

اثر ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی نانومولسیون اسانس گل پر بر خصوصیات کیفی و ماندگاری ناگت میگو

مریم حمزه‌ای^۱، لاله رومیانی^۲

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، پست الکترونیکی: roomiani@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۵

چکیده

سابقه و هدف: اسانس‌های گیاهی، ترکیبات روغنی فرار و آروماتیکی هستند که به دلیل دارا بودن مواد ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی قوی، به عنوان مواد نگهدارنده طبیعی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. از این رو در این مطالعه تأثیر استفاده از نانومولسیون اسانس گل پر (*Heracleum persicum*) بر ماندگاری ناگت میگو مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: ترکیبات شیمیایی اسانس گل پر توسط کروماتوگرافی گازی مورد ارزیابی قرار گرفت. تأثیر افزودن نانومولسیون اسانس گل پر حاوی غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد بر ماندگاری ناگت میگو طی ۱۵ روز نگهداری و در دمای یخچال بررسی شد. پارامترهای TBA (شاخص تیوباربیتوریک‌اسید)، PV (پراکسید)، FFA (اسیدهای چرب آزاد)، TVB-N (مجموع بازهای نیتروژنی فرار)، بار باکتریایی کل (TVC) و شاخص-های رنگ نمونه‌ها ارزیابی شد.

یافته‌ها: ترکیبات اصلی اسانس گل پر شامل بوتانوئیک‌اسید ۴۳/۲۹ درصد، سیکلوپروپان ۱۴/۱۴ درصد، متیل‌بوتان ۵/۵۰ درصد و هگزانوئیک‌اسید ۵/۲۷ درصد بودند. پس از پوشش‌دهی ناگت میگو با نانومولسیون حاوی درصدهای مختلف اسانس گل پر pH تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). همچنین، طی ۱۵ روز نگهداری سرد، پارامترهای TBA، PV، FFA، TVB-N و TVC نمونه ناگت میگو روند افزایشی را نشان دادند. کمترین میزان این شاخص‌ها در پایان زمان نگهداری در نمونه پوشش داده شده با نانومولسیون اسانس گل پر با غلظت ۲ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$). شاخص رنگ b* با افزایش درصد اسانس کاهش پیدا کرد، ولی شاخص‌های L* و a* تغییرات معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). تیمار نانومولسیون ۲ درصد اسانس گل پر با اختلاف معنی‌دار در مقایسه با شاهد بالاترین کارایی را در افزایش ماندگاری ناگت میگو نشان داد ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: استفاده از نانومولسیون حاوی ۲ درصد اسانس گل پر منجر به تأخیر افتادن فساد در ناگت‌های میگو شد و توانست ماندگاری ناگت میگو را نسبت به شاهد و سایر تیمارها تا ۳ روز افزایش دهند.

واژگان کلیدی: نانومولسیون، اسانس گل پر، ماندگاری، ناگت میگو

• مقدمه

حفظ مواد غذایی را ضروری کرده است (۲). اسانس‌های گیاهی، ترکیبات روغنی فرار و آروماتیک هستند که از بخش‌های مختلف گیاه نظیر گل، جوانه، ریشه، پوست درخت و برگ‌ها و از طریق عصاره‌گیری با بخار به دست می‌آیند. اسانس‌های گیاهی به عنوان یک عامل معطرکننده و یا چاشنی ایمن، در مواد غذایی استفاده می‌شوند. این اسانس‌ها به دلیل دارا بودن خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی قوی، به عنوان مواد

مصرف فرآورده‌های دریایی طی سال‌های اخیر در مقایسه با سایر فرآورده‌های گوشتی به دلیل وجود اسیدهای چرب-غیراشباع، ارزش تغذیه‌ای بالا و مطلوبیت قابل قبول، گسترش یافته است. وجود رطوبت و پروتئین بالای این فرآورده‌ها محیط مساعدی را برای رشد میکروارگانیسم‌ها و عوامل بیماری‌زا ایجاد کرده است (۱). از این رو ماندگاری کوتاه این محصولات مشکل مهمی در زمینه فرآوری است که به کارگیری روش‌های جدید

اکسیدانی معرفی شده است. بیشترین ماده موجود در این گیاه ترانس-آنتول است. این گیاه کاهنده کلسترول بوده و دارای اثرات ضد التهابی قوی، ضد درد، ضد تشنج، ضد باکتری و ضد قارچ است (۱۱). با توجه به خواص گسترده این گیاه و کاربرد آن در غذای مصرفی مطالعات متعددی بر روی خواص این گیاه انجام شده است که می‌توان به مطالعه بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی گیاه گل‌پر توسط Karuppusamy و Muthuraja (۱۲)، Rezapour و همکاران (۱۳) و Badfarsa و همکاران (۱۴) اشاره کرد.

در این مطالعه اثر ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون اسانس گل‌پر (*H. persicum*) بر کیفیت ناگت میگو، که یک فرآورده شیلاتی است که از میگوی چرخ شده با ترکیبات افزودنی و طعم‌دار تهیه شده که پس از قالب‌گیری و لعاب‌زنی با انواع مختلفی از آردها، منجمد، بسته‌بندی و به سرعت آماده شده و تقاضا برای استفاده از این فرآورده که دارای پروتئین بالایی است، در حال افزایش است، بررسی شده است.

• مواد و روش‌ها

تهیه ناگت میگو

ناگت میگو بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۸۵ تهیه شد (۱۵). سه کیلو میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) تازه از بازار آبادان خریداری و بعد از سر و دم زنی، پوست‌کنی و رگ‌گیری شد. میگوها در چند مرحله با آب آشامیدنی با دمای صفر تا ۵ درجه سلسیوس شستشو شده و آب اضافه آنها خارج شد. میگوها با استفاده از چرخ‌گوشت خرد شدند. سپس به میگو ۵ درصد آرد سوخاری، ۵ درصد پیاز، ۱ درصد سیر، ۱/۵ درصد نمک و ۰/۵ درصد ادویه مخلوط شد. مواد مخلوط، همگن و با قالب، قالب‌گیری شدند. نمونه‌های قالب‌زده شده، با استفاده از سه ترکیب آرد غلات، نشاسته غلات و ادویه آرد زنی شدند. سپس در مخلوط ۵۵ درصد آرد گندم، ۳۰ درصد نشاسته، ۱۰ درصد آرد گلوتن، ۲ درصد بیکنینگ پودر و ۳ درصد نمک لعاب‌زنی شدند.

تهیه اسانس گل‌پر و آنالیز ترکیبات شیمیایی آن

برگ گل‌پر (*H. persicum*) به مدت یک هفته در شرایط سایه و تهویه مناسب در دمای آزمایشگاه خشک شد. سپس به مدت ۴ ساعت در دستگاه کلونجر شیشه‌ای (۱۶) اسانس‌گیری شد. عصاره زرد رنگ به دست آمده با استفاده از سولفات سدیم آبیگری و در ویال‌هایی در دمای ۴ درجه سلسیوس تا زمان آنالیز نگهداری شد. ترکیبات اسانس گل‌پر با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent Technologies-7890A متصل به طیف‌سنجی جرمی مدل Agilent Technologies-

نگهدارنده طبیعی دسته‌بندی شده‌اند (۳). افزایش نگرانی مصرف‌کنندگان از امنیت مواد نگهدارنده شیمیایی سبب افزایش تمایل به مصرف اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی و ضد باکتری در صنعت مواد غذایی شده است (۴). اضافه کردن اسانس‌های گیاهی به پوشش‌های خوراکی می‌تواند باعث افزایش کدورت در آن شود که نتیجه آن تحت تأثیر قرار گرفتن ظاهر محصول است. دلیل اصلی این امر، پراکندگی محدود اسانس‌های گیاهی در بخش آبی مواد غذایی است، زیرا حلالیت آن‌ها در آب کم است و این ذرات بزرگ تشکیل شده سبب پراکندگی نور مرئی می‌شوند. همچنین ماهیت فرار این اسانس‌ها باعث کاهش قابل توجه مواد مؤثره در فرآیند پوشش و ذخیره‌سازی می‌شود (۵).

از این رو تحقیقات متعددی بر بهبود خواص اسانس‌ها در ترکیب با مواد غذایی انجام شده است. در این میان نانوامولسیون یکی از مسیرهای جدید برای کنترل رشد میکروب‌ها و کنترل جریان فساد است که امنیت مواد غذایی و به دنبال آن ماندگاری ماده غذایی افزایش پیدا می‌کند (۶) که این موضوع سبب افزایش مطالعاتی نظیر Enayatifard و همکاران (۷) بر بررسی پتانسیل نانوامولسیون حاوی اسانس *Origanum vulgare* در کنترل رشد باکتری *E. coli* در مواد غذایی و Polat Yemi و همکاران (۸) بر تأثیر نانوامولسیون آلزینات سدیم پوشیده شده با اسانس *Myrtus communis* بر باکتری *Listeria monocytogenes* در پنیر، شده است. استفاده از سیستم‌های کلونیدی مبتنی بر نانوامولسیون یکی از راه‌ها برای استفاده از اسانس‌ها است. نانوامولسیون‌های روغنی - آبی شامل قطرات نانو با ۱۰ و ۱۰۰ نانومتر قطر هستند که در یک محلول آبی پراکنده می‌شوند (۹). مزایای نانوامولسیون‌ها در مقایسه با اسانس شامل خواص فیزیکی و شیمیایی بهتر، شفافیت و ثبات بیشتر، بو و مزه مطلوب‌تر که سبب بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیک مواد غذایی می‌شود. این امر به دلیل پراکندگی بیشتر اسانس در سطح غذا، سبب افزایش فعالیت بیولوژیکی اسانس شده و امکان استفاده از دوزهای پایین‌تر اسانس را فراهم می‌سازد (۱۰). *Heracleum persicum* یا گل‌پر ایرانی، گیاهی علفی، پایا از تیره چتریان، دارای اجزا معطر، برگ‌های منقسم و دندانه‌دار است. منشاء گیاه گل‌پر از جنوب قفقاز بوده و به عنوان گیاه زینتی به شمال اروپا گسترش یافته است. این گیاه دارای طبیعتی گرم بوده و از زمان‌های دور به عنوان یک گیاه با خاصیت دارویی و چاشنی توسط ایرانیان مصرف می‌شود و به سبب داشتن اکتیل‌استات، پاراسیمن، لیمون، دلتا-۲-کارن، ترپن‌وئیدها، تری‌ترپن‌ها، فورانو کومارین‌ها، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها به عنوان گیاهی با خاصیت ضد میکروبی و آنتی

۲ درصد اسانس گل پر بودند. اجازه داده شد ناگت‌ها به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور بمانند. پس از خروج محلول اضافی سطح میگو، نمونه‌ها در بسته‌های پلی‌اتیلن با ضخامت ۷۵ میکرومتر بسته‌بندی و برچسب‌زنی و در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ روز نگهداری شدند. آزمایشات در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ انجام گردید.

تعیین زمان پایداری ذرات نانوامولسیون اسانس گل پر

جهت تعیین زمان پایداری نانوامولسیون اسانس گل‌پر، نمونه‌های بدست آمده پس از یک ماه نگهداری در یخچال، توسط دستگاه طیف‌سنج (Zetasizer ZS, Malvern UK) سنجش شدند. تأثیر دمای بالا (۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و نیز پایداری در برابر سانتریفیوژ (۶۰۰۰ g به مدت ۱۵ دقیقه) به عنوان متغیرهای زمان پایداری مورد بررسی قرار گرفتند و دو فاز شدن آن‌ها از طریق چشمی مورد بررسی قرار گرفت (۷).

اندازه‌گیری فاکتورهای شیمیایی ناگت میگو pH

میزان pH هریک از تیمارها با دستگاه دیجیتالی pH متر (MI150، شرکت میلواکی مارتینی ایتالیا) تعیین گردید. جهت این کار ۱۰ گرم نمونه ناگت میگو از هر تیمار در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر هموژن‌شده و بعد از آن سنجش pH انجام شد (۲۱).

عدد پراکسید

۴۰ گرم ناگت میگو با ۱۰۰ میلی‌لیتر کلروفرم مخلوط و با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده درون آون قرار داده شد تا کلروفرم آن تبخیر شود. سپس یک گرم روغن در یک لوله آزمایش وزن و یک گرم یدورپتاسیم به شکل پودر به آن افزوده و ۲۰ سانتی‌متر مکعب از محلول حلال اسیداستیک و کلروفرم به آن اضافه گردید. لوله آزمایش در یک بشر آب در حال جوش قرار داده شد و تا حدود ۳۰ ثانیه جوشانده شد. سپس محتوی لوله آزمایش سریعاً درون ارلن مایر ۲۰ سانتی‌متر مکعب محلول یدورپتاسیم ۵ درصد ریخته و لوله آزمایش را دوباره هر دفعه با ۲۵ سانتی‌متر مکعب آب شسته و به ارلن مایر اضافه شد و با محلول هیپوسولفیت سدیم ۱ نرمال تیترا گردید. عدد پراکسید عبارت است از مصرف هیپوسولفیت سدیم بر حسب سانتی‌متر مکعب که هر گاه این عدد در ۲ ضرب گردد عدد پراکسید برای هزار گرم ماده چربی به دست می‌آید (۲۲).

تیوباریتوریو ایکساید

به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون لیپید در ماهیان به طور طبیعی از شاخص تیوباریتوریو ایکساید استفاده می‌شود که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدئیدها را

5975C با ستون کاپیلاری HP-5MS (طول ۳۰ متر × قطر بیرونی ۰/۲۵ میلی‌متر × ۲۵ میکرومتر قطر داخلی) اندازه‌گیری شد (۱۷).

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گل پر

فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گل‌پر توسط روش مهار رادیکال ۱،۱-دی‌فنیل - ۲-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) و با کمک غلظت‌های ۰/۰۶۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر بررسی شد. ابتدا ۱ میلی‌لیتر اسانس با ۳ میلی‌لیتر معرف DPPH ۰/۱ میلی‌مولار مخلوط، سپس در دمای اتاق و برای ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس جذب مخلوط در ۵۱۷ نانومتر و در دستگاه اسپکتوفتومتر (Unico, S2100 SUV, Dayton, NJ, USA) بررسی شد. برای نمونه شاهد، ۱ میلی‌لیتر اتانول به طور جداگانه به ۳ میلی‌لیتر معرف DPPH اضافه شد (۱۹-۱۸). درصد مهار رادیکال DPPH از طریق معادله ۱ زیر تعیین شد:

$$(\%) = \{(A_c - A_s) / A_c\} \times 100$$

As جذب نمونه، Ac جذب شاهد.

میزان IC₅₀، با استفاده از نمودار درصد مهار رادیکال در برابر غلظت، ترسیم و با استفاده از معادله خط و قراردادن عدد ۵۰ بجای Y در معادله خط میزان این شاخص محاسبه شد.

تهیه نانوامولسیون اسانس گل پر

به منظور تهیه نانوامولسیون اسانس گل‌پر از روش امولسیون به روش برگشت فاز استفاده گردید (۲۰). اسانس برگ گیاه گل‌پر (*H. persicum*) به میزان ۰/۵، ۱ و ۲ درصد حجمی - حجمی و توئین ۸۰ درصد (با نسبت ۱:۰/۵) با یکدیگر مخلوط و سپس با افزودن قطره‌قطره ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۱۰ درصد حجمی - حجمی) با همزن مگنت‌دار با ۸۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه همزده شدند. سپس ۳/۵ میلی‌لیتر بافر سدیم-سولفات به مخلوط اضافه و با سرعت ۸۰۰ دور در دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه مخلوط شد. امواج فراصوت توسط دستگاه سونیکاتور (OPTIMA, XL100K, Germany) با توان ۲۰۰ وات و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز در مدت زمان ۵ دقیقه به صورت مداوم و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بر نمونه‌ها تابانده شد. برای کنترل اندازه ذرات از روش Dynamic Light Scattering (DLS) (روش تفریق نورپویا) و دستگاه Zetasizer Nano-ZS (Malvern Instruments, Worcestershire, UK) استفاده شد. تیمار شاهد حاوی ناگت‌های میگو با اسانس گل‌پر، تیمار اول شامل ناگت میگوی با نانوامولسیون ۰/۵ درصد اسانس گل‌پر، تیمار دوم نانوامولسیون ۱ درصد اسانس گل‌پر و تیمار سوم نانوامولسیون

قطره معرف توشیرو به عنوان ظرف گیرنده به قسمت سردکننده دستگاه تقطیر وصل گردید. پس از روشن شدن دستگاه محتوی بالن تقطیر حرارت دیده و به مدت ۱۸ دقیقه عمل جوش و تقطیر صورت گرفت. محلول تقطیر شده به وسیله اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیتیر شده و مقدار اسید مصرفی یادداشت و با استفاده از معادله ۳ مواد ازته فرار بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت محاسبه شد (۲۳).

$4/1 \times 100 \times$ میزان تیتراژول نمونه شاهد - مصرفی نمونه مصرفی (میلی لیتر) = بازهای نیتروژنی فرار
نمونه وزن گرم

اندازه‌گیری میزان کل باکتری (TVC)

تعیین بار باکتریایی کل ناگت‌های میگو مطابق با استاندارد شماره ۲۳۲۵ (۲۴) انجام شد. به این منظور ۵ گرم ناگت میگو دارای پوشش نانوامولسیون محتوی درصد‌های مختلف اسانس گل‌پر به همراه ۴۵ میلی لیتر آب مقطر به کیسه استریل استومیکر منتقل و به صورت هموژن در آمدند. سپس ناگت‌ها تا رقت ۵-۱۰ میلی لیتر رقیق شد. ۱ میلی لیتر از هر رقت در پلیت حاوی محیط کشت پلیت کانت آگار به روش خطی قرار داده شد. بعد از چند دقیقه همه پلیت‌ها وارونه و در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شدند. شمارش باکتری‌های کل در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ انجام شد.

ارزیابی رنگ

رنگ هر یک از نمونه‌ها با استفاده از روش رنگ‌سنجی و توسط دستگاه Hunter Lab (Minolta model CR-410, Japan) بررسی شد. پارامترهای رنگی شامل L^* (روشنی)، a^* (قرمزی/سبزی)، b^* (زرد/آبی) از طریق معادله ۴ تعیین شدند (۲۵).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

ΔL : دامنه تغییرات میزان روشنی

Δa : دامنه تغییرات میزان قرمزی

Δb : دامنه تغییرات میزان زردی

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه، تمامی آزمون‌ها با سه تکرار انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف چک شد. سپس جهت آنالیز واریانس داده‌ها از روش ANOVA و مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم‌افزار SPSS23 استفاده شد. همچنین نمودارها با اکسل ۲۰۰۷ رسم گردید.

نشان می‌دهد. شاخص تیوباریتیوریک اسید مربوط به اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید است که محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیر اشباع می‌باشند. مقدار ۵ گرم ناگت میگو به همراه ۱۰۰ میلی لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری توسط همزن برقی به طور کامل هموژن گردید. سپس محلول هموژن شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شده و محلول صاف شده دوباره به کمک محلول تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد. ۳ میلی لیتر از محلول صاف شده به همراه ۳ میلی لیتر محلول تیوباریتیوریک اسید ۰/۰۲ مولار در یک لوله آزمایش در پیچ‌دار با هم مخلوط کرده و به مدت ۴۵ دقیقه در آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۳۹ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری گردید. جهت تهیه نمونه شاهد مقدار ۳ میلی لیتر از محلول تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد با ۳ میلی لیتر از محلول ۰/۰۲ مولار تیوباریتیوریک اسید مخلوط و سپس با استفاده از میزان میلی گرم مالون‌دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از میگو و بر اساس معادله ۲ اندازه‌گیری شد (۲۲).

$$(mgMDA/Kg) = \frac{50 \times (As - Ab)}{200}$$

As: جذب نوری نمونه‌ها، Aa: جذب نوری شاهد.

اسیدهای چرب آزاد

جهت سنجش اسیدهای چرب آزاد حدود ۲۰ گرم نمونه وزن و با مقدار کافی کلروفورم کاملاً مخلوط و از کاغذ صافی حاوی سولفات سدیم خشک، عبور داده شد. حجم معمولی از روی محلول صاف شده به یک بالن که قبلاً در اتوکلاو خشک و پس از آن سرد و در ترازو توزین گردید، منتقل و پس از تبخیر کلروفورم، مقدار چربی در حجم (نسبت چربی در حلال) تعیین شد. سپس ۲۵ میلی لیتر از محلول صاف شده به یک ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی لیتری منتقل و ۲۵ میلی لیتر الکل خنثی به آن اضافه گردید. اسیدهای چرب آزاد به وسیله محلول سود ۰/۱ نرمال در برابر معرف فنل‌فتالئین خنثی و اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسیداولئیک محاسبه گردیدند (۲۳).

بازهای نیتروژنی فرار

یکی از روش‌های تشخیص فساد شیمیایی گوشت آبزیان، اندازه‌گیری میزان بازهای ازته فرار است. به منظور اندازه‌گیری مواد ازته فرار از دستگاه کج‌دال اتوماتیک استفاده گردید. مقدار ۱۰ گرم نمونه ناگت میگو میکس شده به همراه ۱ گرم پودر اکسید منیزیم درون بالن تقطیر دستگاه کج‌دال ریخته و سپس ۶۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. یک ارلن حاوی ۱۰

• یافته‌ها

ترکیبات اسانس گل‌پر (*Heracleum persicum*)

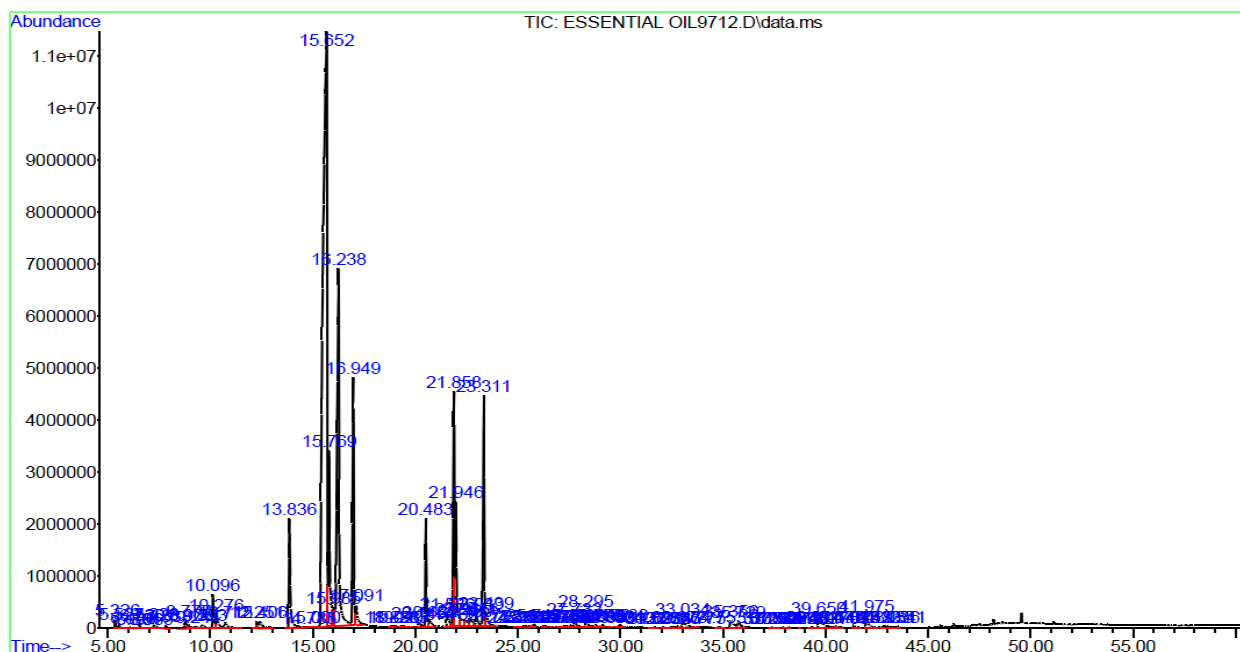
در جدول ۱، آنالیز ترکیبات شیمیایی اسانس گل‌پر توسط دستگاه GC-MS نشان داده شده است. ترکیبات غالب موجود شامل ۴۳/۲۹ Butanoic Acid درصد، ۱۴/۱۴ Cyclopropane درصد، ۵/۵۰ Hexyl 2-Methylbutanoate درصد، ۵/۲۷ Acid N-Octyl 2-Methyl Butyrate Butan Oic درصد، ۴/۹۹ Acid Cyclohexane و ۴/۱۱ درصد، ۳/۰۶ درصد بودند. نمودار کروماتوگرافی ترکیبات اسانس گل‌پر در شکل ۱ نشان داده شده است.

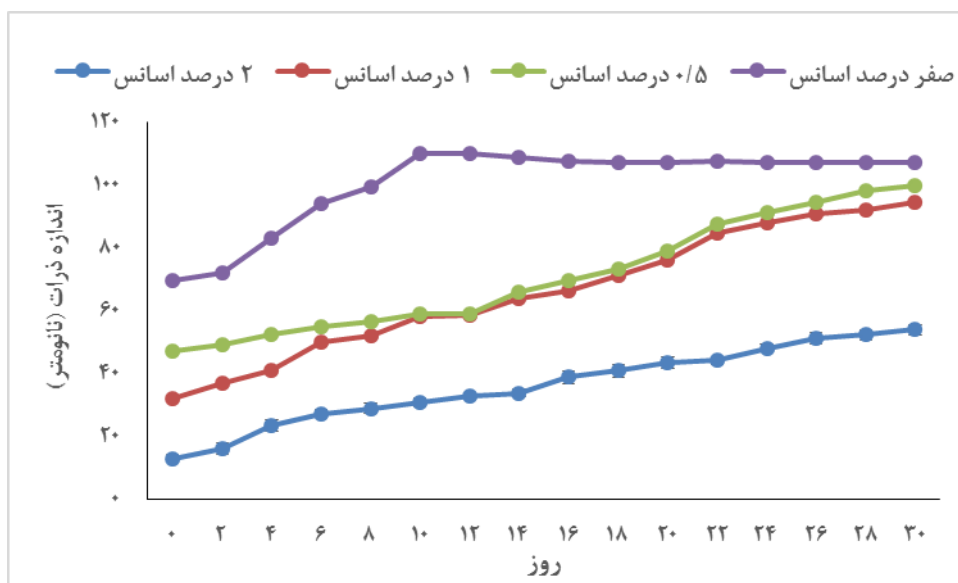
پایداری ذرات نانومولسیون

تغییرات اندازه ذرات در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به داده‌های بدست آمده اندازه ذرات تابع زمان ذخیره-سازی نانومولسیون در دمای یخچال بود. در همه تیمارهای مطالعه، هرچه زمان نگهداری افزایش یافت، میزان اندازه ذرات بیشتر شد، بطوریکه در تیمار ۲ درصد نانومولسیون اسانس گل‌پر میزان اندازه ذرات به 54 ± 0.83 نانومتر و در تیمار شاهد به 115 ± 3.44 نانومتر رسید.

جدول ۱. درصد نسبی ترکیبات شیمیایی اصلی تشکیل دهنده اسانس گل‌پر (*H. persicum*)

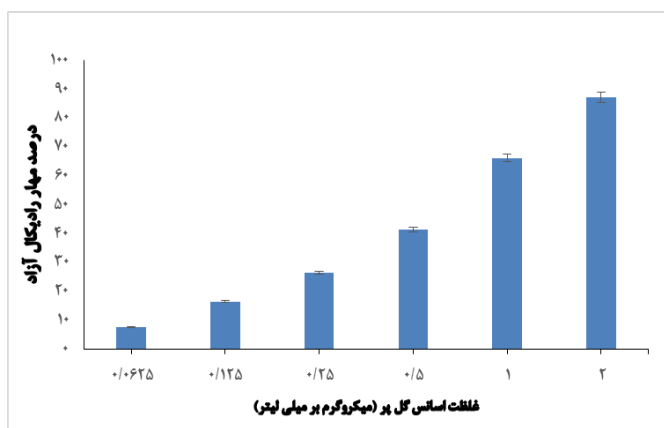
ردیف	ترکیبات	درصد از اسانس	شاخص بازداری
۱	Propanoic Acid, 2-Methyl-, Hexyl Ester	۲/۷۸	۱۳/۸۳۴
۲	Butanoic Acid, Hexyl Ester	۴۳/۲۹	۱۵/۶۵۳
۳	Cyclohexane, Ethylidene- Ethyl Denecyclohexane	۴/۱۱	۱۵/۷۶۸
۴	Cyclopropane, Pentyl- Pentane	۱۴/۱۴	۱۶/۲۳۷
۵	Hexyl 2-Methylbutanoate	۵/۵۰	۱۹/۹۵۲
۶	Hexanoic Acid, Hexyl Ester Hexyl Hexoate Hexyl Caproate	۵/۲۷	۲۱/۸۵۶
۷	Butanoic Acid, Octyl Ester Buty Ric Acid	۳/۰۶	۲۱/۹۴۷
۸	N-Octyl 2-Methyl Butyrate Butan Oic Acid	۴/۹۹	۲۳/۳۰۹
	جمع کل	۸۳/۱۴	-

شکل ۱. نمودار کروماتوگرافی اسانس گل‌پر (*H. persicum*)

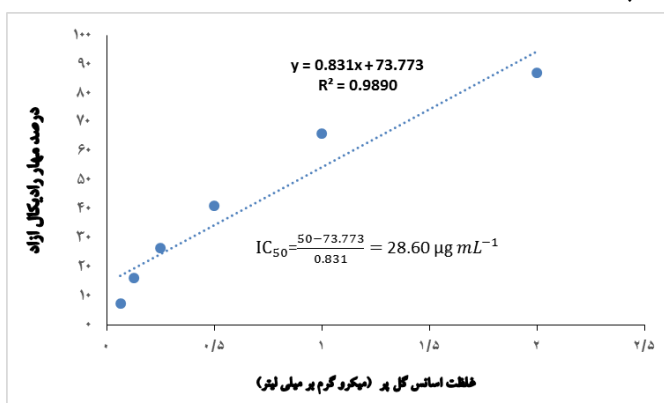


شکل ۲. پایداری اندازه ذرات نانوامولسیون اسانس گل‌پر طی نگهداری در دمای یخچال

الف



ب



شکل ۳. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون اسانس گل‌پر (H. persicum) الف - تغییرات درصد مهار رادیکال آزاد توسط اسانس گل‌پر، ب - منحنی کالیبراسیون درصد مهار رادیکال آزاد توسط اسانس گل‌پر

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گل‌پر (Heracleum persicum)

در شکل ۳، ارتباط بین غلظت اسانس گل‌پر بر فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد نشان داده شده است. بر اساس این جدول با افزایش غلظت اسانس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گل‌پر افزایش یافت و بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در غلظت ۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. میزان IC_{50} اسانس گل‌پر توسط معادله منحنی کالیبراسیون ۲۸/۶۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر به دست آمد.

اثر پوشش خوراکی نانوامولسیون اسانس گل‌پر (Heracleum persicum) بر کیفیت شیمیایی و میکروبی ناگت میگو

تغییرات شیمیایی نمونه‌های ناگت میگو در طول ۱۵ روز نگهداری در جدول ۲ نشان داده شده است. pH در ۴ تیمار طی پانزده روز نگهداری، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). با افزایش زمان نگهداری، میزان pH افزایش یافت ($P < 0.05$). در بررسی روند تغییرات TBA در ناگت میگو، تیمار ۱ و تیمار ۲ از روز سوم تا انتهای دوره نگهداری در مقایسه با دو تیمار ۳ و ۴ مقادیر بالاتری از این شاخص را نشان دادند ($P < 0.05$) و در تمام تیمارها افزایش این شاخص مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد تیمار ۴ در مقایسه با سایر تیمارها با اختلاف معنی‌دار پایین‌ترین مقدار این پارامتر را در روز پانزدهم داشت ($P < 0.05$). بیشترین مقدار TBA مربوط به تیمار شاهد در روز پانزدهم بود.

روند تغییرات شاخص PV نشان‌دهنده افزایش میزان این پارامتر در تیمار شاهد و تیمارهای پوشش خوراکی نانوامولسیون اسانس گل‌پر با گذشت زمان نگهداری بود. میزان این پارامتر از ۰/۷۹-۰/۸۱ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم در روز صفر به ۴/۲۹-۳/۱۱ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم در روز پانزدهم رسید که در تمام دوره بررسی تیمار شاهد همواره بالاترین میزان را داشت و تیمارهای ۲، ۳ و ۴ به ترتیب مقادیر پایین‌تری را داشتند ($P < 0/05$) (جدول ۲).

میزان FFA در دو تیمار ۱ (شاهد) و ۲ در طول پانزده روز بررسی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند ($P > 0/05$). در روز پانزدهم تیمار ۱ (شاهد) با مقدار ۳/۴۸ درصد اولئیک بالاترین میزان FFA و تیمار ۴ با مقدار ۲/۴۲ درصد اولئیک کمترین میزان را داشت ($P < 0/05$). با توجه به جدول ۲، میزان TVB-N در نمونه ناگت میگو روند افزایشی داشت و در تمام

تیمارها در روز پانزدهم به بالاترین میزان خود رسید. در انتهای دوره نگهداری (روزهای دوازدهم و پانزدهم) دو تیمار ۱ و ۲ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند ($P > 0/05$) و بالاترین میزان این پارامتر به آنها تعلق داشت. کمترین میزان این پارامتر در تیمار ۴ ($41/16 \pm 2$) میلی‌گرم ازت در ۱۰۰ گرم) اندازه‌گیری شد که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود ($P < 0/05$). بررسی بار میکروبی در ناگت‌های میگو نشان داد که در روز پانزدهم بررسی تیمار ۱ (شاهد) و تیمار ۲ پوشش خوراکی نانوامولسیون اسانس گل‌پر در مقایسه با تیمار ۳ و ۴ بار میکروبی بیشتری داشتند ($P < 0/05$). بار میکروبی از $4/38 \text{ Log cfu/g}$ - $4/26 \text{ Log cfu/g}$ در روز صفر به $9/87 \text{ Log cfu/g}$ - $8/43 \text{ Log cfu/g}$ در روز پانزدهم رسید. در روز پانزدهم، تیمار شاهد با مقدار $9/87 \text{ Log cfu/g}$ بالاترین بار میکروبی و تیمار ۴ با مقدار $8/43 \text{ Log cfu/g}$ کمترین بار میکروبی را داشت ($P < 0/05$) (شکل ۴).

جدول ۲. اثر نانوامولسیون اسانس گل‌پر (*H.persicum*) بر فاکتورهای شیمیایی ناگت میگو طی ۱۵ روز نگهداری سرد

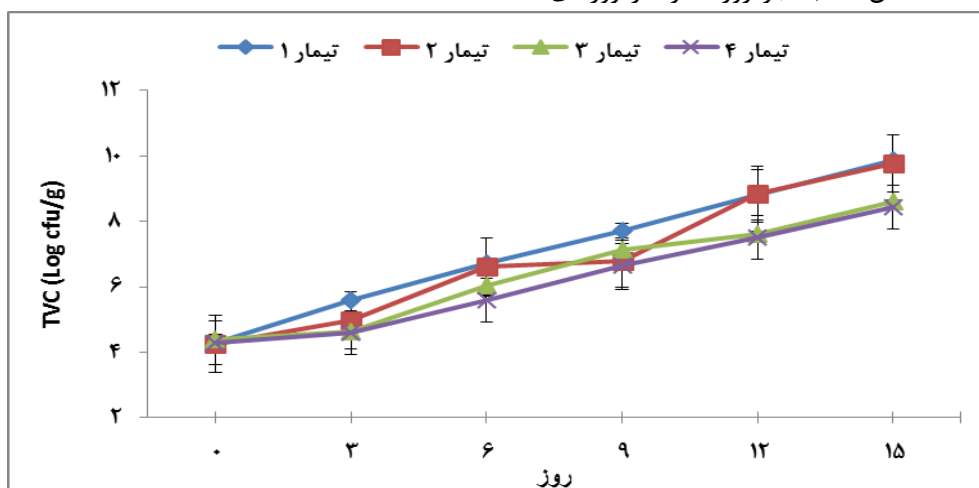
تیمار	روز	۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
pH							
تیمار ۱ (شاهد)		$5/82 \pm 0/02^{Aa}$	$0/07^{Ab}$	$5/94 \pm 0/02^{Ac}$	$6/22 \pm 0/04^{Ad}$	$6/29 \pm 0/05^{Ae}$	$6/51 \pm 0/05^{Af}$
تیمار ۲		$5/88 \pm 0/07^{Aa}$	$5/99 \pm 0/05^{Ab}$	$6/09 \pm 0/11^{Ac}$	$6/23 \pm 0/02^{Ad}$	$6/24 \pm 0/07^{Ae}$	$6/49 \pm 0/07^{Af}$
تیمار ۳		$5/79 \pm 0/09^{Aa}$	$5/99 \pm 0/03^{Ab}$	$6/10 \pm 0/06^{Ac}$	$6/22 \pm 0/04^{Ad}$	$6/27 \pm 0/12^{Ae}$	$6/44 \pm 0/11^{Af}$
تیمار ۴		$5/87 \pm 0/04^{Aa}$	$5/94 \pm 0/08^{Ab}$	$6/02 \pm 0/07^{Ac}$	$6/19 \pm 0/02^{Ad}$	$6/23 \pm 0/03^{Ae}$	$6/37 \pm 0/06^{Af}$
TBA (میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدید در کیلوگرم)							
تیمار ۱ (شاهد)		$0/54 \pm 0/03^{Aa}$	$0/04^{Ab}$	$0/95 \pm 0/08^{Ac}$	$2/31 \pm 0/11^{Ad}$	$3/12 \pm 0/16^{Ae}$	$3/9 \pm 0/11^{Af}$
تیمار ۲		$0/57 \pm 0/04^{Aa}$	$0/93 \pm 0/09^{Ab}$	$1/52 \pm 0/04^{Ac}$	$2/15 \pm 0/03^{Ad}$	$2/02 \pm 0/20^{Ae}$	$3/87 \pm 0/17^{Af}$
تیمار ۳		$0/53 \pm 0/02^{Aa}$	$0/88 \pm 0/01^{Bb}$	$1/28 \pm 0/09^{Bc}$	$1/8 \pm 0/16^{Bd}$	$2/63 \pm 0/07^{Be}$	$3/37 \pm 0/15^{Bf}$
تیمار ۴		$0/52 \pm 0/01^{Aa}$	$0/85 \pm 0/02^{Bb}$	$1/14 \pm 0/04^{Bc}$	$1/63 \pm 0/11^{Bd}$	$2/08 \pm 0/11^{Ce}$	$2/65 \pm 0/16^{Cf}$
PV (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)							
تیمار ۱ (شاهد)		$0/79 \pm 0/01^{Aa}$	$1/9 \pm 0/04^{Ab}$	$2/98 \pm 0/02^{Ac}$	$3/82 \pm 0/04^{Ad}$	$4/58 \pm 0/12^{Ae}$	$4/29 \pm 0/09^{Af}$
تیمار ۲		$0/80 \pm 0/01^{Aa}$	$1/72 \pm 0/09^{Bb}$	$2/72 \pm 0/09^{Bc}$	$3/66 \pm 0/06^{Bd}$	$4/25 \pm 0/14^{Be}$	$4/12 \pm 0/09^{Bf}$
تیمار ۳		$0/81 \pm 0/02^{Aa}$	$1/49 \pm 0/03^{Cb}$	$2/48 \pm 0/09^{Cc}$	$3/11 \pm 0/16^{Cd}$	$3/88 \pm 0/16^{Ce}$	$3/56 \pm 0/13^{Cf}$
تیمار ۴		$0/80 \pm 0/02^{Aa}$	$1/30 \pm 0/04^{Db}$	$1/98 \pm 0/02^{Dc}$	$2/78 \pm 0/15^{Dd}$	$3/32 \pm 0/16^{De}$	$3/11 \pm 0/04^{Df}$
FFA (درصد اسیداولئیک)							
تیمار ۱ (شاهد)		$0/37 \pm 0/01^{Aa}$	$0/79 \pm 0/07^{Ab}$	$1/62 \pm 0/26^{Ac}$	$2/19 \pm 0/10^{Ad}$	$2/98 \pm 0/20^{Ae}$	$3/48 \pm 0/09^{Af}$
تیمار ۲		$0/36 \pm 0/01^{Aa}$	$0/71 \pm 0/02^{Ab}$	$1/34 \pm 0/17^{Ac}$	$2/16 \pm 0/09^{Ad}$	$2/76 \pm 0/14^{Ae}$	$3/47 \pm 0/13^{Af}$
تیمار ۳		$0/37 \pm 0/05^{Aa}$	$0/59 \pm 0/02^{Bb}$	$0/97 \pm 0/03^{Bc}$	$1/68 \pm 0/15^{Bd}$	$2/42 \pm 0/12^{Be}$	$2/94 \pm 0/08^{Bf}$
تیمار ۴		$0/38 \pm 0/01^{Aa}$	$0/51 \pm 0/04^{Bb}$	$0/90 \pm 0/10^{Bc}$	$1/40 \pm 0/10^{Bd}$	$1/82 \pm 0/05^{Ce}$	$2/42 \pm 0/08^{Cf}$
TVB-N (میلی‌گرم ازت در ۱۰۰ گرم)							
تیمار ۱ (شاهد)		$9/95 \pm 0/41^{Aa}$	$15/25 \pm 0/44^{Ab}$	$24 \pm 0/21^{Ac}$	$28/01 \pm 0/32^{Ad}$	$41/92 \pm 0/34^{Ae}$	$51/96 \pm 0/18^{Af}$
تیمار ۲		$10/14 \pm 0/38^{Aa}$	$14/70 \pm 0/37^{Ab}$	$21/86 \pm 0/26^{Bc}$	$26/74 \pm 0/23^{Ad}$	$40/75 \pm 0/54^{Ae}$	$50/66 \pm 0/09^{Af}$
تیمار ۳		$10/24 \pm 0/12^{Aa}$	$13/16 \pm 0/06^{Bb}$	$22/05 \pm 0/36^{Bc}$	$26/82 \pm 0/50^{Ad}$	$36/11 \pm 0/50^{Be}$	$46/64 \pm 0/18^{Bf}$
تیمار ۴		$10/52 \pm 0/07^{Aa}$	$11/76 \pm 0/04^{Cb}$	$17/62 \pm 0/05^{Cc}$	$23/52 \pm 0/04^{Bd}$	$33/20 \pm 0/61^{Ce}$	$41/16 \pm 0/02^{Cf}$

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف است ($P < 0/05$). حروف کوچک متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در روزهای مختلف است ($P < 0/05$).

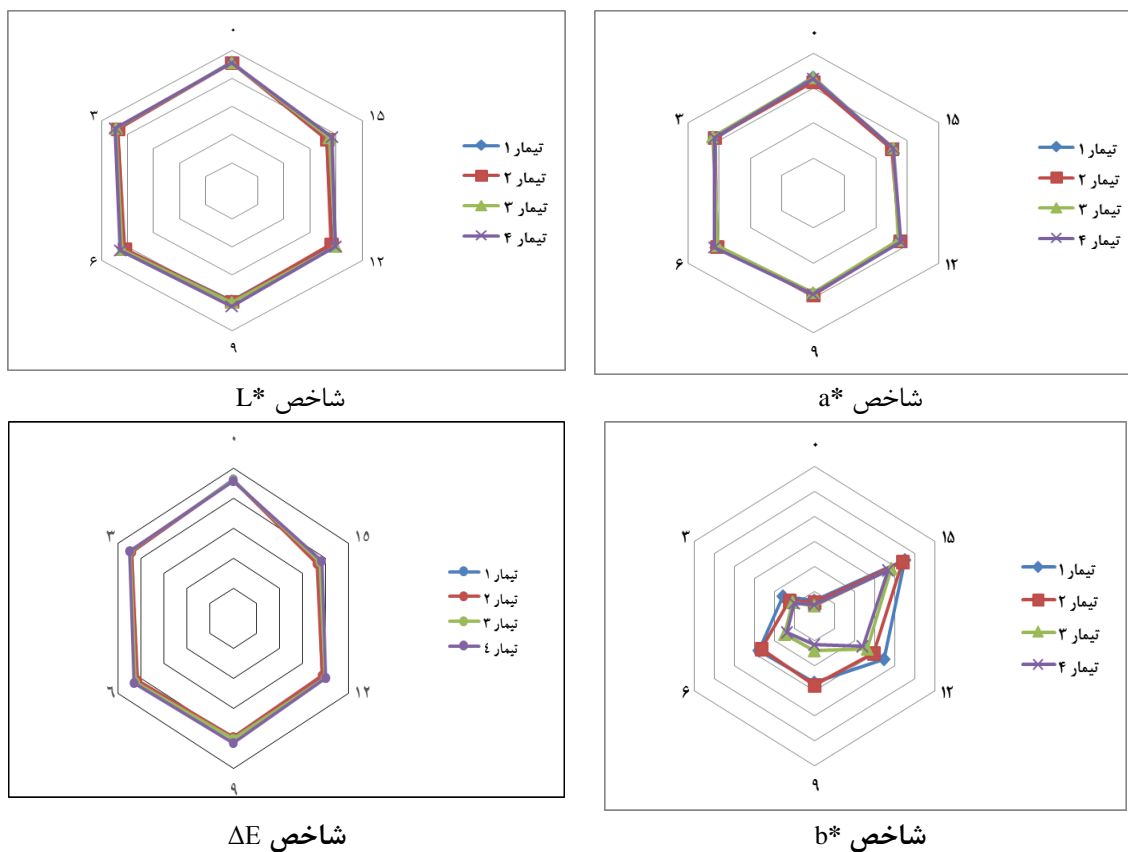
تیمار شاهد (تیمار ۱): ناگت میگو دارای اسانس، تیمار ۲: ناگت میگو با نانوامولسیون ۰/۵ درصد اسانس گل‌پر، تیمار ۳: ناگت میگو با نانوامولسیون ۱ درصد اسانس، ۴: ناگت میگو با نانوامولسیون ۲ درصد اسانس

سه، شش، نه، دوازده و پانزده بین ۲ تیمار ۱ (شاهد) و ۲ با یکدیگر و در دو تیمار ۳ و ۴ اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$) اما دو گروه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0.05$) و با افزایش سطح اسانس میزان شاخص b^* کاهش معنی‌داری پیدا کرده و تیمار پوشش خوراکی نانوامولسیون ۲ درصد اسانس گل‌پر در مقایسه با تیمارهای دیگر بالاترین میزان و تیمار شاهد کمترین میزان این شاخص را داشت ($P < 0.05$).

با توجه به داده‌های بدست آمده، تیمار شاهد (۱) تا روز ششم و تیمارهای ۲، ۳ و ۴ (نانوامولسیون اسانس) تا روز نهم از نظر بار میکروبی در محدوده مجاز قرار داشتند. برای بررسی تأثیر استفاده از پوشش خوراکی نانوامولسیون محتوی اسانس گل‌پر روی شاخص‌های رنگ ناگت میگو از سه شاخص L^* ، a^* و b^* استفاده شد (شکل ۵) که شاخص L^* و a^* در طول دوره نگهداری و نیز بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). شاخص b^* به جز روز صفر، در روزهای



شکل ۴. اثر استفاده از نانوامولسیون حاوی درصدهای مختلف اسانس گل‌پر (*H. persicum*) بر TVC ناگت میگو طی ۱۵ روز نگهداری سرد تیمار شاهد (تیمار ۱): ناگت میگو دارای اسانس، تیمار ۲: ناگت میگو با نانوامولسیون ۰/۵ درصد اسانس گل‌پر، تیمار ۳: ناگت میگو با نانوامولسیون ۱ درصد اسانس، ۴: ناگت میگو با نانوامولسیون ۲ درصد اسانس



شکل ۵. تأثیر استفاده از نانوامولسیون اسانس گل‌پر (*H. persicum*) بر شاخص‌های رنگ ناگت میگو

تیمار شاهد (تیمار ۱): ناگت میگو دارای اسانس، تیمار ۲: ناگت میگو با نانوامولسیون ۰/۵ درصد اسانس گل‌پر، تیمار ۳: ناگت میگو با نانوامولسیون ۱ درصد اسانس، ۴: ناگت میگو با نانوامولسیون ۲ درصد اسانس

• بحث

شرایط تولید و نیز نوع و غلظت ترکیبات تشکیل دهنده آن‌ها می‌باشد (۳۰). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که زمان نگهداری در پایداری نانومولسیون تأثیرگذار است. با افزایش زمان نگهداری نانومولسیون اسانس گل‌پر در یخچال، اندازه ذرات آن افزایش یافت، بطوری که پس از چهار هفته میانگین اندازه ذرات نانومولسیون به ۱۱۵ نانومتر رسید. هر قدر زمان باقی ماندن در فرآیند افزایش یابد، ذرات شکسته شده اسانس فرصت بیشتری خواهند داشت تا توسط امولسیفایر پوشیده شده و سبب جلوگیری از افزایش قطر ذرات شوند. دلیل کاهش قطر ذرات تشکیل دهنده نانومولسیون در غلظت‌های بالای اسانس این است که احتمالاً سورفاکتانت‌هایی مانند توئین ۸۰ با کاهش سرعت انتشار مولکول‌های فاز پراکنده، رسیدگی استوالد را کاهش می‌دهند. نانومولسیون‌ها به دلیل کوچک بودن اندازه ذرات کشش سطحی زیادی داشته و تمایل کمتری به فاز جدایی دارند (۲۸).

فرآورده‌های دریایی به دلیل غنی بودن از نظر پروتئین‌ها، ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب غیر اشباع جزء فساد پذیرترین محصولات در مقایسه با سایر مواد غذایی هستند و معمولاً سریعتر از سایر فرآورده‌های گوشتی فاسد و گوشت آنها مستعد تغییرات شیمیایی و میکروبی بیشتری در مقایسه با سایر مواد غذایی است (۱). pH در فرآورده‌های شیلاتی به عنوان شاخص فساد تلقی می‌گردد و pH بالاتر از ۷ در فیله ماهیان نشان دهنده فساد است (۳۱) که با توجه به نتایج مطالعه حاضر در تمام تیمارها در محدوده مجاز قرار داشت. افزایش pH با گذشت زمان نگهداری، ناشی از تولید آمین‌های آزاد، در اثر عمل آنزیم‌های پروتئولیتیک یا تولید ترکیبات بازی از قبیل آمونیاک و تری‌متیل‌آمین و دیگر آمین‌های بیوژنیک در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی است (۳۲) که توجیه کننده روند مشاهده شده در مطالعه حاضر است.

فرآورده‌های حاصل از اکسایش اولیه چربی‌ها مانند هیدروپروکسیدها هستند که به دلیل ناپایداری شکسته و موادی همانند آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، هیدروکربن‌ها، استرها، فوران‌ها و لاکتون‌ها را تولید می‌کنند که عامل بو و مزه زمان فساد هستند. ترکیبات ناپایدار اولیه پراکسیدها و مالون‌آلدئید به عنوان ترکیبات ثانویه، TBA را تشکیل می‌دهند (۳۱). در مطالعه حاضر میزان کاهش میزان پراکسید در روز ۱۵ در مقایسه با روز ۱۲ به احتمال زیاد ناشی از این ناپایداری و تبدیل هیدروپروکسیدها به محصولات ثانویه اکسایش است (۳۳).

در مطالعه حاضر شاخص پراکسید همانند شاخص TBA روند افزایشی داشت و تیمارهای نانومولسیون اسانس به خصوص تیمار ۲ درصد با اختلاف معنی‌دار کمترین مقدار این

بر اساس آنالیز ترکیب شیمیایی اسانس گل‌پر، ترکیب غالب Butanoic acid بود. Naderi و همکاران (۲۶) عمده ترکیبات موجود در اسانس گل‌پر را استرهای خطی نظیر Hexyl butyrate (۳۰/۱۶ درصد)، Ethyl decanoate (۱۲/۷۵ درصد) و Ethyl acetate (۱۰/۶۲ درصد) و Karuppusamy و Muthuraja (۱۲) ترکیبات β -Phellandrene (۱۱/۳۵ درصد)، Sabinene (۱۶/۱۸ درصد)، 1,8-cineole (۲۱/۲۰ درصد)، ρ -Cymene-8-ol (۸/۷۴ درصد)، Caryophyllene (۲/۶ درصد) را به عنوان ترکیبات اصلی اسانس گل‌پر گزارش کردند که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین Rezapour و همکاران (۱۳) Hexyl butyrate را به عنوان ترکیب عمده گل‌پر (*H. persicum*) گزارش کردند. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که به طور موثر و به طرق مختلف از واکنش رادیکال‌های آزاد به شکل‌های اکسیژن و نیتروژن فعال با بیومولکول‌ها جلوگیری می‌کنند (۲۷). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، اسانس گل‌پر دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی خوبی بوده و توانست رادیکال‌های آزاد DPPH را مهار کند و با افزایش سطح اسانس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت که این امر در مطالعه Karuppusamy و Muthuraja (۱۲) نیز گزارش و با افزایش سطح اسانس *Heracleum sprengeianum* درصد مهار رادیکال‌های DPPH افزایش معنی‌داری یافت. Badfarsa و همکاران (۱۴) میزان کل ترکیبات فنلی اسانس گل‌پر را ۲۲۲ میکروگرم بر ۱۰۰ گرم اسانس گزارش و عنوان کردند وجود این ترکیبات سبب بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای اسانس گل‌پر می‌شود.

اندازه ذرات نانومولسیون به دلیل تأثیری که بر پایداری پوشش می‌گذارد، اهمیت بالایی دارد. نانومولسیون‌ها همانند امولسیون‌های متداول، سیستم‌های نسبتاً ناپایداری هستند و در اثر فرآیندهای فیزیکوشیمیایی مختلف مانند تفکیک گرانشی، انبوهش، ادغام و رسیدگی استوالد دچار ناپایداری می‌شوند. افزایش زمان نگهداری نانومولسیون اسانس *Salvia chorasana* در یخچال سبب افزایش اندازه ذرات آن شد که از ۹۱ نانومتر در روز اول به ۱۱۷/۶۱ نانومتر افزایش داشت. دلیل افزایش اندازه ذرات را رسیدگی استوالد دانستند (۲۸). در مطالعه دیگر، تولید نانومولسیون بر پایه روغن بادام شیرین و کنجد و ویژگی‌های آن بررسی شد. نتایج نشان داد ریزترین ذرات در تیمار ۲ درصد کنجد و با حضور غلظت بالاتر از ۰/۵ درصد امولسیفایر مشاهده گردید (۲۹). اندازه قطرات امولسیون‌ها به عوامل متعددی وابسته است که مهم‌ترین آنها، روش و

یکی از شاخص‌های مناسب جهت مشخص کردن حداکثر زمان نگهداری فرآورده‌های دریایی نظیر ناگت میگو، بار میکروبی در طول زمان نگهداری در یخچال است (۳۹)، به شکلی که می‌توان از این مقیاس برای ارزیابی کیفیت بهداشتی محصولات استفاده کرد. 7 Log cfu/g بالاترین حد قابل پذیرش در مواد غذایی است (۳۴). کم‌تر بودن مقادیر بار میکروبی در انتهای دوره در تیمارهای حاوی اسانس با درصد‌های بالاتر (تیمار ۳ و تیمار ۴ به ترتیب $8/43$ و $8/62 \text{ Log CFU/g}$) در مقایسه با تیمارهای ۱ ($9/87 \text{ Log CFU/g}$) و ۲ ($9/76 \text{ Log CFU/g}$) را می‌توان به علت افزایش سطح ترکیبات فنولی اسانس نسبت داد، زیرا هیدروکسیل موجود در ترکیبات فنلی، باعث شد که این ترکیبات به آسانی با جایگاه‌های فعال آنزیمی، باند هیدروژنی تشکیل داده و این ترکیبات موجب اختلال در غشاء سیتوپلاسمی، شکستن و از هم گسیختن نیروی حرکتی پروتون، جریان الکترونی و انتقال فعال شده و سبب انعقاد و کوآگولاسیون محتویات سلولی شود (۴۰).

Moghimی و همکاران (۴۱) در بررسی نانوامولسیون اسانس آویشن و Ghanbari و همکاران (۴۲) در بررسی تأثیر استفاده از نانوامولسیون اسانس هسته انگور قرمز (*Vitis vinifera*) عنوان کردند افزودن اسانس به نانوامولسیون و بالارفتن سطح اسانس در ترکیب نانوامولسیون سبب افزایش فعالیت ضدباکتریایی می‌شود. Polat Yemis و همکاران (۸) وجود اسانس *Myrtus communis* در پوشش خوراکی نانوامولسیون را عامل فعالیت ضدباکتریایی ذکر کردند که با یافته‌های تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

TVB-N یکی از پارامترهای مهم در تعیین سلامت مواد غذایی است که به شدت به میزان فعالیت باکتری‌ها وابسته بوده و در واقع عمدتاً با تجزیه باکتریایی و آنزیمی پروتئین‌ها و ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئینی گوشت، تولید می‌شود (۴۳). این پارامتر، روندی همانند میزان باکتری ناگت میگو را نشان داد، به این معنی که با افزایش سطح اسانس، کارایی نانوامولسیون به شکل معنی‌داری افزایش یافته و ماندگاری ناگت میگو بیشتر شد.

در مطالعه Ibrahim و Javadian (۳۶) بررسی عصاره نانوکپسول پونه‌کوهی (*Mentha longifolia*) بر ماندگاری فیله کپوردریایی بررسی شد که در تمام روزها تیمار شاهد بالاترین مقدار بازهای نیتروژنی فرار را نشان داد و تیمارهای دارای عصاره کمترین مقدار را به دلیل کاهش جمعیت باکتری و یا کاهش توانایی اکسایشی باکتری‌ها در جداکردن آمین‌ها از ترکیبات نیتروژنی غیرفرار و یا هر دو عامل نشان دادند که می‌تواند در مورد اسانس گل‌پر و با توجه به خاصیت ضداکسیدانی این

پارامتر را دارا بود. پایین بودن سطح پراکساید در تیمارهای دارای نانوامولسیون احتمالاً ناشی از هم‌افزایی تکنیک امولسیون‌سازی (سبب پوشش‌دهی مناسب ذرات روغنی ناگت میگو می‌شود) و فعالیت ضداکسیدانی اسانس گل‌پر است که سبب کاهش فعالیت اکسیداسیونی و در نتیجه کاهش پراکساید و به دنبال آن کاهش TBA را دربرداشت و با افزایش سطح اسانس این کارایی افزایش یافت که ناشی از وجود ترکیبات موثره بیشتر با خواص آنتی‌اکسیدانی اسانس است. این ترکیبات باعث کاهش هیدرواکسید چربی می‌شود، چرا که بر اساس مکانیسم یک مولکول و دو مولکول، زمانی که مقادیر هیدروپراکسید عضلات میگو کم باشد سرعت تشکیل این ترکیبات سریع‌تر از شکستگی و تجزیه آن‌ها است (۳۲-۳۳). تأثیر نانوامولسیون حاوی اسانس آویشن‌شیرازی بر کاهش سطح TBA در فیله ماهی کپور نقره-ای، در مطالعه Khedri و Roomiani (۳۴) نیز گزارش شده است که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

تشکیل FFA در اثر هیدرولیز چربی‌های گروه فسفولیپید و تری‌گلیسریدها شاخص مهمی در فساد آبیان است. بسیاری از محققان اندازه‌گیری این فاکتور را بسیار مهم عنوان کردند، زیرا تشکیل FFA اثر زیادی بر مقدار اکسیداسیون و دنا توره شدن پروتئین دارد (۳۵). زمانی که اسیدهای چرب استریفه شده اکسید می‌شوند، مخصوصاً وقتی آنزیم‌هایی نظیر لیپواکسیژناز در بافت‌های نپخته وجود داشته باشند، میزان اسیدهای چرب فرار افزایش می‌یابد. از طرفی واکنش FFA با پروتئین‌های گوشت سبب سفتی بافت و کاهش قابلیت پذیرش آن از طرف مصرف‌کننده می‌گردد. این موضوع به علت اثر پراکسیدانی FFA بر مواد لیپیدی بیان شده است و بر پایه اثر کاتالیزوری گروه کربوکسیل بر تشکیل رادیکال‌های آزاد به دلیل تجزیه هیدروپراکسید است. به علاوه FFA در مقایسه با مولکول‌های چربی بزرگتر (تری‌گلیسرید و فسفولیپید) کوچکتر بوده و سرعت اکسیداسیون آن بیشتر است (۳۶، ۳۷). در این مطالعه، میزان اسیدهای چرب در تمام تیمارها با افزایش زمان نگهداری معنی‌دار بود و روز صفر کمترین و روز ۱۵ بیشترین میزان این پارامتر را داشت. دو تیمار شاهد (۱) و ۲ (نانوامولسیون ۰/۵ درصد اسانس گل‌پر) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بالاترین میزان این پارامتر را داشتند. کمترین میزان این پارامتر با اختلاف معنی‌دار در تیمار ۴ (نانوامولسیون ۲ درصد اسانس گل‌پر) اندازه‌گیری شد. Adeli Milani و همکاران (۳۸) حضور ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی نانوامولسیون گزنه را عامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون و کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد گزارش کردند.

(*Cuminum cyminum*) بر خصوصیات میکروبی و ارگانولپتیکی فیله مرغ، عنوان کردند که تیمارهای حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سبز، در ارزیابی رنگ نتایج بهتری در مقایسه با تیمار فاقد نانوامولسیون و اسانس داشتند. نتایج این بررسی نشان داد که نانوامولسیون به شکل کارآمدی جهت درون پوشانی اسانس گل-پرفر مناسب بوده و با پوشاندن ترکیبات فرار، از آزادسازی سریع ترکیبات اکسیدانی و میکروبی جلوگیری کرده و زمان ماندگاری ناگت میگو را افزایش داد. چنین نتیجه‌ای در مطالعه Hassanzadeh Ochtiyeh و همکاران (۴۶) در بررسی تأثیر درون پوشانی نانوامولسیون حاوی اسانس سیر نیز مشاهده شد. مصرف فرآورده‌های دریایی به دلیل وجود اسیدهای چرب غیراشباع، میزان پروتئین کافی، ارزش بالای مواد مغذی و مطلوبیت گسترش زیادی پیدا کرده است، اما ماندگاری کوتاه این محصولات، مشکلات عمده‌ای را برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان ایجاد کرده است که بکارگیری روش‌های جدید نظیر استفاده از مواد آنتی‌اکسیدانی طبیعی و یا استفاده از ریزترکیبات به منظور افزایش ماندگاری این محصولات، نتایج موثری در بر داشته است. در این مطالعه، نانوامولسیون اسانس گل‌پر اثر بهتری در مقایسه با اسانس گل‌پر داشت. بر اساس نتایج بدست آمده تیمارهای نانوامولسیون حاوی ۲ درصد اسانس گل‌پر توانست تا روز نهم ماندگاری ناگت میگو را حفظ و ماندگاری را در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۳ روز افزایش دهد.

اسانس نیز صادق باشد. Shariatifar و همکاران (۴۴) در بررسی فعالیت ضدباکتریایی اسانس گل‌پر، عنوان کردند که این گیاه دارای فعالیت ضدباکتریایی کارآمدی است و بار میکروبی را در مواد غذایی به شکل معنی‌داری کاهش داده است. کاهش بار میکروبی کاهش میزان TVB-N را نیز تأیید می‌کند. طبق گزارش‌های موجود میزان ۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت، بالاترین سطح مورد قبول برای مجموع بازهای ازته فرار است (۳۱). بر این اساس، تیمار ۴ تا روز ۱۲ و سایر تیمارها تا روز ۹ در محدوده مجاز برای این فاکتور قرار داشتند.

در این مطالعه استفاده از پوشش نانوامولسیون اسانس گل‌پر بر شاخص رنگی L^* و a^* ناگت میگو اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). شاخص b^* در هر چهار تیمار روند کاهشی را نشان داد و دو تیمار شاهد (۱) و تیمار ۲ بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر کمترین امتیاز b^* و دو تیمار ۳ و ۴ نیز بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بیشترین امتیاز را داشتند ($P > 0.05$). تمایل به رنگ سبز به احتمال زیاد ناشی از ترکیب اسانس گل‌پر با بافت میگو است که هر چه سطح اسانس افزایش پیدا کرد، رنگ سبز در میگو بیشتر خود را نشان داد. Noori و همکاران (۲۵) در بررسی تأثیر استفاده از نانوامولسیون حاوی زنجبیل (*Zingiber officinale*) بر جوجه، افزایش پارامتر رنگ را گزارش و با افزایش سطح اسانس میزان تغییرات کاهش یافت که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. Falah Eski و همکاران (۴۵) در بررسی تأثیر نانوامولسیون اسانس زیره سبز

• References

- Ozogul Y, Yuvka I, Ucar Y, Durmus M, Kosker D, Mustafa O, Ozogul F. Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. LWT - Food Science and Technology. 2017; 75: 677- 684.
- Gago C, Antão R., Dores C, Guerreiro A, Miguel MG, Faleiro ML, Figueiredo AC, Antunes MD. The Effect of Nanocoatings Enriched with Essential Oils on 'Rocha' Pear Long Storage. Foods. 2020; 9: 240-249.
- Jayasena DD, Jo C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. Trends in Food Science and Technology. 2013; 34: 96-108.
- Neyestani M, Hazrati Raziabad R, Shavali Gilani P, Shariatifar N. Investigation of the effect of nanoemulsions in encapsulation of food ingredients, supplement and increasing their stability: a review article. Journal of food safety and hygiene. 2020; 6 (1): 1-11.
- Tontul I, Torun M, Dincer C, Sahin-Nadeem H, Topuz A, Turna T, Ozdemir F. Comparative study on volatile compounds in Turkish green tea powder: Impact of tea clone, shading level and shooting period. Food Research International. 2013; 53: 744-750.
- Umaraw P, Verma AK. Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017; 57: 1270-1279.
- Enayatifard R, Akbari J, Babaei A, Rostamakalaei SS, Hashemi SMH, Habibi E. 2021. Anti-Microbial Potential of Nano-Emulsion form of Essential Oil Obtained from Aerial Parts of Origanum Vulgare L. as Food Additive. Adv Pharm Bull. 2021; 11(2): 327-334
- Polat Yemi SG, Sezer E, Sıçramaz H. Inhibitory Effect of Sodium Alginate Nanoemulsion Coating Containing Myrtle Essential Oil (*Myrtus communis* L.) on *Listeria monocytogenes* in Kasar Cheese. Molecules. 2022; 27: 7298-7305.
- McClements DJ, Rao J. Food-grade nanoemulsions: Formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2011; 51(4): 285-330.
- Rezaeian M, Khanzadi S, Hashemi M, Azizzadeh M. Antimicrobial Effect of Gel-Type Nanoemulsion of Chitosan Coating Containing Essential Oils of *Zataria multiflora* and *Bunium persicum* on *Pseudomonas Artificially Inoculated onto Salmon Fillets*). Mljgoums. 2021; 15(3):13-20

11. Sadaqat Borojni L, Hojat al-Islami M, Karamat J, Ghasemi Pirbaluti A. Antioxidant effect of snow angelica fruit essence (*Heracleum lasiopetalum* Boiss) on the chemical properties of potato chips. Seasonal letter of herbal medicines. 2012; 4: 256-249.
12. Karuppusamy S, Muthuraja G. Chemical composition and antioxidant activity of *Heracleum sprengeianum* (Wight and Arnott) essential oils growing wild in Peninsular India. ServicesIranian Journal of Pharmaceutical Research. 2011; 10 (4): 769-775.
13. Rezapour M, Fatahi M, Kosta Y. Identification of phytochemical compounds and antifungal effects of the essential oil of three populations of *Heracleum persicum* from the north and northwest of Iran. Journal of cellular and molecular research. 2021; 34: 1-13
14. Badfarsa H, Ahmadzadeh Qavidel R, Sharayei P. The effect of microcoating process using freeze dryer on the physicochemical and antioxidant properties of angelica essential oil. Journal of innovation in food science and technology. 2016; 10: 136-123.
15. National standard of Iran. No. 12585. First edition. Frozen ready-to-eat shrimp nuggets and fried shrimp - preparation, processing and packaging procedure. 13 pages. 2008.
16. Singh G, Kapoor IPS, Singh P, de Heluani CS, de Lampasona MP, Catalan CA. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. Food and Chemical Toxicology. 2008; 46: 3295-3302.
17. Ligor M, Stankevicius M, Wenda-Piesik A, Obelevicius K, Raga zinskiene O, Zydr unas Stanius Z. Comparative gas chromatographic mass spectrometric evaluation of hop (*Humulus lupulus* L.) essential oils and extracts obtained using different sample preparation methods. Food Analytical Methods. 2014; 7: 1433-1442
18. Bao S, Xu S, Wang Z. Antioxidant activity and properties of gelatin films incorporated with tea polyphenol-loaded chitosan nanoparticles. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2009; 89(15): 2692-2700.
19. Yen GC, Hsieh PP. Antioxidative activity and scavenging effects on active oxygen of xylose-lysine maillard reaction products. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1995; 67(3): 415-420
20. Gosh V, Mukherjee A, Chandrasekaran N. Ultrasonic emulsification of food-grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity. Ultrasonic Sonochemistry 2013; 20: 338-344.
21. Manthey M, Karnop G, Rehbein H. Quality changes of European catfish from warm-water aquaculture during storage ice. International Journal of Food Science and Technology. 1988; 23: 1-9.
22. AOAC. Official methods Cd 8-53 and recommended practices of the American Oil Chemists Society. Champaign, IL: American Oil Chemists Society. 1994.
23. Pearson D. Laboratory technic in food analysis, Butter Worth. London, UK. 1997. pp. 256-270.
24. National standard of Iran. Microbiology. The practice of using general methods of microbiology experiments. Iran Standard and Industrial Research Institute. Number 2325.2008.
25. Noori S, Zeynali NF, Almasi H. 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. 2018; 84: 312-320.
26. Naderi G, Jafari Dinani N, Jafarian Dehkordi A, Asgari S, Shami R. Analysis of the compounds in the essence of four food spices and investigation of the fibrinolytic activity of these compounds in the in vitro environment. Physiology and pharmacology. 2008; 13(4): 429-423.
27. Najafian-Jazi M, Jafarpour M. The Effect of cinnamon and Persian hogweed essential oils with chitosan coating on physicochemical properties and shelf life post-harvest of *Agaricus bisporus* Mushroom. Journal of Health System Research. 2022; 18(3): 186-95.
28. Mehraban A, Vazifedoost M, Didar Z, Haddadkhodaparast MH, Mehraban Sang Atash M. Evaluation of antimicrobial activity of macroemulsion and nanoemulsion of *Salvia chorassanica* essential oil against pathogenic and food spoilage microorganisms. Food Microbiology. 2022; 1: 1-15.
29. Heydari Gharehcheshmeh M, Arianfar A, Mahdian E, Naji-Tabasi S. Production of nanoemulsion based on sweet almond and sesame oils using ultrasound and evaluation its properties. Iranina Food Science and Technology Research. 2022; 18: 514-526.
30. Gharenaghadeh S, Samadlouie HR, Sowti M, Gharenaghadeh S. Nano emulsion formulation from essential oil of *Salvia hypoleuca* and investigation of its anti microbial and physicochemical properties. Food Sciences and Technology. 2017; 70: 337-348.
31. Ozogul Y, Durmus M, Ucar Y, Ozogul F, Regenstem JM. Comparative study of nanoemulsions based on commercial oils sunflower, canola, corn, olive, soybean and hazelnut oils) Effect on microbial, sensory and chemical quality of refrigerated farmed sea bass. Innovative Food Science and Emerging Technology. 2016; 33: 422-430
32. Riebroy S, Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. Effect of iced storage of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) on the chemical composition, properties and acceptability of Som-fug, a fermented Thai fish mince. Food Chemistry. 2007; 102 (1): 270-80
33. Latou E, Mexis SF, Badeka AV, Kontakos S, Kontominas MG. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. LWT - Food Science and Technology. 2014; 55: 263-268.
34. Khedri N, Roomiani L. Evaluation of the effects of Shirazi thyme essential oil nanoemulsion on chemical, microbial and sensory characteristics of silver carp fillet. Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran. 2018; 3: 74-63.
35. Ben-Gigirey B, De Sousa JM, Villa TG, Barros-velazquez J. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. Journal of Food Science. 1999; 64: 20-24.
36. Javadian SR, Ibrahim SH. Investigating the effect of oregano nanocapsule extract (*Mentha longifolia*) on the shelf life of sea carp fillets under conditions of refrigerator storage. Scientific Research Journal of Marine Biology. 2016; 36: 62-49.
37. Angis S, Oğuzhan P. Effect of thyme essential oil and packaging treatments on chemical and microbiological properties of fresh rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during storage at refrigerator temperatures. African Journal of Microbiology Research. 2013; 7(13): 1136-1143

38. Adeli Milani M, Qabai Dana M, Qanbarzadeh B, Alizadeh A, Ghasemi Afshar P. The effect of edible bioactive gelatin/hydroxypropyl beta-cyclodextrin coating containing nettle nanoemulsion on the shelf life of turkey meat. *Food science and nutrition*. 2019; 17: 36-19.
39. Zulfiqari M, Shabanpour B, Falahzadeh S. Investigating the process of chemical, microbial and sensory changes of rainbow trout fillets to determine its storage period during storage at refrigerator temperature. *Shilat magazine*. 2018; 2: 121-129.
40. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology*. 2004; 94 (3): 223- 253.
41. Moghimi R, Ghaderi L, Rafati H, Aliahmadi A, McClements DJ. Superior antibacterial activity of nanoemulsion of *Thymus daenensis* essential oil against *E.coli*. *Food chemistry*. 2016; 194: 410-415.
42. Ghanbari M, Mutalabi A, Rukni N, Anwar A.A. Using nanoemulsion of red grape seed essence to improve chemical and bacterial indicators and increase shelf life of freshly packaged chicken fillet at refrigerator temperature. *Journal of research and innovation in food science and industry*. 2021; 11: 182-169.
43. Ozyurt G, Polat A, Tokur B. Chemical and sensory changes in frozen (-18°C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. *International Journal of Food Science and Technology*. 2007; 42: 887-893
44. Shariatifar N, Mostaghim T, Afshar A, Mohammadpourfard L, Sayadi M, Rezaei M. Antibacterial Properties of Essential Oil of *Heracleum persicum* (Golpar) and Foodborne Pathogens. *International Journal of Enteric Pathogens*. 2017; 5(2):41-44
45. Falah Eski T, Torian F, Azizkhani M, Shahavi M.H. The effect of cumin essential oil nanoemulsion on the microbial and organoleptic properties of chicken fillet at 4 degrees Celsius. *Journal of Veterinary Research*. 2021; 76: 204-192.
46. Hassanzadeh Ochtiyeh H, Alizadeh Khaled Abad M, Rezazadeh Bari M. Production and investigation of physico-chemical characteristics and coating efficiency of nanoemulsion containing garlic essential oil. *Journal of Food Industry Research*. 2016; 4: 159-170

Antimicrobial and Antioxidant Effects of Essential Oil Nanoemulsion of *Heracleum persicum* on Quality and Shelf-life of Shrimp Nuggets

Hamzehei M¹, Roomiani L^{2*}

1- Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2- *Corresponding author: Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Email: l.roomiani@yahoo.com

Received 25 Jan, 2023

Accepted 25 May, 2023

Background and Objectives: Plant essential oils are volatile aromatic oil compounds that have been addressed as natural preservatives due to their strong antibacterial and antioxidant characteristics. In this study, effects of using *Heracleum persicum* essential oil nanoemulsion on the shelf life of shrimp nuggets were investigated.

Materials & Methods: Chemical compounds of *Heracleum persicum* essential oil were assessed using gas chromatography. Effects of *H.persicum* essential oil nanoemulsion containing concentrations of 0, 0.5, 1 and 2 % on the shrimp nugget shelf life stored for 15 days were assessed at refrigerator temperature. The parameters assessed included thiobarbituric acid index, peroxide value, free fatty acids, total volatile basic nitrogen, total viable count and sample color indicators.

Results: The major compounds of the *H.persicum* essential oil include 43.29% butanoic acid, cyclopropane 14.14%, methylbutane 5.50% and hexanoic acid 5.27%. After coating the shrimp nuggets with *H.persicum* essential oil nanoemulsion, pH of various treatments included no significant differences ($p > 0.05$). During 15 days of cold storage, thiobarbituric acid index, peroxide value, free fatty acids, total volatile basic nitrogen and total viable count increased. The lowest levels of these indices were observed at the end of the storage time in samples with 2% concentration of *H.persicum* essential oil nanoemulsion ($p < 0.05$). The color index of b* decreased by increasing the essential oil percentage, but the indices of L* and a* were not significant ($p > 0.05$). The 2% *H.persicum* essential oil nanoemulsion treatment showed the highest efficiency of increases in shrimp nuggets ($p < 0.05$).

Conclusion: Shrimp nuggets in 2% essential oil nanoemulsion treatment included the permissible limit of consumption until Day 9 and this treatment was able to increase shelf life of the nuggets for three further days, compared to the control and other treatments.

Keywords: Nanoemulsion, *Heracleum persicum*, Shelf life, Shrimp nuggets