده شد در حالی که این اختلاف تا غلظت ۱۲/۵ درصد تیمارها معنی‌دار نبود. همچنین تیمارهای ۲۰ و ۲۵ درصد اثر یکسانی بر فیله مرغ داشته و تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد باکتری‌های سرماگرا مشاهده نشد و میزان بار میکروبی سرماگراهای این دو تیمار در روز ۱۲ نگهداری به ترتیب تا ۵/۱۶ لگاریتم CFU در هر گرم و ۵/۰۷ لگاریتم CFU در هر گرم افزایش داشت.

**شمارش لاکتیک اسید باکتری‌ها:** شمارش لاکتیک اسید باکتری‌های فیله مرغ در تیمارهای با غلظت‌های مختلف نانوامولسیون در شرایط دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد در **نمودار ۳** گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده شد با گذشت زمان میزان لاکتیک‌اسید باکتری در همه تیمارها روند افزایشی داشته و در تیمار شاهد به علت عدم وجود ترکیبات ضد میکروبی، رشد لاکتیک اسید باکتری‌ها بالاترین میزان خود رسید و در روز ۱۲ با ۶/۹ لگاریتم CFU در هر گرم به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بالاترین میزان لاکتیک اسید باکتری‌ها را به خود اختصاص داد. بین تیمار BHT با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) و تیمار ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون به ترتیب با میزان ۵/۰۱ لگاریتم CFU در هر گرم و ۴/۹ لگاریتم CFU در هر گرم بیشترین اثر را بر روی لاکتیک اسید باکتری‌ها داشتند و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

**بررسی خواص ضد میکروبی نانوامولسیون اسانس زیره‌سبز (شمارش کلی باکتری‌ها):** نتایج شمارش کلی باکتری‌ها در تیمارهای مختلف فیله مرغ طی نگهداری در شرایط دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد در **نمودار ۱** ارائه شده است. تمام تیمارها در روز اول نگهداری دارای بار میکروبی کل مشابهی بودند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. میزان کل بار میکروبی در روز اول نگهداری نشان دهنده کیفیت بهداشتی مناسب مرغ از مرحله کشتار تا مصرف بوده است. با گذشت زمان میزان شمارش کل میکروبی در همه تیمارها روند افزایشی داشته و در روز ۱۲ به بالاترین میزان خود رسید، طبق نتایج بدست آمده بار میکروبی کل تیمار شاهد در روز ۱۲ به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) از سایر تیمارها بیشتر بود به طوری که در نمونه شاهد میزان بار میکروبی کل از ۴/۲۳ لگاریتم CFU در هر گرم ( $\log$  CFU/g) به ۹/۷۸ لگاریتم CFU در هر گرم رسید. بین تیمار BHT در سطح غلظت ۰/۰۲ درصد و نانوامولسیون ۵ درصد زیره اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین تیمار BHT با توجه به این که لوگ ۶ نشان دهنده حد مجاز شمارش باکتریایی کل در فیله مرغ می‌باشد، فقط تا روز ۳ توانست ماندگاری تیمار را حفظ کند. کمترین میزان شمارش کل باکتریایی در تیمار ۲۰ و ۲۵ درصد نانو مشاهده شد که اثر یکسانی بر فیله مرغ داشته و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و میزان بار میکروبی کل این دو تیمار در روز ۱۲ نگهداری به ترتیب تا ۵/۶۸ لگاریتم CFU در هر گرم و ۵/۴۸ لگاریتم CFU در هر گرم افزایش داشت.

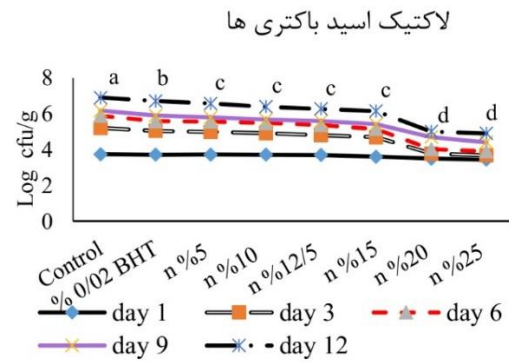
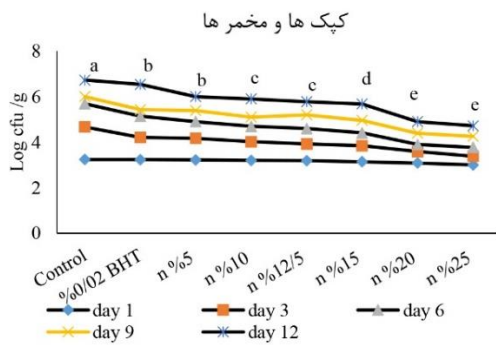
**شمارش باکتری‌های سرماگرا:** اختلافات در میزان شمارش باکتری‌های سرماگرا طی نگهداری نمونه‌ها در **نمودار ۲** نشان داده شده است. تمامی تیمارها در روز اول نگهداری دارای بار میکروبی مشابهی بودند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. طی گذشت زمان میزان سرماگراها در همه تیمارها روند





**نمودار ۲.** تغییرات در میزان شمارش سرماگراها (log cfu/g) بر تیمارهای حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون و BHT تحت دمای ۴ سانتی‌گراد. حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در هر نمودار بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.

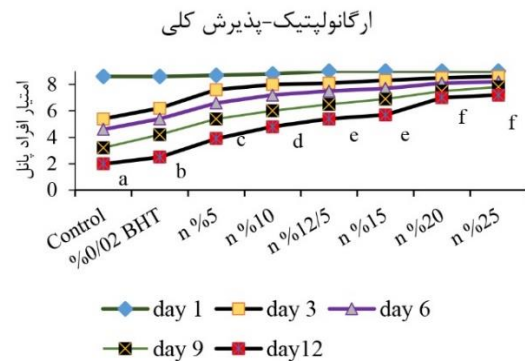
**نمودار ۱.** تغییرات در میزان شمارش باکتری کل (log cfu/g) بر تیمارهای حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون و BHT تحت دمای ۴ درجه سانتی‌گراد. حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در هر نمودار بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.



**نمودار ۴.** تغییرات در میزان شمارش کپک و مخمر (log cfu/g) بر تیمارهای حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون و BHT تحت دمای ۴ سانتی‌گراد. حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در نمودار بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.

**نمودار ۳.** تغییرات در میزان شمارش لاکتیک اسید باکتری‌ها (log cfu/g) بر تیمارهای حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون و BHT تحت دمای ۴ سانتی‌گراد. حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در هر نمودار بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.

**شمارش کپک‌ها و مخمرها:** در نمودار ۴ نتایج مرتبط با شمارش کپک‌ها و مخمرهای فیله‌مرغ در تیمارهای با غلظت‌های مختلف نانوامولسیون در شرایط دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد ارائه شده است. در طی ۱۲ روز نگهداری، ضمن روند افزایشی در تمام تیمارها اختلاف معنی‌داری بین شاهد با سایر تیمارها مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ). تیمار BHT در سطح غلظت ۰/۰۲ درصد و اختلاف نانوامولسیون ۵ درصد اثر کاهشی یکسان داشته و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. سایر غلظت‌های نانوامولسیون قوی‌تر از BHT عمل کرده و با اختلاف معنی‌دار سبب کاهش تعداد کپک و مخمر شدند. تیمارهای ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون به ترتیب با میزان ۴/۹ لگاریتم CFU در هر گرم و ۴/۷۲ لگاریتم CFU در هر گرم بیشترین اثر کاهشی را نسبت به سایر تیمارها داشتند.



**نمودار ۵.** تغییرات امتیاز پذیرش کلی در فیله مرغ حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون اسانس زیره سبز و BHT. حروف کوچک متفاوت (a,b,c...) در هر نمودار بیانگر تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای مختلف است.

**ارزیابی ارگانولپتیکی:** نتایج ارزیابی حسی بر کیفیت رنگ و بوی تیمارها به ترتیب در **جدول‌های ۲ و ۳** ارائه شد، از روز سوم به بعد، از لحاظ رنگ و بو گروه شاهد و BHT در غلظت ۰/۰۲ درصد اختلاف آماری معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان دادند و در روز آخر نگهداری فقط تیمارهای ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون بالاترین امتیاز را به خود اختصاص دادند همچنین از لحاظ پذیرش کلی (**نمودار ۵**) بالاترین امتیاز، از طرف اعضا پانل به تیمارهای ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون اختصاص داده شد.

## بحث

یکی از روش‌های نوین برای افزایش پایداری فیزیکی ترکیبات زیست فعال تهیه نانوامولسیون از این ترکیبات می‌باشد که اثر محافظتی در مقابل عوامل نامساعد محیطی و تداخل در ترکیبات غذایی، دارد. استفاده مستقیم از مواد ضد میکروبی در مواد غذایی مزایای محدودی را به دنبال دارد زیرا ممکن است ترکیبات زیست‌فعال، هنگام تماس با مواد غذایی تا حدودی غیرفعال، خنثی یا به راحتی پراکنده شوند. از این رو در مطالعه حاضر به بررسی اثر نانوامولسیون زیره‌سبز بر خصوصیات میکروبی و ارگانولپتیکی فیله مرغ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد پرداختیم.

در مطالعه حاضر عمده‌ترین اجزای اسانس زیره‌سبز به ترتیب زمان استخراج شامل: بتاپینن، بنزن‌متیل، گاماترپینن، پروپانال، ۱-ایزوپروپیلیدن-۳-ان-بوتیل-۲-سیکلوپوتن، بنزن‌متانول بودند، که پروپانال به عنوان عمده‌ترین ترکیب از اجزای زیره‌سبز در این مطالعه شناسایی شد. همچنین نتایج بدست آمده از ترکیبات اسانس زیره‌سبز تا حدودی با بررسی‌های انجام شده در این زمینه همخوانی داشت. در مطالعه Fasih و همکاران در سال ۲۰۱۷، ۲۱ ترکیب، ۹۹/۲۴ درصد کل ترکیبات، در اسانس زیره‌سبز شناسایی شدند که ترکیبات اصلی آن شامل: گاماترپینن (۲۴/۱۳ درصد)، گاماترپینن-۷-آل (۲۱/۸۶ درصد)، کومین‌آلدهید (۱۶/۱۶ درصد)، بتاپینن (۱۴/۳۹ درصد)، آلفاترپینن-۷-آل (۱۴/۳۹ درصد) و پاراسیمین (۵/۴۹ درصد) بود (۷). در مطالعه Neamati و همکاران در سال ۲۰۱۹، عمده ترکیبات اسانس زیره‌سبز شامل گاماترپینن (۱۲/۵۷ درصد)، پروپانال (۱۱/۰۳ درصد)، گرانیل استات (۱۰/۸۱ درصد)، پی-سیمین (۹/۹۵ درصد)، سابینن (۹/۸۱ درصد) و آلفاپینن (۵/۴۲ درصد) بودند (۲۲). با توجه به نتایج بدست آمده از دو بررسی ذکر شده گاماترپینن عمده‌ترین ترکیب نسبت به دیگر اجزای زیره‌سبز شناسایی شد در حالی که در مطالعه

Haghiroalsadat و همکاران در سال ۲۰۱۱، ترکیبات اصلی اسانس زیره‌سبز شامل: پروپانال (۲۶/۱۹ درصد)، ۱-فنیل-۱-بوتانال (۱۶/۴۹ درصد)، گاماترپینن (۱۳/۰۴ درصد) و بنزن‌متانول (۲۵/۴ درصد) بودند و پروپانال به عنوان عمده‌ترین ترکیب شناسایی شد (۸). همچنین در مطالعه‌ای که توسط Vidic و همکاران در سال ۲۰۱۶ انجام گرفت، ترکیبات تشکیل دهنده اسانس در یک گونه از گیاه نسبت به همان گونه در منطقه دیگر می‌تواند متفاوت باشد، که این تفاوت را می‌توان به فصول برداشت، زمان استخراج اسانس، شرایط اقلیمی و حتی بخش‌های مختلف گیاه (گل، دانه، برگ، پوست، بوته، میوه و ریشه) نسبت داد (۳۸). در مطالعه Taherkhani و همکاران در سال ۲۰۱۵، پروپانال و گاماترپینن از اجزای اصلی اسانس زیره‌سیاه شناسایی شدند و اثر ضد میکروبی این ترکیبات بر گروه‌های میکروبی مختلف در پنیرگودا ثابت گردید (۳۶). اجزا و متابولیت‌های ثانویه گیاهان منبع غنی از مواد ضد میکروبی از جمله کومارین، آلدئیدها، فلاونوئیدها، ترپن‌ها و ... می‌باشند (۱۸) که مکانیسم ضد میکروبی اسانس‌ها به این ترکیبات نسبت داده می‌شود. تعامل آن‌ها با غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها از طریق نفوذ به غشا، نشت یون‌ها و محتوای سیتوپلاسمی منجر به نابودی سلول‌ها می‌گردد (۳۱). عمده ترکیبات شناسایی شده از اسانس زیره‌سبز در مطالعه حاضر از گروه آلدئیدی و منوترپن‌ها بوده‌اند که می‌توان پروپانال، گاماترپینن، آلفا و بتاپینن، بنزن‌متیل و ... را نام برد. این ترکیبات دارای اثر بیولوژیکی از قبیل ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد سرطانی می‌باشند (۱۸).

نتایج تعیین اندازه و پتانسیل ز تا در مطالعه حاضر تا حدودی با بررسی‌های انجام شده در این زمینه همخوانی داشته است. در بررسی که توسط Xue و همکاران در سال ۲۰۱۵، در مورد فعالیت ضد میکروبی نانوامولسیون تیمول به همراه سدیم کازئینات و لسیتین انجام گرفت، اندازه نانو ذرات بین ۸۲/۵ تا ۱۲۵/۵ نانومتر گزارش شد (۴۰). همچنین در مطالعه Hasanzadeh و همکاران در سال ۲۰۱۷، که به ویژگی فیزیکوشیمیایی نانوامولسیون اسانس سیر پرداختند، نتایج مشابهی با مطالعه حاضر ارائه شد که اندازه قطرات در فرمولاسیون‌های مختلف نانوامولسیون از ۸۰ تا ۱۰۰ نانومتر متغیر بود و نتایج گویای آن بود که با افزایش درصد نانوامولسیون اسانس سیر خاصیت ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و اندازه قطرات افزایش یافت (۹). در مطالعه Shahavi و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی اثر ضد میکروبی نانوامولسیون میخک با



تازه ثابت شد. همچنین نانوامولسیون پونه‌کوهی با کاهش ۵ لگاریتم CFU در هر گرم از جمعیت باکتری بر روی *اشرشیا کلاهی* و *لیستریا مونوسایتوژنز* بالاترین اثر ضد میکروبی را نسبت به سایر نانوامولسیون‌ها بدست آورد (۵). در مطالعه Rasouli و همکاران در سال ۲۰۱۷، نشان داده شد که اسانس زیره‌سبز اثرات مثبتی بر روی رشد باکتری‌های پروبیوتیک، نظیر *لاکتیک اسید باکتری‌ها* داشته (۲۹) این در حالی است که Rezaloo و همکاران در سال ۲۰۱۸، تأثیر ضد میکروبی فیلم ژلاتین و اسانس زیره‌سبز را بر روی فیله مرغ تحت دمای یخچال بررسی کردند و اسانس زیره اثر مهاری بر رشد *لاکتیک اسید باکتری‌ها* داشت (۳۰). همچنین در مطالعه حاضر نانوامولسیون زیره‌سبز اثر مهاری بر رشد *لاکتیک اسید باکتری‌ها* داشت. Zhavesh و همکاران در سال ۲۰۱۵، مطالعه‌ای بر روی اثر درون‌پوشانی اسانس زیره‌سبز در نانوذله کیتوزان-اسید کافئیک با بالا بردن فعالیت ضد میکروبی علیه قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* انجام دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که پایداری و تأثیر ترکیبات اسانس به صورت کپسوله، بالاتر از حالت آزاد بود (۴۱). Karimirad و همکاران در سال ۲۰۱۹، مطالعه‌ای بر روی اثر نانو ذرات کیتوزان حاوی اسانس زیره‌سبز بر روی افزایش ماندگاری قارچ‌های خوراکی دکمه‌ای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ روز انجام دادند، نتایج نشان داد نانوذرات اسانس زیره اثر مهاری بر روی رشد باکتری‌ها، کپک و مخمرها در طول مدت نگهداری داشتند؛ همچنین ماندگاری قارچ را تا روز ۱۵ افزایش دادند، در حالی که نمونه شاهد تا روز ۱۰ نگهداری ماندگاری داشت (۱۶). مطالعات محدودی اثر ضد میکروبی نانوامولسیون زیره‌سبز را در مدل غذایی بررسی کرده‌اند. نانوامولسیون‌ها اثر ضد میکروبی خود را از طریق الحاق با لیپیدهای غشای باکتری و ایجاد بی‌ثباتی کامل در سلول، توسط آزاد سازی محتوی سیتوپلاسم در طول لیز شدن سلول میکروارگانیسم و از بین رفتن اسید نوکلئیک و پروتئین آن اعمال می‌کند. به طور گویاتر وقتی نانوامولسیون به اندازه کافی با پاتوژن فیوز شد، انرژی آن آزاد می‌شود که به دنبال آن غشای لیپیدی پاتوژن ناپایدار شده و باعث هضم سلول میکروارگانیسم و مرگ آن می‌گردد (۲۷، ۲۰). در این میان می‌توان از مطالعات ذکر شده و بررسی‌های دیگر نتیجه گرفت، نانوامولسیون‌ها می‌توانند حامل‌های خوبی برای اسانس‌ها در مواد غذایی باشند. در این روش با محصور کردن ترکیبات مؤثر و فرار اسانس می‌توان از این اجزا در طول مدت نگهداری و فراوری مواد غذایی محافظت کرد در نتیجه اثر گذاری بهتری نسبت به اسانس آزاد می‌توانند داشته باشند (۲۷).

روش بهینه شده تاگوچی پرداختند، نتایج اندازه قطرات و پتانسیل ز تا به ترتیب ۵۰ نانومتر و ۴۰/۷ میلی ولت بود (۳۳) که تا حد زیادی با مطالعه حاضر مطابقت داشت.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غوطه‌وری فیله‌های مرغ در نانوامولسیون اسانس زیره‌سبز منجر به افزایش ماندگاری فیله‌ها تا روز ۱۲ بود. همچنین همان‌طور که در تصاویر مرتبط نشان داده شد میزان تأثیر نانوامولسیون وابسته به غلظت بود و با افزایش غلظت نانوامولسیون میزان تأثیر ضد میکروبی افزایش یافت. اثرات ضد میکروبی برخی از نانوامولسیون‌ها در مطالعات مختلفی آورده شده است. مطالعه Amrutha و همکاران در سال ۲۰۱۷، میزان اثر مهار کردن نانوامولسیون اسانس‌ها، بر روی پاتوژن‌های عامل فساد در میوه و سبزیجات تازه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد، نانوامولسیون اسانس زیره‌سبز در مقایسه با نانوامولسیون اسانس فلفل فعالیت ضد میکروبی بیشتری دارد و تشکیل بیوفیلم را تا حداکثر ۴۲/۵۶ درصد و ۳۸/۹۲ درصد به ترتیب در *اشرشیا کلاهی* و *سالمونلا انتریکا* مهار کرد و فساد را در میوه و سبزیجات به تعویق انداخت (۳). Hashemi Gahrue و همکاران در سال ۲۰۱۷، مطالعه‌ای بر روی خصوصیات فیلم‌های خوراکی بر پایه صمغ دانه ریحان حاوی نانوامولسیون اسانس آویشن شیرازی انجام دادند. نتایج کلی نشان داد، با افزایش غلظت اسانس نانو شده و کاهش سایز ذرات نانوامولسیون، اثرات ضد میکروبی افزایش می‌یابد (۱۰). Noori و همکاران در سال ۲۰۱۸، مطالعه‌ای بر روی خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون بر پایه پوشش خوراکی حاوی اسانس زنجبیل و اثر آن بر روی ایمنی و کیفیت فیله مرغ انجام دادند. نتایج نشان داد تیمار نانوامولسیون ۶ درصد اسانس زنجبیل نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری از لحاظ شمارش باکتری‌های کل، سرماگرا و کپک و مخمر در طی ۱۲ روز نگهداری داشته است. همچنین میزان شمارش باکتریایی کل در روز ۱۲ نگهداری ۴/۵۹ لگاریتم CFU در هر گرم گزارش گردید و کمترین میزان باکتری‌های سرماگرا و کپک و مخمر به تیمار ۶ درصد نانوامولسیون زنجبیل اختصاص یافت که نشان از تأثیر بالای نانوامولسیون اسانس زنجبیل بر روی فیله مرغ بود (۲۳). این پژوهش تا حد زیادی با مطالعه حاضر مطابقت داشت و تأثیر آن در ماندگاری فیله‌های مرغ در غلظت‌های بالای نانوامولسیون مشاهده شد. به طوری که نانوامولسیون در سطح غلظت ۲۰ و ۲۵ درصد فساد میکروبی را تا روز ۱۲ نگهداری، به تعویق انداخت. مطالعه Davila و همکاران در سال ۲۰۱۹، اثر ضد میکروب نانوامولسیون اسانس‌های دارچین، رزماری و پونه‌کوهی بر روی ماندگاری کرفس

لیز شدن جلوگیری کرده و اثر نامطلوب را بر روی غذا کاهش داد. همچنین اکسیداسیون چربی در گوشت مرغ منجر به تولید آلدئید، کتون، اسیدها و الکل می‌گردد که به دنبال آن تغییراتی در عطر و طعم گوشت ایجاد شده و پذیرش و ارزش تغذیه‌ای آن را کاهش می‌دهد (۲۸).

**نتیجه‌گیری نهایی:** نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر نشان داد که فیله‌های غوطه‌ور شده در محلول ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون در مدت زمان نگهداری با اختلاف معنی‌دار، قوی‌ترین اثر ضد میکروبی و ارگانولپتیکی را نسبت به سایر گروه‌ها در روز ۱۲ نگهداری به خود اختصاص دادند. همچنین در صورت تجاری‌سازی، توصیه می‌شود از این نانوامولسیون در صنایع غذایی و فرآورده‌های گوشتی استفاده گردد.

### سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی می‌باشد، از این رو نویسندگان از دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل و پژوهشکده فناوری نانو دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، جهت همکاری‌های لازم کمال تشکر را دارند.

### تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

در مورد نتایج حسی بدست آمده از مطالعه حاضر در فیله‌های حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون، مشخص‌گردید که غلظت‌های ۲۰ و ۲۵ درصد نانوامولسیون زیره‌سبز تأثیر نامطلوبی بر نتایج ارزیابی حسی از لحاظ رنگ، بو و پذیرش کلی نداشته و تا حدودی با مطالعات انجام شده اخیر مطابقت داشت. در مطالعه Rezaloo و همکاران در سال ۲۰۱۸، تأثیر ضد میکروبی فیلم ژلاتین و اسانس زیره‌سبز بر روی فیله‌مرغ تحت دمای یخچال بررسی گردید و تیمار ژلاتین ۰/۶ درصد اسانس زیره بالاترین امتیاز را در رابطه با ارزیابی حسی دریافت کرد (۳۰). Noori و همکاران در سال ۲۰۱۸، مطالعه‌ای بر روی خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون بر پایه پوشش خوراکی حاوی اسانس زنجبیل در فیله‌مرغ انجام دادند و در نتایج ارزیابی ارگانولپتیکی بیشترین امتیاز پذیرش کلی به تیمار پوشش داده شده با نانوامولسیون ۶ درصد زنجبیل گزارش شد (۲۳). Abdou و همکاران در سال ۲۰۱۸، مطالعه‌ای بر روی مدت زمان ماندگاری فیله‌مرغ نگهداری شده در شرایط دمایی یخچال با استفاده از پوشش نانوامولسیون انجام دادند. که نتایج نشان داد ارزیابی ارگانولپتیکی نمونه‌های حاوی نانوامولسیون نسبت به نمونه شاهد بالاترین نمرات را دریافت کردند (۱). نهایتاً در غلظت‌های بالای نانوامولسیون، فساد میکروبی و تغییرات ارگانولپتیکی به تعویق افتاد. همچنین علت آن را می‌توان به اثر گذاری بهتر نانوامولسیون بر روی میکروارگانیسم‌های عامل فساد در مواد غذایی نسبت داد، که با جلوگیری از رشد میکروب‌ها از تولید متابولیت‌های ثانویه و

### Reference

- Abdou, E.S., Galloum, G.F., Mohamed, E.N. (2018). Curcumin loaded nanoemulsions/pectin coatings for refrigerated chicken fillets. Food Hydrocoll, 83(29), 445-453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.026>
- Al-Snafi, A.E. (2016). Medicinal plants with antioxidant and free radical scavenging effects (part 2): plant based review. IOSR J Pharm, 6(7), 62-82.
- Amrutha, B., Sundar, K., Shetty, P.H. (2017). Spice oil nanoemulsions: Potential natural inhibitors against pathogenic *E. coli* and *Salmonella spp.* from fresh fruits and vegetables. LWT-Food Sci Technol, 79(1), 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.031>
- Ben, Y.M., Djenane, D. (2018). Evaluation of protective impact of algerian *cuminum cyminum l.* And *coriandrum sativum l.* Essential oils on *aspergillus flavus* growth and aflatoxin b1 production. Pak J Biol Sci, 21(2), 67-77. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2018.67.77> PMID: 30221882
- Cleveland, D. (2019). Why do people eat (so much) meat?— and how can we eat (much) less? J Agric Food Syst Community Dev, 8(4), 215-218. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2019.084.016>
- Donsì, F., Ferrari, G. (2016). Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food. J Biotechnol, 233, 106-120. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.07.005> PMID: 27416793
- Fasih, M., Ghorbani, N. M., Rahimi, A.R. (2017). The effect of three medicinal plants essential oils on the activity of peroxidase and polyphenoloxidase enzymes in broccoli (*brassica oleracea l.var. italica*). J Med Plants, 16(10), 60-76
- Haghiroalsadat, F., Vahidi, A., Sabour, M., Azimzadeh, M., Kalantar, M., Sharafadini, M. (2011). The indigenous *cuminum cyminum l.* Of yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. J SSU Med Sci Health Ser, 19(4), 472-481
- Hasanzadeh, H., Alizadeh, M., Rezazad Bari, M. (2017). Production and assessment of physicochemical characteristics and encapsulation efficiency of garlic essential oil nanoemulsions. J Food Res, 27(4), 159-170
- Gahruie, H.H., Ziaee, E., Eskandari, M.H., Hosseini, S.M.H. (2017). Characterization of basil seed gum-based edible films incorporated with *Zataria multiflora* essential oil nanoemulsion. Carbohydr Polym., 166, 93-103.

- <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.103> PMID: 28385252
11. Heydary, M., Mahasty, S.P., Akhoundzadeh B.P. (2017). Synergistic effect of lysozyme on chitosan-based films including cumin essential oil on the antimicrobial activity. *Iranian J Food Sci Technol*, 14(70), 193-200
  12. Hobson, J.J., Edwards, S., Slater, R.A., (2018). Branched copolymer-stabilised nanoemulsions as new candidate oral drug delivery systems. *RSC Advances*, 8(23), 12984-12991. <http://dx.doi.org/10.1039/c8ra01944d>
  13. Hosseini, M., Shahavi, M.H., Yakhkeshi. A. (2012). AC & DC-currents for separation of nano-particles by external electric field. *Asian J Chem*, 24(1), 181-184
  14. Hosseini, M., Shahavi, M.H. (2012). Electrostatic enhancement of coalescence of oil droplets (in nanometer scale) in water emulsion. *Chinese J Chem Eng*, 20(4), 654-658. [https://doi.org/10.1016/S1004-9541\(11\)60231-0](https://doi.org/10.1016/S1004-9541(11)60231-0)
  15. Kargozari, M., Hamed, H., Amirnia, S A., Montazeri, A., Abbaszadeh, S. (2018). Effect of bioactive edible coating based on sodium alginate and coriander (*Coriandrum sativum L.*) essential oil on the quality of refrigerated chicken fillet. *Food and Health*, 1(3), 30-38
  16. Karimirad, R., Behnamian, M., Dezhsetan, S. (2019). Application of chitosan nanoparticles containing *Cuminum cyminum* oil as a delivery system for shelf life extension of *Agaricus bisporus*. *LWT - Food Science and Technology*, 106, 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.062>
  17. Mahmoudi, R., Ehsani, A., Zare, P. (2012). Phytochemical, antibacterial and antioxidant properties of *Cuminum cyminum L.* essential oil. *Food Res*, 22(3), 311-321
  18. Marchese, A., Arciola, C.R., Barbieri, R., Silva, A.S., Nabavi, S.F., Sokeng, T., Jorel, A., Izadi, M., Jafari, N.J., Sutar, I. (2017). Update on monoterpenes as antimicrobial agents: A particular focus on p-cymene. *Materials*, 10(8), 947. <https://doi.org/10.3390/ma10080947>
  19. McLeod, A., Hovde Liland, K., Haugen, J.-E., Sørheim, O., Myhrer, K.S., Holck, A.L. (2018). Chicken fillets subjected to UV-C and pulsed UV light: Reduction of pathogenic and spoilage bacteria, and changes in sensory quality. *J Food Safety*, 38(1), e12421. <https://doi.org/10.1111/jfs.12421> PMID: 30122794
  20. Mofidian, R., Barati, A., Jahanshahi, M., Shahavi, M.H. (2019). Optimization on thermal treatment synthesis of lactoferrin nanoparticles via Taguchi design method. *SN Appl. Sci*, 1(11), 1339. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1353-z>
  21. Moghaddam, M., Miran, S.N.K., Pirbalouti, A.G., Mehdizadeh, L., Ghaderi, Y. (2015). Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum L.*) fruits during stages of maturity. *Ind Crops Prod*, 70, 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.031>
  22. Neamati, V., Khomeiri, M., Moayedi, A., Sadeghi Mahoonak, A., Sadeghi, A., Yamchi, A. (2019). Use of *cuminum cyminum* essential oil and *biarum carduchorum* water extract on shelf-life extension of lambs at cold storage. *NFSR (Nutr Food Sci Res)*, 6(3), 23-32. <http://dx.doi.org/10.29252/nfsr.6.3.23>
  23. Noori, S., Zeynali, F., Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control*, 84(11), 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.08.015>
  24. Pajohi, A.M., Tajik, H., Akhondzadeh, A., Gandomi, H., Ehsani, A. (2012). A study on chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *mentha longifolia L.* and *cuminum cyminum l.* In soup. *Iran. J Food Sci Technol*, 9(36), 33-45
  25. Patel, S. (2015). Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review. *Food Addit Contam Part A*, 32(7), 1049-1064. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1040081>
  26. Pérez Quiñones, J., Brüggemann, O., Kjems, J., Shahavi, M.H., Peniche Covas, C. (2018). Novel brassinosteroid-modified polyethylene glycol micelles for controlled release of agrochemicals. *J Agr Food Chem*, 66(7), 1612-1619. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05019>
  27. Prakash, B., Kujur, A., Yadav, A., Kumar, A., Singh, P.P., Dubey, N.K. (2018). Nanoencapsulation: An efficient technology to boost the antimicrobial potential of plant essential oils in food system. *Food Control*, 89, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.018>
  28. Radha krishnan, K., Babuskin, S., Babu, P.A.S., Sasikala, M., Sabina, K., Archana, G., Sivarajan, M., Sukumar, M. (2014). Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *Int J Food Microbiol*, 171, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.011> PMID: 24308943
  29. Rasouli, M., Mahmoudi, R., Kazemina, M. (2017). A review on the effect of medicinal plant essences on the performance of probiotic Bacteria. *JMUMS*, 26(144), 411-423
  30. Rezaloo, M., Mashak, Z., Shakerian, A. (2018). Study of the effect of gelatin and cumin essential oil on microbial and organoleptic properties of chicken meat under refrigerator conditions. *NFVM*, 1(1), 51-61
  31. Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2015). Physicochemical characterization and antimicrobial activity of food-grade emulsions and nanoemulsions incorporating essential oils. *Food Hydrocoll*, 43(2), 547-556. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.012>
  32. Keihan, G.S., Gharib, M.H., Momeni, A., Hemati, Z., Sedighin, R. (2016). A Comparison Between the Effect of *Cuminum Cyminum* and Vitamin E on the Level of Leptin, Paraoxonase 1, HbA1c and Oxidized LDL in Diabetic Patients. *Int J Mol Cell Med*, 5(4), 229-235
  33. Shahavi, M.H., Hosseini, M., Jahanshahi, M., Meyer, R.L., Darzi, G.N. (2016). Clove oil nanoemulsion as an effective antibacterial agent: Taguchi optimization method. *Desalination Water Treat*, 57(39), 18379-18390. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1092893>
  34. Shahavi, M.H., Hosseini, M., Jahanshahi, M., Meyer, R.L., Darzi, G.N. (2015). Evaluation of critical parameters for preparation of stable clove oil nanoemulsion. *Arab J Chem*, 4(8), 3225-3230. <https://doi.org/10.1016/j.arabic.2015.08.024>
  35. Shahavi, M.H., Hosseini, M., Jahanshahi, M., Najafpour Darzi, G. (2015). Optimization of encapsulated clove oil particle size with biodegradable shell using design expert methodology. *Pakistan J Biotechnol*, 12(2), 149-160. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1353-z>
  36. Taherkhani, P., Noori, N., Akhondzadeh Basti, A., Gandomi, H., Alimohammadi, M. (2015). Antimicrobial Effects of Kermanian Black Cumin (*Bunium persicum Boiss.*) Essential oil in Gouda Cheese Matrix. *J Med Plants*, 2(54), 76-85
  37. Van Haute, S., Raes, K., Van Der Meer, P., Sampers, I. (2016). The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products. *Food Control*, 68(6), 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.025>
  38. Vidic, D., Čavar Zeljković, S., Dizdar, M., Maksimović, M. (2016). Essential oil composition and antioxidant activity of

- four Asteraceae species from Bosnia. J Essent Oil Res, 28(5), 445-457. <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1150216>
39. Wang, S. H., Smith, D., Cao, Z., Chen, J., Acosta, H., Chichester, J.A., Baker Jr, J.R. (2019). Recombinant H5 hemagglutinin adjuvanted with nanoemulsion protects ferrets against pathogenic avian influenza virus challenge. Vaccine, 37(12), 1591-1600. <https://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.02.002>
40. Xue, J., Davidson, P.M., Zhong, Q. (2015). Antimicrobial activity of thyme oil co-nanoemulsified with sodium caseinate and lecithin. Int J Food Microbiol, 210, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.003>
41. Zhavah, S., Mohsenifar, A., Beiki, M., Khalili, S. T., Abdollahi, A., Rahmani-Cherati, T., Tabatabaei, M. (2015). Encapsulation of *Cuminum cyminum* essential oils in chitosan-caffeic acid nanogel with enhanced antimicrobial activity against *Aspergillus flavus*. Ind Crops Prod, 69, 251-256. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.028>



## Study of the Effect of *Cuminum Cyminum* Nanoemulsion on the Microbial and Organoleptic Properties of Chicken Fillet at 4 °C

Talaye Fallah Aski<sup>1</sup>, Fahimeh Tooryan<sup>1</sup>, Maryam Azizkhani<sup>1</sup>, Mohammad Hassan Shahavi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies (AUSMT), Amol, Iran

<sup>2</sup> Department of Engineering Modern Technologies, Amol University of Special Modern Technologies (AUSMT), Amol, Iran

doi 10.22059/jvr.2020.290713.2980

Received: 17 February 2021, Accepted: 8 May 2021

### Abstract

**BACKGROUND:** Microbial growth and unfavorable taste and aroma are the leading reasons of meat spoilage under refrigerated temperatures. Today, plant essential oils are good alternatives to synthetic preservatives. In the meantime, nanotechnology has been instrumental in helping to apply the most effective plant compounds on the target cell.

**OBJECTIVES:** The present study aimed to identify the compounds of essential oil of *Cuminum cyminum* and to investigate the microbial counts (total count, psychrotrophs, lactic acid bacteria, mold and yeast) after preparation of nanoemulsions of cumin essential oil via ultrasonic method and its nanoemulsions. Moreover, herein, we intended to evaluate organoleptic in chicken fillet samples under temperature of 4 °C.

**METHODS:** The essential oil components were analyzed with GC / MS and the effects of *Cuminum cyminum* essential oil nanoemulsion were examined on microbial count and organoleptic properties in terms of color, odor, and overall acceptance (with 9-point hedonic scale) on *Cuminum cyminum* EO nanoemulsions in chicken fillets under 4 °C.

**RESULTS:** The major identified components of *Cuminum cyminum* by extraction time were: beta- pinene (8.90 %), benzene- methyl (16.51 %), gamma- terpene (13.39 %), propanal (29.43 %), 1 -Isopropylidene-3-N-butyl-2-cyclobutene (6.52 %), and benzene methanol (8.36 %). The results of microbial count at the last day of storage showed that the treatment containing 20 % and 25 % nanoemulsions significantly delayed microbial spoilage compared to other treatments ( $P < 0.05$ ). The control treatment also indicated the highest level of microbial spoilage; as represented in Log 6, the maximum bacterial count in chicken fillets and the shelf life of BHT at 0.02 % concentration continued until day 3. Furthermore, in organoleptic evaluation, 20 % and 25 % nanoemulsion treatment scored higher than other treatments.

**CONCLUSIONS:** Nanoemulsions of *Cuminum cyminum* EO at concentrations of 20 % and 25 % were able to delay the microbial spoilage of chicken fillets and produced organoleptically favorable results.

**Keywords:** *Cuminum cyminum*, Nanoemulsions, Organoleptic properties, Microbial Spoilage, Shelf life

Copyright © 2020. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- 4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: f.tooryan@ausmt.ac.ir Tel/Fax: 011-44271054/011-44271057

### How to cite this article:

Fallah Aski, T., Tooryan, F., Azizkhani, M., Shahavi, M. (2021). Study of the Effect of *Cuminum Cyminum* Nanoemulsion on the Microbial and Organoleptic Properties of Chicken Fillet at 4 °C. J Vet Res, 76(2), 192-204. <https://doi.org/10.22059/jvr.2020.290713.2980>

### Figure Legends and Table Captions

**Table 1.** The composition of *C. cyminum* EO identified with GC/MS.

**Table 2.** Color score changes in chicken fillet containing different concentrations of *C. cyminum* EO nanoemulsions and BHT.

**Table 3.** Changes in odor score in chicken fillet containing different concentrations of *C. cyminum* EO nanoemulsions and BHT.

**Graph 1.** Changes in the total bacterial count (log cfu/g) in the treatments containing different concentrations of nanoemulsions and BHT at 4 °C.

**Graph 2.** Changes in psychrotrophs count (log cfu/g) in the treatments containing different concentrations of nanoemulsions and BHT at 4 °C.

**Graph 3.** Changes in lactic acid bacteria count (log cfu/g) in the treatments containing different concentrations of nanoemulsions and BHT at 4 °C.

**Graph 4.** Changes in the count of yeast and mold (log cfu/g) in the treatments containing different concentrations of nanoemulsions and BHT at 4 °C.

**Graph 5.** General acceptance score changes in chicken fillets containing different concentrations of *C. cyminum* nanoemulsions and BHT.

