

*Research Article***Comparing the Effect of *Nepeta Glomerulosa* Essential-Oil and Its Nanoemulsion on Quality Properties of Mayonnaise**Gholamreza Rashidi¹ and Mohammad Amin Shamekhi^{2*}

1. M.Sc., Department of Food Science and Technology, Sarvestan Branch, Islamic Azad University, Sarvestan, Fars, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sarvestan Branch, Islamic Azad University, Sarvestan, Fars, Iran.

(Received 26 September 2022, Received in revised form 20 November 2023, Accepted 30 November 2023)

Introduction: Mayonnaise is known as a popular sauce around the world. However due to the high-fat content, it is susceptible to oxidative degradation. Although the use of synthetic antioxidants is common to delay the oxidation process in food products, there is a general desire to replace chemical food additives and preservatives with natural ones *Nepeta glomerulosa* is a species found in Iran, especially in Fars province. *Nepeta* L. genus shows good bioactivity, related to terpenoid compounds, phenols, and flavonoids. Plant essential oils are volatile oily liquids obtained from various aromatic plants, most of which are *Generally Recognized As Safe* (GRAS). In recent years, essential oils have received much attention as suitable additives with antimicrobial and antioxidant potential. However, they are volatile, have a strong smell and taste as well as their water solubility is poor. Moreover, they are also sensitive to environmental stress. Therefore, the use of these compounds as natural preservatives has faced serious challenges in the food industry. Encapsulation is a suitable way to overcome this challenge. One of the ways of encapsulation which is the preparation of nanodispersions and nanoemulsions can be considered one of the simplest and the most cost-effective techniques for encapsulating bioactive compounds. Oil-in-water nanoemulsions consist of small oil droplets (20-200 nm) dispersed in a continuous aqueous phase, and each oil droplet is covered by a thin layer of emulsifier molecules. Nanoemulsions have a higher surface area due to smaller particle size as compared to conventional emulsions was exerted their bioactivity at lower essential oil concentrations. Thus, the current work aims to compare the effect of *Nepeta glomerulosa* essential oil (pure and nanoemulsified) and chemical preservatives on the chemical, microbial and sensory properties of the high-fat mayonnaise during 6 weeks of storage at 35 °C.

Materials and Methods: The aerial parts of *Nepeta glomerulosa* were collected from Abadeh (Fars, Iran) and dried in shade room temperature (25 ± 5 °C), ground, and passed through a sieve with a mesh of 400 micrometers. The essential oil of *Nepeta glomerulosa* was extracted based on hydro-distillation using Clevenger. A gas chromatography-mass spectroscopy (GC/MS) method was applied to identify the volatile compound of the essential oil. The nanoemulsion of *Nepeta glomerulosa* essential oil was prepared by the ultrasound cavitation method. This nanoemulsion consisted of essential oil (10% w/w), Tween 80 (2% w/w), and distilled water (88% w/w). The mean particle size and polydispersity index (PDI) were determined by dynamic light scattering. The formulation of mayonnaise samples was as follows: soybean oil without antioxidants (70%), egg yolk (10%), vinegar (12%), salt (1%), sugar (2%), mustard (0.25%), xanthan and guar (0.75%), lemon juice (4%). To investigate the preservative effect of the natural compounds, soy oil of the mayonnaise was substituted by 0.5 %w/w of the *Nepeta glomerulosa* essential oil or its nanoemulsion. Oxidative stability of mayonnaise samples was measured based on peroxide value (PV) and reactive substances with thiobarbituric acid (TBARS). The acidity and pH of samples were also determined. According to the Iranian national standard for mayonnaise, acid-resistant bacteria, heterofermentative lactic acid bacteria, *Escherichia coli* mold, yeast content, and *salmonella* were evaluated. A sensory evaluation test was conducted based on a five-point hedonic scale (Flavor, texture, and color). The weighted average scores of color, texture, and flavor were considered as the overall acceptance score. All experiments were conducted in

* Corresponding authors: ma.shamekhi@iau.ac.ir

triplicate and the data were analyzed by a general linear model ANOVA ($P < 0.05$). The difference between the significant mean was tested using the Tukey multiple comparison test. Statistical analysis was performed using SPSS software.

Results and Discussion: *Nepeta glomerulosa* essential oil was yellow with a strong and persistent odor. Twenty-nine compounds were identified in the essential oil. The main compounds were 1,8-Cineole (26.9 %), α -Pinene (7.3 %), Limonene (6.8 %), and Caryophyllene oxide (5.8 %). mean particle size and polydispersity index (PDI) were 191.95 nm and 0.225, respectively. Generally, a PDI value less than 0.3 indicates a narrow particle size distribution and the homogeneity of the emulsion. Particle size and PDI can be influenced by emulsion formulation, preparation method, the interfacial tension between water and oil, shear force, and turbulence generated by a homogenizer. The viscosity of the nanoemulsion was estimated to be 1.03 CP. The effectiveness of *Nepeta* essential oil and its nanoemulsion on PV was highlighted from the second week of storage. Until the 3rd week of storage, the lowest PV was recorded for the sample containing the essential oil. But after that, the sample containing *Nepeta* nanoemulsion showed the lowest PV. However, the difference between the samples containing antioxidants was not significant ($P > 0.05$). During four weeks of storage, there were no significant changes in the TBARS value of samples containing antioxidants (essential oil and BHT). While the difference between samples containing antioxidant agents and control one was significant. The highest and lowest pH changes were in the control sample (11.15%) and the sample containing benzoate-sorbate (3.98%), respectively. Although these differences were not significant at the 5% level, the pH of the samples containing antimicrobial substances was in the range of 3.6-4, which is the maximum stability of mayonnaise. At the end of storage, the number of acid-resistant bacteria in the control sample and the sample containing BHT were higher than the threshold limit (>3 Log CFU g⁻¹). Therefore, nepeta essential oil and its nanoemulsion could be a good substitute for the chemical antimicrobial agents and enhance the microbial quality of the mayonnaise sample as compared to the control one. The growth results of mold and yeast showed there were no serious colonies in the samples containing antimicrobial compounds (natural and chemical) until the end of the third week of storage. After that, the microbial load of the samples containing antimicrobial agents was lower than the control ones and samples containing BHT. Due to the complexity of the bioactive compounds of the essential oil, it is difficult to establish a correlation between the antimicrobial activities of essential oil and specific bioactive compounds. Overall, the essential oil and its nanoemulsion can penetrate the cell membrane and disrupt its function. There were no lactic acid bacteria, *salmonella* and *Escherichia coli* were a detective in mayonnaise samples. The low pH and high acidity can inhibit the growth of these microorganisms. According to the overall sensory acceptance score, the most desirable sample at the end of the storage was the sample containing nanoemulsion of nepeta essential oil and only the overall sensory score of this sample was higher than the threshold limit (> 3) and the other samples were rejected by the sensory evaluators.

Conclusion: The results indicated that the addition of nano-emulsified and pure essential oil of *Nepeta glomerulosa* significantly increases the oxidative stability of mayonnaise. The *Nepeta glomerulosa* essential oil, especially in nanoemulsified form, showed good potential as a natural preservative to enhance the shelf-life quality of high-fat mayonnaise by reducing microbial spoilage and hydrolysis. At the end of storage, the overall sensory score showed that only the sample containing nanoemulsion was accepted by panelists. Therefore, the nanoemulsion of *Nepeta glomerulosa* at a lower concentration of essential oil could show a good performance to improve the shelf-life of mayonnaise under accelerated storage conditions. *Nepeta glomerulosa* nanoemulsion was a suitable alternative to chemical preservative compounds. As expected from any emerging technology, further study is necessary to clarify gaps in particle size standardization, the synergistic effect of essential oils, nanoemulsions stability in the product, and possible toxicological effects associated with the consumption of nanoparticles.

Keywords: Encapsulation; Nanoemulsion; *Nepeta glomerulosa*; Mayonnaise; Shelf-life

How to cite this article:

Rashidi Gh.R & Shamekhi M.A (2023). Comparing the Effect of *Nepeta Glomerulosa* Essential-Oil and Its Nanoemulsion on Quality Properties of Mayonnaise. *Innov. Food Technol.*, 10(3), 229-248.

مقایسه اثر اسانس پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) و نانوامولسیون آن بر ویژگی‌های کیفی سس مایونز

غلامرضا رشیدی^۱، محمدامین شامخی^{۲*}

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سروستان، دانشگاه آزاد اسلامی، سروستان، فارس، ایران
۲. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سروستان، دانشگاه آزاد اسلامی، سروستان، فارس، ایران

(تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۷/۰۴، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) به‌عنوان یک نگهدارنده طبیعی در حفظ کیفیت سس مایونز پرچرب طی ۶ هفته نگهداری در دمای ۳۵ °C بود. نانوامولسیون این اسانس به کمک انرژی فراصوت آماده و مشخصات فیزیکی آن اندازه‌گیری شد. سپس ۰/۵ درصد وزنی - وزنی از اسانس و نانوامولسیون جایگزین روغن سس مایونز شد و عملکرد آن بر کیفیت شیمیایی (شاخص پراکسید، مواد واکنش‌دهنده با تیوباربیتوریک اسید، pH و اسیدیته)، میکروبی (باکتری‌های مقاوم به اسید، کپک و مخمر) و حسی سس مایونز با نگهدارنده‌های شیمیایی (BHT و ترکیب بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم) مقایسه شد. 1,8-Cineole (۲۶/۹٪)، α -Pinene (۷/۳٪) و Limonene (۶/۸٪) ترکیبات غالب اسانس پونه‌سای انبوه بودند. میانگین اندازه ذرات، شاخص چندپراکندگی و ویسکوزیته این نانوامولسیون به ترتیب ۱۹۱/۹۵ nm، ۰/۲۲۵ و ۱/۰۳ cP بود. افزودن نانوامولسیون و اسانس پونه‌سای انبوه به‌طور معنی‌داری پایداری اکسایشی سس مایونز را نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش داد و تفاوت معنی‌داری بین عملکرد BHT و اسانس پونه‌سای انبوه (خالص و امولسیون‌شده) دیده نشد ($P > 0/05$). با گذشت زمان pH نمونه‌ها کاهش و اسیدیته افزایش یافت که شیب این روند در نمونه‌ی شاهد بیش‌تر از نمونه‌های دیگر بود. اسانس پونه‌سای انبوه (خالص و امولسیون‌شده) و بنزوات‌سدیم-سوربات‌پتاسیم به‌طور معنی‌داری فساد میکروبی در سس مایونز را به تأخیر انداختند. تفاوت معنی‌داری بین عملکرد اسانس و بنزوات-سوربات در کنترل فساد میکروبی دیده نشد ($P > 0/05$). در پایان زمان نگهداری تنها امتیاز نمونه‌ی حاوی نانوامولسیون اسانس پونه‌سای بالاتر از حد قابل قبول (امتیاز ۳) بود. نمونه‌ی شاهد در پایان هفته‌ی پنجم نگهداری از نظر ارزیاب‌های حسی مردود شد؛ بنابراین، نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه عملکرد مناسبی در بهبود کیفیت ماندگاری سس مایونز در دمای تسریع‌شده نشان داد. استفاده از اسانس در قالب نانوامولسیون ضمن کاهش مصرف اسانس، فعالیت زیستی آن را نیز برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌کند.

واژه‌های کلیدی: درون‌پوشانی؛ نانوامولسیون؛ پونه‌سای انبوه؛ سس مایونز؛ زمان ماندگاری

۱. مقدمه

ترکیبات، فرآر هستند، بوی قوی دارند و حلالیت آن‌ها در آب ضعیف است. ضمن این‌که به تنش‌های محیطی (مانند pH، دمای بالا، اکسیژن و غیره) نیز حساس هستند. به همین دلیل به‌کارگیری این ترکیبات به‌عنوان نگهدارنده‌های طبیعی همواره در صنعت با چالش جدی روبرو بوده است [۶]. ریزپوشانی می‌تواند روشی مناسب برای رفع این محدودیت‌ها باشد. یکی از راه‌های درون‌پوشانی، تهیه نانودیسپرسیون‌ها^۱ است. نانوامولسیون‌های روغن در آب، قطرات کوچک روغنی (۲۰-۲۰۰ نانومتر) هستند که در یک فاز پیوسته آبی پراکنده شده‌اند و هر قطره روغن توسط یک لایه نازک از ملکول‌های امولسیفایر در بر گرفته شده است. از آنجایی که اندازه ذرات نانوامولسیون‌ها کوچکتر از امولسیون‌های معمولی است، از سطح بیشتری برخوردار هستند و می‌توانند در غلظت کم‌تر از مواد مؤثر (مانند اسانس) خواص زیست‌فعالی مناسبی را نشان دهند [۷].

امولسیون می‌تواند به کمک روش‌های مختلفی مانند استفاده از امواج فراصوت، میکروفلوئیدیزاسیون^۲ و همگن‌سازی با فشار بالا تولید شود. در میان این روش‌ها، روش فراصوت به‌عنوان یک فناوری سبز می‌تواند نانوامولسیون‌هایی با پایداری بالا، اندازه قطرات کوچک و شاخص چند پراکندگی (PDI) پایین تولید کند. در این روش امواج فراصوت با ایجاد نیروهای شدید موجب شکستن فازهای آب و روغن و تشکیل قطرات ریز روغن می‌شود [۸]؛ بنابراین در مطالعه حاضر از روش فراصوت برای امولسیون کردن اسانس استفاده شد. در چندین مطالعه فعالیت زیستی اسانس‌های گیاهی و نانوامولسیون‌های آن‌ها در محیط آزمایشگاه با یکدیگر مقایسه شده‌اند [۹،۱۰،۱۱]. با این حال، غذا ترکیب پیچیده‌ای است و می‌تواند ضمن واکنش با مواد زیست‌فعال و تغییر شدت اثر آن، می‌تواند از میکروارگانیسم‌ها نیز محافظت کنند؛ بنابراین بررسی اثر اسانس در محیط غذایی از اهمیت ویژه برخوردار است. از آنجایی که در تهیه سس مایونز از فرایندهای شدید مانند حرارت استفاده نمی‌شود بنابراین تأثیر منفی روی فعالیت ضداکسایشی مواد زیست‌فعال ندارد و می‌تواند حامل خوبی برای بررسی اثر این ترکیبات باشد

مایونز به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین سس‌های جهان شناخته می‌شود. «سس مایونز امولسیون نیمه جامد یا سیالی است که از روغن‌های گیاهی در یک فاز مایع، تشکیل شده است. این امولسیون از ترکیباتی مانند تخم‌مرغ کامل یا زرده آن، سرکه و یا آلیمو، نمک خوراکی، سایر ادویه‌ها، گل‌کوز و یا شکر، تهیه می‌شود» [۱]؛ اما به دلیل سطح زیاد قطرات چربی در ساختار امولسیون و محتوای چربی بالا، مستعد فساد اکسایشی است. اکسیداسیون عموماً در سطح بین آب و روغن شروع می‌شود و به سمت فاز چربی پیشروی می‌کند [۲]. به‌منظور تعویق فرایند اکسایش در مواد غذایی پرچرب، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی مرسوم است؛ اما با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان در مورد ضررهای افزودنی‌ها و نگهدارنده‌های شیمیایی، تمایل به استفاده از نگهدارنده‌های آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی افزایش یافته است. گیاهان سرشار از ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات زیست‌فعال متعدد هستند که این ترکیبات طبیعی ضمن داشتن اثرات دارویی، می‌توانند جایگزین‌های مناسبی برای نگهدارنده‌های شیمیایی در مواد غذایی باشند [۳].

جنس *Nepeta L.* (نعناع گربه‌ای)، یکی از بزرگترین جنس‌های خانواده *Lamiaceae* و زیرخانواده *Nepetoideae* است که بیش از ۴۰۰ گونه را شامل می‌شود. اکثر گونه‌های این جنس بومی مناطق معتدل آسیا، اروپا، شمال آفریقا و آمریکای شمالی هستند. ایران نیز با حدود ۷۵ گونه یکی از مهم‌ترین مناطق رشد این گیاه است. گونه‌ی *Nepeta glomerulosa* Boiss. به‌ویژه استان فارس یافت می‌شود. اثرات ضد درد، ضدالتهاب، ضد میکروبی و ضداکسایشی این گونه پیش‌تر در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است [۴،۵].

اسانس‌های گیاهی، مایعات روغنی فراری هستند که از گیاهان معطر استخراج می‌شوند و اکثر آنها به‌عنوان مواد ایمن (GRAS) توسط سازمان غذا و دارو شناخته شده‌اند و استفاده از آن‌ها به‌عنوان طعم دهنده مورد تأیید اتحادیه اروپا است. در سال‌های اخیر، اسانس‌های گیاهی به‌عنوان افزودنی‌های مناسب با توانایی بالقوه‌ی ضد میکروبی و ضداکسایشی مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند؛ اما این

1. Nanodispersion
2. Microfluidization

کلونجر استخراج شد. فرایند اسانس‌گیری به کمک کلونجر به مدت ۶ ساعت ادامه داشت. آب مقطر حاوی اسانس هر ۱۵ دقیقه جمع‌آوری شد. اسانس سه مرتبه توسط اتیل اتر از آب مقطر جداسازی شد و جهت آبیگری اسانس از سولفات سدیم (Na_2SO_4) استفاده شد. اسانس آبیگری شده تا زمان تجزیه و تحلیل در یک بطری شیشه‌ای تیره و در دمای $1 \pm 4^\circ\text{C}$ نگهداری شد [۵].

۴.۲. شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس

ترکیبات فرار اسانس پونه‌سای انبوه به کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent 7890 A- GC) متصل به آشکارگر طیفسنجی جرمی (Agilent 5975C-MS) در حالت یونیزاسیون 70 eV و $150\ \mu\text{A}$ (Agilent, Little Falls, DE, USA) انجام شد. طیف جرمی اجزای اسانس با مقایسه طیف جرمی حاصل با طیف‌های جرمی موجود در کتابخانه‌های WILEY-MS و مقالات پیشین شناسایی شد. میزان ترکیبات فرار گیاه پونه‌سای انبوه نیز به کمک سطح زیر نمودار GC-FID به دست آمد [۱۰].

۵.۲. تهیه نانوامولسیون

نانو امولسیون روغن در آب اسانس گیاه پونه‌سای انبوه^۱ (NNE) به کمک انرژی بالای حاصل از امواج فراصوت به دست آمد. این نانوامولسیون شامل اسانس (۱۰ درصد وزنی/وزنی)، توئین ۸۰ (۲ درصد وزنی/وزنی) و آب مقطر (۸۸ درصد وزنی/وزنی) بود. این ترکیب به کمک هموژنایزر فراصوت (Sonicator Q500, Qsonica LLC, USA): ۱۵ دقیقه، توان ۷۰٪، حداکثر توان ۵۰۰ وات و فرکانس (۲۰ kHz) به نانوامولسیون تبدیل شدند. انرژی فراصوت به کمک یک پروب ۱۳ میلی‌متری روی نمونه اعمال شد. در طی این فرایند دمای امولسیون به کمک یخ در 15°C حفظ شد [۱۰].

۶.۲. تعیین ویژگی‌های ذرات

میانگین و توزیع اندازه ذرات به کمک دستگاه پراکنش نور

[۱۲]. در سال‌های اخیر نیز استفاده از عصاره و اسانس‌های گیاهی (مانند اسانس گیاه مورد، آویشن، پسماند لیمو، پوست پسته و ...)، ترکیب زیست فعال و افزودنی‌های طبیعی (روغن ماهی، روغن نارگیل بکر، قوام‌دهنده‌های طبیعی مانند صمغ فارسی، زانتان و ...) به‌منظور بهبود کیفیت و ماندگاری این سس محبوب مورد توجه پژوهشگران بوده است [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱]. اگرچه در سال‌های اخیر روند تهیه سس مایونز به سمت محصولات با چربی کم رفته است و به نظر می‌رسد در سال‌های آینده سس‌های کم‌چرب کاملاً جایگزین سس مایونز با فرمولاسیون اصلی شود [۲۲، ۲۳]؛ اما این سس می‌تواند محیط غذایی بسیار مناسبی برای بررسی اثرات ضد میکروبی و ضد اکسایشی اسانس‌ها باشد بنابراین در پژوهش حاضر از سس مایونز پرچرب به‌عنوان محیط غذایی مدل برای مقایسه فعالیت زیستی اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه استفاده شد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مواد

کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش درجه‌ی آزمایشگاهی داشتند و از شرکت مرک (آلمان و هند)، دکتر مجللی (تهران، ایران) و سیگما آلدریج (آمریکا) تهیه شد.

۲.۲. جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه گیاه پونه‌سای انبوه

اندام هوایی گیاه پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) از شهرستان آباده (فارس، ایران) در اواخر زمستان ۱۴۰۰ جمع‌آوری و در دمای محیط ($25 \pm 5^\circ\text{C}$) و در سایه تا رسیدن به رطوبت زیر ۱۰ درصد خشک شد. سپس این گیاه آسیاب و از الک با مش ۴۰۰ میکرومتر عبور داده شد. این پودر تا زمان استخراج در شیشه تیره و در دمای یخچال ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) نگهداری شد.

۳.۲. استخراج اسانس گیاه پونه‌سای انبوه

اسانس گیاه پونه‌سای انبوه از اندام‌های هوایی گیاه خشک (۲۰۰ گرم) بر اساس روش تقطیر با آب و به کمک دستگاه



خوانش جذب محلول در ۵۳۰ نانومتر (Spectrophotometer)
 اندازه‌گیری (UV-160A; Shimatzo Corporation; Japan)

شد

۳.۷.۲. اندازه اسیدیته محصول و pH

مقدار ۱۵ گرم از نمونه سس با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر که در مقابل فنیل فتالئین خنثی شده است مخلوط و سپس با سود ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالئین تیترا شد. مقدار اسیدیته برحسب درصد گرم اسید استیک محاسبه شد. برای سنجش مقدار pH نیز ۱۰ گرم سس مایونز با ۹۰ میلی‌لیتر آب هموزن و با pH متر (Crison SL Barcelona, Spain) اندازه‌گیری شد. مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۵۴ مقدار کمینه اسیدیته کل برحسب اسیداستیک حداقل ۰/۶ گرم در ۱۰۰ گرم و بیشینه قابل قبول pH نیز ۴/۱ است [۱].

۴.۷.۲. کیفیت میکروبی نمونه‌های سس مایونز

مطابق استاندارد ملی ایران باکتری‌های مقاوم به اسید، باکتری‌های اسیدلاکتیک هتروفرمنتیتیو^۱ [۲۵]، اشرشیاکلی [۲۶]، کپک، مخمر [۲۷] و سالمونلا اندازه‌گیری شد [۲۸]. حداکثر مجاز در هر گرم هر این میکروارگانیسم‌ها به ترتیب، 3 Log cfu g^{-1} ، عدم حضور در ۰/۱ گرم (منفی)، عدم حضور در 2 Log cfu g^{-1} ، 2 Log cfu g^{-1} و در عدم حضور در ۲۵ گرم (منفی) در نظر گرفته شده است [۲۵، ۲۹].

۵.۷.۲. ارزیابی حسی نمونه‌های سس مایونز

پرسشنامه‌ای برای ارزیابی طعم (بو و مزه)، بافت (وجود یا عدم وجود دلمه یا دو فازی شدن امولسیون سس و بررسی یکنواختی بافت) و رنگ تهیه شد. نمونه‌ها به صورت تصادفی شماره‌گذاری و در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند. ویژگی‌های حسی بر پایه‌ی آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (امتیاز ۱: بسیار بد و ۵: بسیار خوب) انجام شد. قبل از انجام آزمون، آموزش-های لازم به مدت ۴۵ دقیقه در مورد ویژگی‌های حسی (طعم، رنگ و بافت) به ارزیابان داده شد. ارزیابان حسی ۱۰ نفر از دانشجویان و دانش‌آموختگان علوم و صنایع غذایی (۶

پوپا Dynamic Light Horiba, DLS SZ-100; Japan) و بر پایه تفرق نور لیزر در دمای 25°C (Scattering) اندازه‌گیری شد. پایداری نانوامولسیون تولیدشده با بررسی ظاهر امولسیون‌ها طی دو هفته نگهداری در دمای آزمایشگاه بررسی شد.

۷.۲. تأثیر نانوامولسیون و اسانس خالص پونه‌سای انبوه در کیفیت ماندگاری سس مایونز

۱.۷.۲. تهیه سس مایونز

فرمول نمونه‌های سس مایونز به شرح زیر بود: روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان (۷۰ درصد)، زرده تخم‌مرغ (۱۰ درصد)، سرکه (۱۲ درصد)، نمک (۰/۱)، شکر (۰/۲)، خردل (۰/۲۵) درصد)، زانتان و گوار (۰/۷۵) آب لیمو (۴ درصد). نمونه‌ها با کمک یک همزن خانگی (پارس خزر، مدل orbit-mix، تهران، ایران) و در دو مرحله تهیه شدند. ابتدا تخم‌مرغ، سرکه، مواد پودری و آب لیمو به مدت یک دقیقه با هم مخلوط شدند. بعد از آن روغن به آرامی به مخلوط افزوده و با کمک دور تند هم‌زن ترکیب شد. به منظور ارزیابی عملکرد اسانس و نانوامولسیون به‌اندازه ۰/۵ درصد وزنی/وزنی جایگزین روغن شد. عملکرد اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه با آنتی‌اکسیدان مصنوعی (BHT: به مقدار ۱۰۰ ppm) و ترکیب ضد میکروبی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم (۰/۱ درصد- با نسبت ۵۰:۵۰) مقایسه شد. پس از آماده‌سازی سس‌های مایونز پایداری اکسایشی، ویژگی میکروبی و ویژگی‌های حسی سس‌ها طی ۶ هفته نگهداری در 35°C بررسی شد.

۲.۷.۲. پایداری اکسایشی سس مایونز

پایداری اکسایشی نمونه‌های سس مایونز به کمک اندازه‌گیری شاخص هیدروپراکسید و مواد واکنش‌دهنده با تیوباربیتوریک اسید بررسی شد. میزان هیدروپراکسید با استفاده از روش تیتراسیون و مطابق روش انجمن شیمی آمریکا به شماره Cd 8b-90 [۲۴] و مقدار مواد واکنش‌دهنده با تیوباربیتوریک اسید (TBARS) به روش رنگ‌سنجی و

پایه‌ی آنالیز واریانس داده‌ها و مدل خطی تعمیم‌یافته انجام شد. وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها نیز بر پایه‌ی آزمون چند دامنه‌ای توکی ($P < 0/05$) مشخص شد.

۳. نتایج و بحث

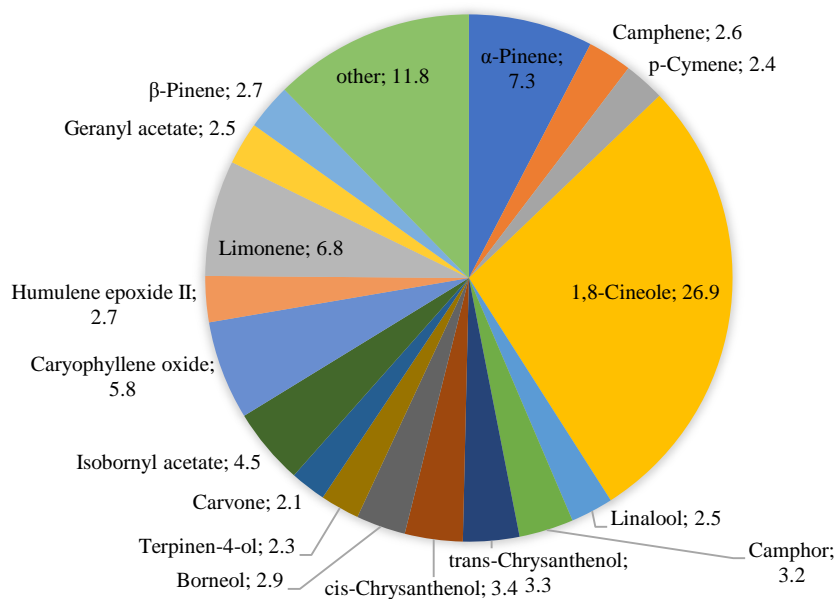
۱.۳. شناسایی ترکیبات فرار اسانس گیاه پونه‌سای انبوه

اسانس پونه‌سای انبوه (*N. glomerulosa*) روغنی با رنگ زرد ملایم و با رایحه مطبوع و قوی بود. در مجموع ۲۹ ترکیب که معادل ۹۵/۷ درصد از کل اسانس بود به کمک تجزیه و تحلیل GC/MS مشخص شد. مهم‌ترین ترکیبات این اسانس در شکل ۱ نشان داده شده است.

زن و ۴ مرد) در محدوده‌ی سنی ۲۷-۳۶ سال بودند. ویژگی‌های حسی نمونه‌ها تحت نور فلورسنت و دمای اتاق ($25-20^{\circ}\text{C}$) ارزیابی شدند. نمونه‌ها با آب و کراکر سرو شد [۳۰]. از آنجایی که تأثیر سطح صفات مختلف (رنگ، بافت و طعم) بر نمره پذیرش کلی سس مایونز مشابه نیست، سطوح وزنی ۱، ۲ و ۳ برای ویژگی‌های رنگ، بافت و طعم در نظر گرفته شد و میانگین وزنی سه ویژگی حسی به‌عنوان نمره پذیرش کلی نمونه‌ها در نظر گرفته شد [۳۱].

۸.۲. تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در سه تکرار انجام و داده‌ها به شکل میانگین \pm انحراف گزارش شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۶ (SPSS Inc.,) SPSS 26.0 for windows, (Chicago, IL, USA) و طرح آزمایشی تصادفی-فاکتوریل بر



شکل (۱) برآورد ترکیبات شیمیایی اسانس پونه‌سای انبوه به کمک GC/MC
 Fig 1. evaluation of chemical compounds of *Nepeta glomerulosa* essential oil by GC/MS

بودند. Mokhtarpour و Kazemi (۲۰۲۰) 1,8- cineole (۲۰/۲۰) و Limonene (۹/۱) و β -Pinen (۲۳/۲)، α -Pinen (۱۵/۳)، Limonene (۹/۱) و β -Pinen (۳/۵) را اجزای اصلی این اسانس معرفی کردند [۴]. Nezhadali و همکاران (۲۰۱۱) ۵۲ ترکیبات شیمیایی را از اسانس اندام هوایی *Nepeta glomerulosa* Boiss کشت شده در ایران (مشهد، خراسان رضوی) توسط GC-MS مورد

مونوترپن‌های اکسیژن‌دار ترکیب فرار غالب این اسانس را تشکیل می‌دادند. 1,8-Cineole (مونوترپن‌های اکسیژن‌دار: $26/9\%$)، α -Pinene (مونوترپن هیدروکربنی: $7/3\%$)، Limonene (مونوترپن حلقوی $6/8\%$)، Caryophyllene oxide (سسکوبی‌ترپنوئید اکسید $5/8\%$) و Isobornyl acetate (مونوترپنوئید: $4/5\%$) به ترتیب مهم‌ترین ترکیبات این اسانس

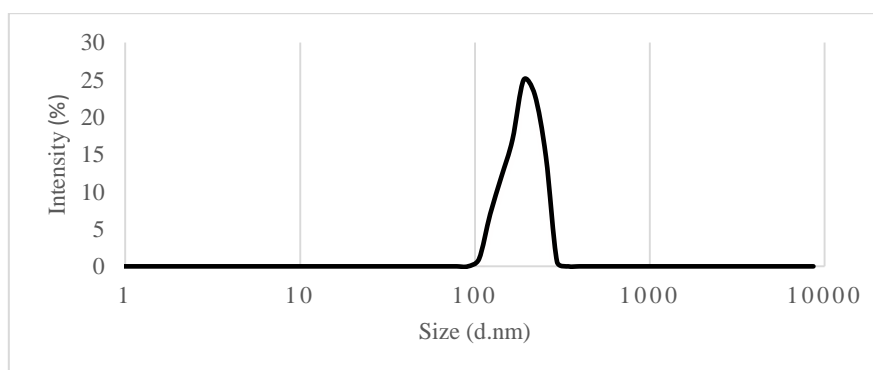
PDI را برای اسانس برگ‌بو ۲۴۷/۵۲ نانومتر و ۰/۳۳۶ برآورد کردند [۱۰]. اندازه ذره و PDI تحت تأثیر فرمولاسیون امولسیون (نوع و غلظت امولسیفایر)، شیوه تهیه و آماده‌سازی امولسیون، تنش بین سطحی آب و روغن، نیروی برشی و توربولانس^۱ ایجاد شده توسط هموژنایزر دارد [۱۰، ۳۷، ۳۸، ۳۹]. امواج پرانرژی فراصوت نقش مهمی در همگنی ذرات امولسیون دارند. برای مثال قطر متوسط و PFI ماکروامولسیون پونه کوهی (که تحت تیمار انرژی فراصوت قرار نگرفته بود) به ترتیب ۱۴۲۰/۴۷ نانومتر و ۰/۷۰۹ گزارش شد، در حالی که بعد از استفاده از انرژی فراصوت قطر متوسط ذره و PDI نانوامولسیون اسانس پونه‌کوهی به ۲۲۱/۳ نانومتر و ۰/۲۵۱ کاهش یافت [۴۰].

ویسکوزیته نانوامولسیون پونه‌سای انبوه CP ۱/۰۳ بود. ویسکوزیته یک نانوامولسیون نیز تابعی از اندازه ذرات است. به طوری که در مطالعات قبلی ویسکوزیته اسانس لیمو حدود CP ۵ گزارش شد [۴۱]. در حالی که این عدد برای نانوامولسیون لیمو زیر CP ۱ (CP ۰/۸۸) بود [۱۱]. مقدار ویسکوزیته به دست آمده در پژوهش حاضر با آنچه پیش‌تر برای نانوامولسیون اسانس مریم‌گلی (CP ۱/۵۱) و برگ‌بو (CP ۱/۴۱) گزارش شد، قابل مقایسه بود [۹، ۱۰]. بررسی شکل ظاهری امولسیون‌ها طی ۱۴ روز نگهداری در دمای محیط نیز مقدار بسیار کمی خامه‌ای شدن را نشان داد که قابل اغماض بود.

ارزیابی قرار دادند؛ که ترکیبات اصلی این اسانس به ترتیب geranyl acetate (۰/۱۷/۰)، limonene (۰/۱۲/۰)، eucalyptol یا cineole 1,8- (۰/۵/۸) و bornyl acetate (۰/۵/۳) بود [۳۲]. برخی از عوامل محیطی و جغرافیایی مانند ویژگی خاک، تغذیه، تنش آبی و اسمزی، غلظت ازن، دما، قرار گرفتن در معرض باد، رطوبت نسبی، دوره نوری، شدت نور، فشار جزئی CO₂ و همچنین ساختار ژنتیکی گیاه می‌توانند به طور قابل توجهی بر سنتز متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه ترکیب شیمیایی و عملکرد اسانس خانواده *Lamiaceae* تأثیر بگذارند. تفاوت در نوع و میزان ترکیبات این اسانس در منابع مختلف نیز می‌تواند به مجموع این دلایل مرتبط باشد [۳۳، ۳۴، ۳۵].

۲.۳ ویژگی فیزیکی نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه

شکل (۲) میانگین اندازه ذره و PDI نانوامولسیون اسانس *Nepeta glomerulosa* را نشان می‌دهد. مقدار میانگین اندازه ذرات ۱۹۱/۹۵ و مقدار شاخص چندپراکندگی (PDI) برابر ۰/۲۲۵ بود. مقدار PDI کمتر از ۰/۳ نشانگر توزیع اندازه ذرات باریک و همگن بودن امولسیون است [۳۶]. Yazgan و همکاران (۲۰۱۹) مقدار کم‌تری را برای اندازه ذره (۱۸۷/۵) و PDI (۰/۱۱۴) امولسیون حاوی اسانس لیمو گزارش کردند [۱۱]. همچنین Özogul و همکاران (۲۰۲۲) اندازه ذرات و



شکل (۲) توزیع اندازه ذرات نانوامولسیون اسانس *Nepeta glomerulosa*؛ متوسط اندازه ذرات: ۱۹۱/۹۵ نانومتر و PDI: ۰/۲۲۵

Fig 2. Distribution of particle size of nanoemulsion of *Nepeta glomerulosa* essential oil; The mean particle size: 191.95 nm and polydispersity index (PDI): 0.225



۳.۳. تأثیر نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه بر شاخص پراکسید سس مایونز

شاخص پراکسید روشی برای نظارت بر مراحل اولیه اکسایش چربی و اندازه‌گیری غلظت پراکسیدها و هیدروپراکسیدها است. تغییرات این شاخص طی ۶ هفته نگهداری در دمای 35°C در شکل A ۳ ترسیم شده است. مقدار این شاخص در روز نخست نگهداری $0.84 - 0.88 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ oil}$ بود که تفاوت بین نمونه‌های مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. یک هفته نگهداری در شرایط دمایی تسریع شده، اگرچه مقدار این شاخص را افزایش داد اما تفاوت بین دو بازه‌ی زمانی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. در این مدت تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف نیز مشاهده نشد ($P > 0.05$). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار شاخص پراکسید نیز به ترتیب مربوط به نمونه‌ی حاوی بنزوات- سوربات ($0.84 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$) و نمونه‌ی حاوی اسانس خالص ($0.88 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$) بود. از هفته دوم نگهداری اثربخشی اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه نمود بیش‌تری پیدا کرد، به‌طوری که تفاوت بین نمونه شاهد و نمونه‌ی حاوی بنزوات- سوربات با نمونه‌های حاوی اسانس به بیش از $0.84 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$ رسید ($P < 0.05$). عملکرد اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه در این بازه‌ی زمانی برتر از BHT بود. هر چند این برتری در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود. در هفته سوم نگهداری نیز کم‌ترین مقدار پراکسید در نمونه‌ی حاوی اسانس گیاه پونه‌سای انبوه مشاهده شد؛ اما در هفته چهارم به بعد کم‌ترین پراکسید در نمونه‌ی حاوی نانوامولسیون پونه‌سای گزارش شد (به‌استثنای هفته پنجم که کم‌ترین شاخص پراکسید مربوط به نمونه‌ی حاوی BHT بود) که تفاوت بین نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان در این زمان نیز معنی‌دار نبود. در حالی که در نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان (طبیعی و مصنوعی) یک روند افزایشی، طی ۶ هفته نگهداری قابل مشاهده بود، در نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی حاوی بنزوات- سوربات، نوساناتی به چشم می‌خورد. در نمونه شاهد طی چهار هفته اول نگهداری مقدار PV نمونه‌ها روند افزایشی داشت و در انتهای هفته چهارم به حداکثر خود یعنی $0.84 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$ رسید، در هفته پنجم نگهداری روند این شخص کاهش داشت و بعد از آن مجدداً افزایش یافت. در

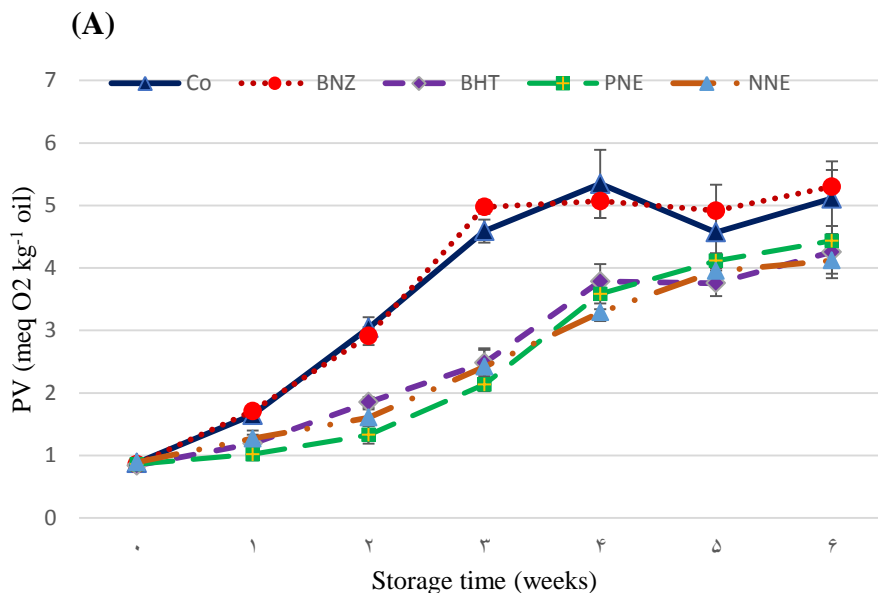
نمونه حاوی بنزوات- سوربات (BNZ) در فاصله بین هفته سوم تا پنجم نگهداری مقدار PV نسبتاً ثابت بود و بعد از آن مجدد روند افزایشی این شاخص آغاز شد. چنین نوساناتی در شاخص PV طی زمان‌های ماندگاری نسبتاً طولانی، در برخی از پژوهش‌های پیشین نیز گزارش شده است [۱۳، ۴۲]. روند کاهشی در PV دلیل تجزیه هیدروپراکسید به ترکیبات ثانویه اکسیداسیون و روند ثابت آن را می‌توان به برقراری تعادل بین شتاب اکسایش و تجزیه ترکیبات اولیه حاصل از این فرایند نسبت داد. از آنجایی که اکسایش فرایندی خودکاتالیزور است، در نهایت روند افزایشی مشاهده‌شده در این فاکتور را می‌توان به شتاب اکسایش طی دوران نگهداری نسبت داد [۱۳]. مطالعات قبلی خواص ضداکسایشی مناسبی را برای ترکیبات شیمیایی اصلی اسانس گیاه پونه‌سای انبوه (Limonene, Pinene, 1,8-Cineole) گزارش کرده‌اند [۴۳]. در سه هفته اول نگهداری عملکرد اسانس پونه‌سای انبوه برتر از نانوامولسیون آن بود، اما با گذشت زمان این روند برعکس شد. اگرچه این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود، اما می‌تواند ناشی از این امر باشد که اسانس‌ها ترکیباتی فرار و حساس به شرایط محیطی هستند و با گذشت زمان به‌تدریج اثرگذاری خود را از دست می‌دهند. مطالعات مختلف نشان می‌دهد، به دام انداختن اسانس در سیستم تحویل نانو و تهیه نانوامولسیون، امکان محافظت بیش‌تر از اسانس را فراهم می‌کند. ضمن این‌که تشکیل نانوامولسیون باعث افزایش سطح قطرات فاز پراکنده می‌شود که ریز بودن این قطرات امکان بر همکنش اجزای فعال اسانس با رادیکال‌های آزاد را تسهیل می‌کند و به این ترتیب در غلظت پایین نیز اثرگذاری اسانس مشاهده می‌شود [۸].

۴.۳. تأثیر نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه بر شاخص TBARS سس مایونز

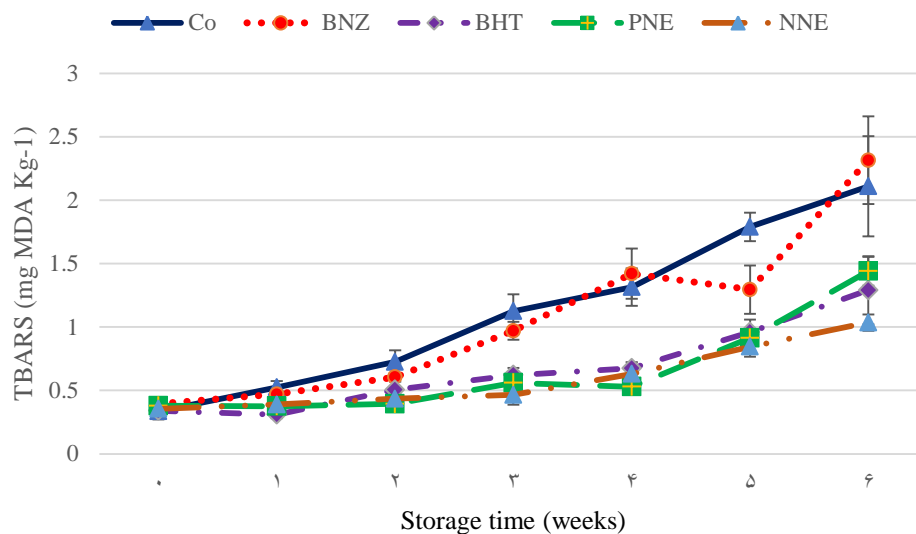
همان‌طور که در شکل (B ۳) نشان داده شده است؛ مقدار TBARS سس مایونز تازه تهیه‌شده $0.39 - 0.34 \text{ mg MDA Kg}^{-1} \text{ oil}$ بود. تا پایان هفته دوم نگهداری تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های مختلف وجود نداشت و روند نسبتاً ثابتی در نمونه‌های سس مایونز مشاهده شد ($P > 0.05$). این امر نشان می‌دهد سرعت تولید پراکسید و محصولات اولیه در

این بازه‌ی زمانی بر سرعت تجزیه این محصولات (تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون) غالب بود [۱۳،۴۴]. در هفته‌ی سوم نگهداری تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ی شاهد با سایر نمونه‌ها وجود داشت ($P < 0/05$). در این بازه‌ی زمانی، تفاوت معنی‌داری بین سایر نمونه‌ها مشاهده نشد. با این حال کم‌ترین میزان شاخص TBARS در نمونه‌ی حاوی اسانس خالص ثبت شد. همچنین طی چهار هفته نگهداری، شاخص TBARS نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان افزایش معنی‌داری را نشان نداد (در نمونه‌های حاوی اسانس این روند تا هفته پنجم نیز ادامه داشت). در حالی که در دو نمونه‌ی دیگر تفاوت بین مقدار ترکیبات ثانویه اکسیداسیون بعد از گذشت دو هفته، معنی‌دار بود. از هفته چهارم نگهداری به بعد روند افزایش TBARS شیب تندی‌تر را نشان داد. این افزایش مقدار TBARS همزمان با کاهش PV است. کاهش در سطح محصولات اکسیداسیون اولیه می‌تواند به دلیل تجزیه هیدروپراکسید و تشکیل محصولات ثانویه پراکسیداسیون لیپیدی باشد [۴۵]. از هفته پنجم به بعد، عملکرد نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه در کنترل اکسایش بهتر از اسانس خالص بود. در هفته پایانی نگهداری عملکرد BHT نیز بهتر از اسانس خالص برآورد شد ($P < 0/05$). همان‌طور

که در بخش پیشین گفته شد، درون‌پوشانی اسانس در ساختار نانوامولسیون محافظت بهتری از ترکیبات زیست‌فعال فرار و حساس اسانس به عمل می‌آورد و طول دوره‌ی اثرگذاری این ترکیبات را افزایش می‌دهد. در این راستا Ahmadi-Dastgerdi و همکاران (۲۰۱۹)، گزارش کردند که افزودن اسانس *Achillea millefolium* به فرمولاسیون سس مایونز توانسته روند افزایش TBARS در محصول را به تأخیر بیندازد [۴۵]. پژوهش Ranjbaran و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان داد عصاره *N. crispa* قادر به شلاته کردن یون‌های Fe^{2+} است که این امر می‌تواند منجر به کاهش سرعت اکسایش در محصولات پرچرب شود [۴۶]. با این حال برخی پژوهشگران استفاده از اسانس را فاقد اثر معنی‌دار بر شاخص پراکسید و تیوباربیتوریک سس مایونز دانستند. برای مثال Vahidyan و همکاران (۲۰۱۲) اثر اسانس آویشن (غلظت ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ ppm) را فاقد اثر معنی‌دار بر فساد اکسایشی سس مایونز طی ۸ هفته نگهداری در دمای $30^{\circ}C$ دانستند [۱۴]. تفاوت در غلظت اسانس، نوع اسانس، نوع فرمولاسیون سس و شرایط نگهداری متفاوت می‌تواند دلیلی بر تفاوت نتایج پژوهش‌های مختلف باشد [۴۷].



(B)



Co: control sample; BNZ: the sample containing Sodium benzoate-potassium sorbate; BHT: the sample containing butylated hydroxytoluene (BHT); PNE: sample containin *Nepeta glomerulosa* essential oil; NNE: sample containing Nanoemulsified *Nepeta glomerulosa* essential oil

Co: نمونه کنترل؛ BNZ: نمونه حاوی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم؛ BHT: نمونه حاوی هیدروکسی بوتیل بنزوات پتاسیم؛ PNE: نمونه حاوی اسانس *Nepeta glomerulosa*؛ NNE: نمونه حاوی نانوامولسیون اسانس *Nepeta glomerulosa*

شکل (۳) اثر اسانس *Nepeta glomerulosa* (خالص و امولسیون شده) بر (A) مقدار پراکسید (PV) و (B) مواد واکنش دهنده با تیوباربیتوریک اسید (TBARS) سس مایونز پرچرب طی ۶ هفته نگهداری در دمای ۳۵ °C؛ Co: نمونه کنترل؛ BNZ: نمونه حاوی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم؛ BHT: نمونه حاوی هیدروکسی بوتیل بنزوات پتاسیم؛ PNE: نمونه حاوی اسانس پونه‌سای انبوه؛ NNE: نمونه حاوی نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه.

Fig 3. The effect of *Nepeta glomerulosa* essential oil (pure and emulsified) on the (A) Peroxide value (PV) and (B) reactive substances with thiobarbituric acid (TBARS) value of high-fat mayonnaise during 6 weeks storage at 35 °C; Co: control sample; BNZ: the sample containing Sodium benzoate-potassium sorbate; BHT: the sample containing butylated hydroxytoluene (BHT); PNE: sample containin *Nepeta glomerulosa* essential oil; NNE: sample containing Nanoemulsified *Nepeta glomerulosa* essential oil

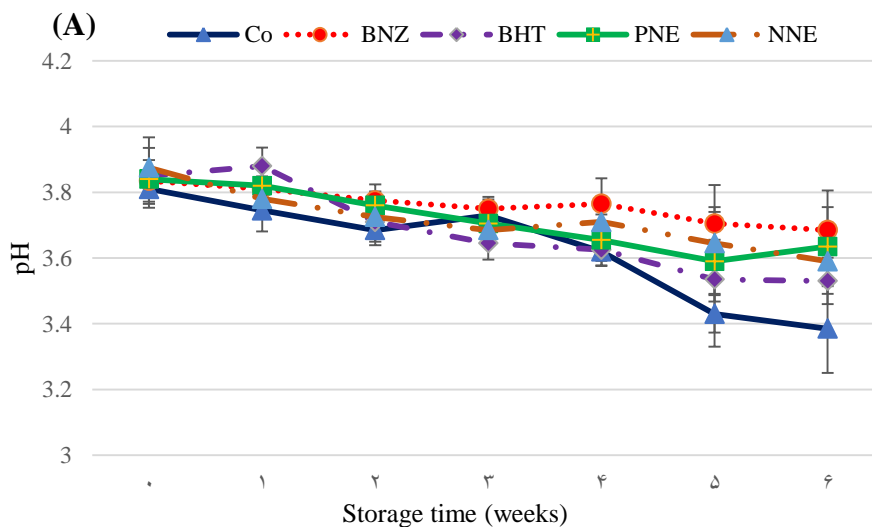
نمونه‌های مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (۰/۰۵ > P). این مقادیر با آنچه پیش‌تر گزارش شده، قابل مقایسه است. برای مثال Barzgar و همکاران (۲۰۱۶) مقدار pH اولیه نمونه را بین ۳/۹۵-۳/۹۸ و اسیدیته ۰/۷۴-۰/۷۱ درصد گزارش کردند [۱۷]. کم‌ترین میزان pH و بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به نمونه‌ی شاهد بود. بیش‌ترین pH و کم‌ترین اسیدیته نیز در به نمونه‌ی حاوی نانوامولسیون پونه‌سای انبوه ثبت شد. بیش‌تر بودن pH نمونه‌های حاوی اسانس می‌تواند ناشی از pH بالاتر اسانس و نانوامولسیون نسبت به pH سس مایونز باشد (P > ۰/۰۵). در تمام نمونه‌ها یک روند کاهشی کلی را نشان می‌دهد. شیب این روند کاهشی در نمونه‌ی شاهد بیش‌تر از نمونه‌های دیگر بود. با این حال اثر تیمار در طی زمان نگهداری در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تغییرات

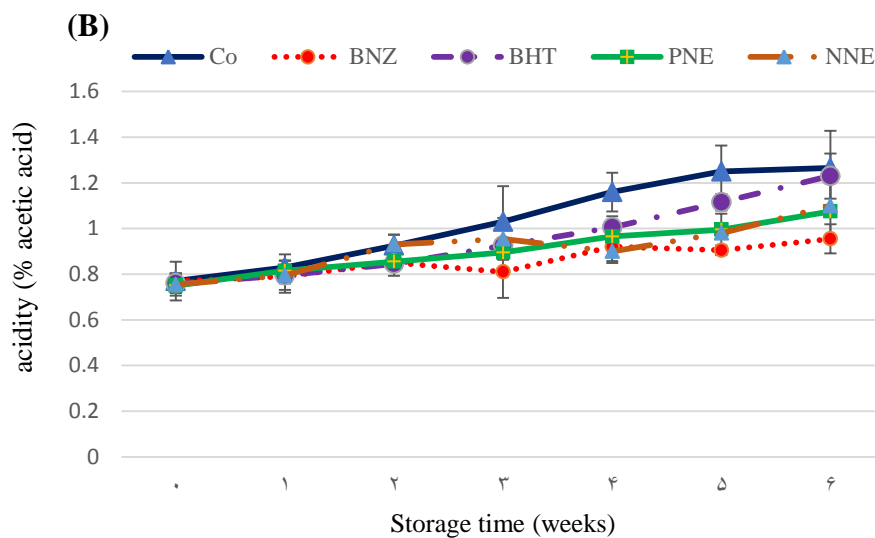
۵.۳. تأثیر نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه بر pH و اسیدیته سس مایونز

سس مایونز به دلیل وجود سرکه و آلبیمو در فرمولاسیون آن یک محصول اسیدی است. مقدار pH و اسیدیته دو پارامتر اصلی هستند که تأثیر زیادی بر ساختار امولسیون، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها، پذیرش مصرف‌کننده و زمان ماندگاری سس مایونز دارند. مایونزی که pH آن بین ۳/۶-۴/۰ باشد، بهترین ویژگی‌ها پایداری و ویسکوالاستیسیته را دارد. این pH نزدیک به نقطه ایزوالکتریک زرده تخم‌مرغ است و در این pH پروتئین‌ها کم‌ترین بار الکتریکی را دارند [۴۸]. مقادیر pH و اسیدیته نمونه‌های سس مایونز در طول ۶ هفته نگهداری در دمای ۳۵ °C در شکل (۴ A-B) ترسیم شده است. مقادیر pH و اسیدیته اولیه نمونه‌های مختلف به ترتیب ۳/۸۷-۳/۸۱ و ۰/۷۷-۰/۷۵ درصد بود که تفاوت بین

کاهش pH نمونه‌های سس مایونز و افزایش اسیدیته آن‌ها در طول زمان ذخیره‌سازی را می‌توان به سنتز میکروبی اسیدهای آلی (باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر) نسبت داد که افزودن ترکیبات ضد میکروبی چون بنزوات-سوربات، اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه باعث تأخیر. علاوه بر این، اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع با پیوندهای مضاعف، هیدرولیز چربی‌ها و آزادسازی اسیدهای چرب آزاد می‌تواند میزان اسیدیته سس مایونز را در طول نگهداری افزایش دهد [۲۰، ۴۹]. گزارش شده است که شکستن گروه استری و تبدیل آن به گروه اسیدی نیز یکی دیگر از دلایل کاهش pH سس مایونز طی دوران نگهداری است [۲۱]. مطابق استاندارد ایران بیشینه pH برابر ۴/۱ بود که در طول دوران نگهداری در تمام نمونه‌ها بین در دامنه‌ی استاندارد قرار داشت. همچنین مقدار اسیدیته نیز در دامنه‌ی مورد پذیرش ۱/۵-۰/۶ قرار داشت. لازم به ذکر است اسیدیته کم‌تر از ۰/۶ باعث تشویق رشد میکروارگانیسم‌ها و اسیدیته بالاتر از ۱/۵ موجب تضعیف طعم خواهد شد.

pH به ترتیب در نمونه شاهد (۱/۱۱/۱۵) و نمونه‌ی حاوی بنزوات-سوربات (۳/۹۸) بود. میزان تغییرات در نمونه‌ی حاوی اسانس، نانوامولسیون و BHT نیز به ترتیب ۵/۷۳، ۷/۲۳ و ۸/۳۱ درصد بود ($P > 0.05$). اگرچه این تفاوت‌ها در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود اما pH نمونه‌های حاوی مواد ضد میکروبی (اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه و بنزوات-سوربات) در محدوده‌ی ۴-۳/۶ (محدوده بیش‌ترین پایداری سس مایونز) قرار داشت. مقدار تغییرات اسیدیته طی دوره نگهداری نیز به ترتیب زیر بود: نمونه شاهد (۶۴/۹) < نمونه حاوی BHT (۶۰/۵۲) < نمونه حاوی نانوامولسیون پونه‌سای انبوه (۴۹/۵۶) < نمونه حاوی اسانس پونه‌سای انبوه (۴۴/۰۰) < نمونه‌ی حاوی بنزوات-سوربات (۲۴/۶۷). اگرچه این اختلافات طی زمان نگهداری معنی‌دار نبود، اما اثر اصلی تیمار بر میزان pH تفاوت معنی‌داری را بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی حاوی بنزوات-سوربات نشان داد. همچنین اختلاف میزان اسیدیته نمونه‌های حاوی اسانس (خالص و امولسیون شده) و بنزوات-سوربات با نمونه‌ی شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در مجموع





Co: control sample; BNZ: the sample containing Sodium benzoate-potassium sorbate; BHT: the sample containing butylated hydroxytoluene (BHT); PNE: sample containin *Nepeta glomerulosa* essential oil; NNE: sample containing Nanoemulsified *Nepeta glomerulosa* essential oil

Co: نمونه کنترل؛ BNZ: نمونه حاوی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم؛ BHT: نمونه حاوی هیدروکسی بوتیل (BHT)؛ PNE: نمونه حاوی اسانس *Nepeta glomerulosa*؛ NNE: نمونه حاوی نانوامولسیون اسانس *Nepeta glomerulosa*

شکل (۴) اثر اسانس *Nepeta glomerulosa* (خالص و امولسیون شده) بر pH (A) و اسیدیته سس مایونز پرچرب طی ۶ هفته نگهداری در دمای ۳۵ °C؛ Co: نمونه کنترل؛ BNZ: نمونه حاوی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم؛ BHT: نمونه حاوی هیدروکسی بوتیل (BHT)؛ PNE: نمونه حاوی اسانس پونه‌سای انبوه؛ NNE: نمونه حاوی نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه.

Fig 4. The effect of *Nepeta glomerulosa* essential oil (pure and emulsified) on the (A) pH and (B) acidity of high-fat mayonnaise during 6 weeks storage at 35 °C; Co: control sample; BNZ: the sample containing Sodium benzoate-potassium sorbate; BHT: the sample containing butylated hydroxytoluene (BHT); PNE: sample containin *Nepeta glomerulosa* essential oil; NNE: sample containing Nanoemulsified *Nepeta glomerulosa* essential oil

کاملاً مطابق با استاندارد بود. بررسی تأثیر اسانس در طول دوره نگهداری سس‌های مایونز نشان داد در روز نخست هیچ تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها نبود؛ اما با گذشت زمان در تمام نمونه‌ها روند افزایشی در میکروارگانیسم‌ها مشاهده شد. در هفته دوم نمونه‌ی حاوی بنزوات سوربات هیچ میکروارگانیسمی را نشان نداد و بار میکروبی نمونه‌ی حاوی اسانس نیز زیر 1 Log CFU g^{-1} بود. نمونه‌ی حاوی نانوامولسیون نیز عملکرد مناسبی را نشان داد و بار میکروبی آن حدود $1/6 \text{ Log CFU g}^{-1}$ بود. در هفته سوم نگهداری نیز بهترین عملکرد مربوط به نمونه‌ی حاوی بنزوات-سوربات بود. اسانس و نانوامولسیون گیاه پونه‌سای انبوه نیز قابل قبول بود و تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار نبود. از هفته چهارم به بعد نگهداری عملکرد اسانس و نانوامولسیون پونه‌سای انبوه بر عملکرد بنزوات-سوربات پیشی گرفت.

۶.۳. تأثیر نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه بر کیفیت میکروبی سس مایونز

نتایج آزمون میکروبی برای نمونه‌های مختلف سس مایونز در دمای ۳۵ °C در جدول (۱) خلاصه شده است. مقدار باکتری‌های مقاوم به اسید در نمونه‌های سس مایونز در زمان صفر هیچ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (به جز در مورد نمونه‌ی حاوی بنزوات-سوربات که باکتری‌های محیط کشت زیر 1 Log CFU g^{-1} بود). کپک و مخمری نیز در محیط کشت اولیه مشاهده نشد. بنابر استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۶۵ و اصلاحیه‌ی آن حداکثر مجاز باکتری‌های مقاوم به اسید 3 Log CFU g^{-1} ، میزان کپک و مخمر هر کدوم 2 Log CFU g^{-1} تعریف شده است. هر گرم سس مایونز باید فاقد باکتری‌های لاکتیک هتروفرمنتیتیو، سالمونلا و اشرشیاکلی باشد [۲۹]؛ بنابراین سس مایونز مورد آزمون

دارد و بنزوات سدیم سرعت غیرفعال شدن باکتری‌ها را افزایش می‌دهد اثر هم‌افزایی ضد میکروبی این ترکیبات با لیزویم سفیده تخم‌مرغ و pH پایین مسئول غیرفعال سازی سریع پاتوژن‌ها هستند [۵۰]؛ اما در پژوهش حاضر این دو ترکیب به مدت یک هفته از رشد باکتری‌های مقاوم به اسید و برای حدود سه هفته از رشد کپک و مخمر در سس مایونز نگهداری شده در دمای °C ۳۵ محافظت کرد. از آنجایی که اکثر باکتری‌های مقاوم به اسید و بسیاری از کپک‌ها و مخمرها مزوفیل هستند، دمای نگهداری موجب کاهش اثر ضد میکروبی این دو ترکیب شده ضمن این‌که تفاوت در فرمولاسیون سس مایونز و میزان چربی نیز می‌تواند بر عملکرد ضد میکروبی بنزوات سدیم و سوربات پتاسیم اثرگذار باشد [۳۸،۵۱].

ترکیبات زیست‌فعال متعددی با گروه‌های شیمیایی متنوع در اسانس وجود دارد در نتیجه مکانیسم اثر ضد میکروبی اسانس‌های مختلف متفاوت است [۵۲]. به دلیل پیچیدگی ترکیبات، ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های ضد میکروبی اسانس و ترکیبات خاص دشوار است. اسانس‌ها به دلیل طبیعت آب‌گریز خود در غشا سیتوپلاسمی نفوذ می‌کنند و در عملکرد آن اختلال ایجاد می‌کند. ساختار فنلی موجود در اکثر مونوترپنوئیدهای بسیار فعال نیز مسئول آسیب به غشای لیپوبلی ساکاریدی باکتری‌ها هستند که باعث افزایش اثر ضد میکروبی اسانس در باکتری‌های گرم منفی می‌شود [۵۳،۵۴]. فعالیت ضدباکتریایی هیدروکربن‌ها و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار موجود در اسانس پونه‌سای انبوه (مانند α -Pinene, linalool, 1-8 cineole, nepetalactone Caryophyllene oxide, Limonene) توسط مطالعات قبلی ثابت شده است [۵۵]. امولسیون‌سازی اسانس در مقیاس نانو، فعالیت زیستی را از طریق فعال‌سازی مکانیسم جذب سلولی افزایش می‌دهد [۵۶] گرجیان در تمام نمونه‌های سس مایونز هیچ کلنی قابل مشاهده‌ای از اسیدلاکتیک باکتری‌های هتروفرمنتیو، سالمونلا و اشرشیاکلی مشاهده نشد. این نتایج با آنچه Ahmadi-Dastgerdi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند، هم‌راستا بود [۵۰]. همچنین Gorjian و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که عصاره مورد نانولیپوزومی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش بار میکروبی سس مایونز می‌شود

مقایسه‌ی بین دو تیمار حاوی اسانس نشان داد به‌جز در هفته دوم نگهداری که عملکرد اسانس خالص برتر از نانوامولسیون بود در هفته‌های بعد عملکرد نانوامولسیون کمی بهتر از اسانس بود ($P > 0/05$). عملکرد برتر اسانس تا هفته دوم را می‌توان به غلظت بالاتر اسانس نسبت به نانوامولسیون نسبت داد. اسانس‌ها ترکیباتی فرار و حساس به شرایط محیطی هستند که محصور شدن آن‌ها در ساختار نانوامولسیون امکان محافظت بیش‌تر از آن‌ها را فراهم می‌آورد. از سوی دیگر همچنین چربی سس مایونز می‌تواند موجب رقیق شدن اسانس و کاهش اثرگذاری آن شود. ترکیبات زیست‌فعال اسانس‌روغنی نیز می‌توانند با پروتئین‌های ماده‌غذایی از طریق برهمکنش‌های الکترواستاتیک یا آبگریز (نیروهای واندروالس) واکنش دهند و اثرگذاری اسانس را کاهش دهند. علاوه بر این pH محیط نیز بر واکنش ترکیبات زیست‌فعال اسانس تأثیرگذار است [۸]. در هفته ششم نگهداری تنها نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی حاوی BHT از دامنه‌ی استاندارد (3 Log cfu g^{-1}) خارج شدند. به عبارتی حضور ترکیبات ضد میکروبی طبیعی توانست جایگزین خوبی برای مخلوط بنزوات-سوربات باشد و موجب افزایش زمان ماندگاری نمونه‌ی سس مایونز نسبت به نمونه‌ی شاهد شود.

در مورد شمارش کپک و مخمر نمونه‌های سس مایونز نیز نتایج حاکی از این بود که تا پایان هفته‌ی سوم نگهداری سس‌ها هیچ کلونی جدی در نمونه‌های حاوی ترکیبات ضد میکروبی (طبیعی و مصنوعی) به چشم نخورد. بعد از آن نیز میزان بار میکروبی نمونه‌های این ترکیبات کم‌تر از دو نمونه‌ی دیگر بود. مجموع کپک و مخمر مجاز 4 Log cfu g^{-1} است. میزان بار کپک و مخمر به بیش‌تر از ۲/۲۶ نرسید. همچنین در این شاخص نوساناتی مشاهده شد که می‌تواند به دلیل اثر تغییرات pH، اثرات محافظتی ترکیبات مختلف سس مایونز و تغییرات دما باشد. در این راستا Ahmadi-Dastgerdi و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که ترکیب بنزوات سدیم و سوربات پتاسیم توانسته است از سس مایونز طی ۶ ماه در دمای °C ۴ محافظت کامل به عمل آورد و اجازه رشد میکروبی (باکتری‌های مقاوم به اسید، کپک و مخمر) را ندهد. سوربات پتاسیم تأثیر قابل توجهی بر قارچ‌ها



مشاهده تشکیل ندادند. زیرا pH پایین می‌تواند با آسیب رساندن به DNA از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند و در نهایت باعث مرگ آن‌ها شود. علاوه بر pH و اسیدیته، نمک و شکر نیز نقش‌های جزئی ایفا می‌کنند، اما به دلیل اثر هم‌افزایی در ترکیب با اسید استیک از رشد پاتوژن‌ها جلوگیری می‌کنند [۵۸]. یکی دیگر از عوامل ضد میکروبی موجود در سس مایونز خردل است که به دلیل وجود آلایل ایزوتیوسیانات اثر ضد باکتریایی بر پاتوژن‌های غذایی دارد [۵۹،۶۰].

pH پایین و هم‌اسیدیته (اسید استیک، اسید سیتریک؛ فعالیت ضد باکتریایی اسید استیک (سرکه) بیشتر از اسیدسیتریک (لیمو) است) در فرمول سس مایونز از رشد ارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند. به‌طور کلی، بیشتر پاتوژن‌های غذایی نمی‌توانند PH کمتر از ۴/۵ را تحمل کنند. به‌عنوان مثال، حداقل pH برای رشد باکتری *E. coli* و *Salmonella* به ترتیب ۴/۴ و ۴/۵ است [۵۷]. در پژوهش حاضر نیز pH تمام نمونه‌ها در طول زمان نگهداری زیر ۴ بود، به همین دلیل نیز این پاتوژن‌ها در هیچ‌یک از سس‌ها کلنی قابل

جدول (۱) اثر اسانس *Nepeta glomerulosa* (خالص و امولسیون شده) بر کیفیت میکروبی سس مایونز پرچرب طی ۶ هفته نگهداری در دمای ۳۵ °C
Table 1. The effect of *Nepeta glomerulosa* essential oil (pure and emulsified) on the microbial quality of high-fat mayonnaise during 6 weeks storage at 35 °C

Treatment	Storage time (weeks)						
	0	1	2	3	4	5	6
Acid-resistant bacteria (Log cfu g⁻¹)							
Co	1.55±0.04 ^{Ad}	2.10±0.07 ^{Ac}	2.34±0.15 ^{Abc}	2.61±0.14 ^{Ab}	2.90±0.19 ^{Aab}	2.59±0.17 ^{ABb}	3.27±0.18 ^{Aa}
BZN	<1 ^{Bd}	ND ^{Cd}	1.24±0.11 ^{Bc}	2.23±0.10 ^{ABb}	2.20±0.11 ^{Bb}	2.53±0.11 ^{ABa}	2.61±0.23 ^{Ba}
BHT	1.56±0.05 ^{Ad}	2.04±0.11 ^{Ac}	2.23±0.12 ^{Ac}	2.37±0.06 ^{ABbc}	2.52±0.15 ^{ABbc}	2.84±0.13 ^{ABb}	3.08±0.17 ^{ABa}
PNE	1.36±0.19 ^d	<1 ^e	1.54±0.07 ^{Bc}	1.90±0.11 ^{Bbc}	2.39±0.09 ^{Bab}	2.35±0.14 ^{Bab}	2.73±0.13 ^{Ba}
NNE	1.38±0.06 ^{Ad}	1.53±0.07 ^{Bcd}	1.72±0.09 ^{Bbc}	1.87±0.06 ^{Bab}	2.22±0.08 ^{Ba}	2.30±0.09 ^{Ba}	2.29±0.14 ^{Ba}
Yeast & mold (Log cfu g⁻¹)							
Co	ND ^c	<1 ^{Ac}	1.33±0.07 ^{Ab}	1.52±0.11 ^{Ab}	2.14±0.11 ^{Aa}	2.04±0.13 ^{Aa}	2.26±0.16 ^{Aa}
BZN	ND ^d	ND ^{Bd}	ND ^{Bd}	<1 ^{Bc}	1.71±0.15 ^{Bb}	2.08±0.04 ^{ABb}	2.00±0.07 ^{ABa}
BHT	ND ^c	ND ^{Bc}	1.56±0.06 ^{Ab}	1.53±0.09 ^{Ab}	2.06±0.16 ^{Aa}	2.02±0.07 ^{Aa}	2.22±0.15 ^{ABa}
PNE	ND ^c	ND ^{Bc}	ND ^{Bc}	<1 ^{Bb}	2.14±0.04 ^{Aa}	2.08±0.02 ^{Aa}	2.11±0.07 ^{ABa}
NNE	ND ^c	ND ^{Bc}	<1 ^{Cb}	<1 ^{Bb}	1.88±0.05 ^{ABa}	2.09±0.17 ^{Aa}	1.93±0.06 ^{Ba}

Co: control sample; BNZ: the sample containing Sodium benzoate-potassium sorbate; BHT: the sample containing butylated hydroxytoluene (BHT); PNE: sample containin *Nepeta glomerulosa* essential oil; NNE: sample containing Nanoemulsified *Nepeta glomerulosa* essential oil

- For each microbial parameter, different capital letters in each column indicate significant differences between samples; Different small letters in each row indicate differences between storage periods (P < 0.05).

Co: نمونه کنترل؛ BNZ: نمونه حاوی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم؛ BHT: نمونه حاوی هیدروکسی تولوئن بوتیل (BHT)؛ PNE: نمونه حاوی اسانس *Nepeta glomerulosa*؛ NNE: نمونه حاوی نانوامولسیون اسانس *Nepeta glomerulosa*

- برای هر پارامتر میکروبی، حروف بزرگ مختلف در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین نمونه‌ها است. حروف کوچک مختلف در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین زمان‌های نگهداری مختلف است (P < 0.05).

۷.۳. تأثیر نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه بر

ویژگی‌های حسی سس مایونز

طعم: امتیاز حسی مربوط به مزه (بو و مزه) به دلیل پیشرفت اکسیداسیون کاهش یافت. از هفته چهارم دوره نگهداری که مصادف با تجزیه هیدروپراکسیدها به محصولات اکسیداسیون ثانویه است، تفاوت بین نمره حسی نمونه شاهد و نمونه‌های دارای آنتی‌اکسیدان ملموس‌تر بود و در هفته ششم این تفاوت معنی دار بود. در مجموع تولید اسیدهای آلی توسط میکروارگانیسم‌ها و اکسیداسیون لیپید دو

احتمالی هستند که ممکن است مسئول کاهش قابلیت پذیرش بو و طعم در نمونه‌های سس مایونز باشند. هیدرولیز لیپید و توسعه اکسیداسیون لیپید در سس مایونز در طول ذخیره‌سازی، مجموعه‌ای از آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها و ترکیبات دیگر را تولید می‌کند که باعث بد طعمی سس و ایجاد مزه‌های غیرقابل قبول می‌شود [۶۱،۶۲]. بیش‌ترین امتیاز حسی نیز مربوط به نمونه‌ی حاوی اسانس خالص پونه‌سای انبوه بود. برخی ارزیابان حسی بوی اسانس را در نمونه حس کردند و این بو را مطبوع دانستند و امتیاز

حاوی نانولیپوزوم به دلیل وجود لیستین به‌عنوان امولسیفایر کم‌تر اتفاق می‌افتد [۱۸].

رنگ: همگام با گذشت زمان امتیاز رنگ نیز در نمونه‌های مختلف کاهش یافت. تا انتهای هفته چهارم نگهداری اگرچه نمونه‌ی شاهد امتیاز کم‌تری دریافت کرد، اما اختلاف بین نمونه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). تغییرات رنگ طی دوره نگهداری را می‌توان به تخریب اکسایشی ترکیبات نسبت داد که می‌تواند ته رنگ قرمز یا قهوه‌ای (کدر شدن رنگ سس) را در پی داشته باشد. این رنگ می‌تواند به دلیل یون‌های آهن حاصل از واکنش یون‌های آهن با اسیدهای چرب و همچنین تجزیه آنتی‌اکسیدان‌ها به کینون‌ها باشد [۱۸، ۶۲].

پذیرش کلی: با توجه به پذیرش کلی، مطلوب‌ترین نمونه در پایان روز نگهداری نمونه‌ی حاوی نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه بود. علی‌رغم این که اختلاف این نمونه با سایر نمونه‌های دارای نگهدارنده (طبیعی یا مصنوعی) معنی‌دار نبود، اما تنها این نمونه توانست امتیاز بالای ۳ (امتیاز متوسط) را کسب کند و سایر نمونه‌ها زیر حد قابل پذیرش بودند و عملاً از طرف ارزیاب‌های حسی مردود شدند. کم‌ترین امتیاز کل نیز مربوط به نمونه‌ی شاهد (۱/۹۳) بود که تفاوت این نمونه با سایر نمونه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود؛ بنابراین اسانس پونه‌سای انبوه به‌ویژه به حالت نانوامولسیون شده می‌تواند نگهدارنده‌ی طبیعی مطلوبی برای حفظ کیفیت ماندگاری سس مایونز پرچرب باشد.

بالاتری به این نمونه دادند. ضمن این‌که بوی اسانس تا حدودی بوی ناشی از اکسایش را نیز پوشش داد؛ بنابراین افزودن اسانس هماهنگ با طعم محصول ممکن است بتواند اثر مثبتی بر پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده داشته باشد؛ اما افزودن اسانس در قالب نانوامولسیون توسط ارزیابان قابل تشخیص نبود. این نتایج با آنچه پیش‌تر توسط Alizadeh و همکاران (۲۰۱۹) به دست آمد منطبق بود. آن‌ها نیز پس از شش ماه نگهداری، کمترین امتیاز حسی مربوط به طعم را برای نمونه‌ی شاهد (۱/۲) ثبت کردند و تفاوت معنی‌داری را بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان بیان داشتند. بالاترین امتیاز نیز برای نمونه‌ی حاوی اسانس رزماری گزارش کردند. آن‌ها بیان داشتند که اسانس رزماری طعمی همگام با سس مایونز دارد در حالی که عصاره چریل اثر منفی بر طعم داشت [۴۲]. Gorjian و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که نانولیپوزوم حاوی عصاره برگ مورد نیز تغییرات نامطلوب ارگانولپتیکی در سس مایونز نشد [۲۱].

بافت: امتیاز بافت تمام نمونه‌ها در طول زمان نگهداری کاهش یافت، اما نمونه‌ی حاوی امولسیون نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند. به دلیل وجود توئین ۸۰ به‌عنوان امولسیفایر در ساختار نانوامولسیون، بافت این سس‌ها بهتر از سایر نمونه‌ها حفظ شده است. ضعیف‌ترین بافت نیز مربوط به نمونه‌ی شاهد بود که دو فاز شدن امولسیون از هفته پنجم به بعد مشهود بود. Rafie و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که جداسازی فاز روغن در نمونه‌های سس مایونز

جدول (۲) اثر اسانس *Nepeta glomerulosa* (خالص و امولسیون شده) بر ویژگی‌های حسی سس مایونز پرچرب طی ۶ هفته نگهداری در دمای ۳۵ °C
Table 2. The effect of *Nepeta glomerulosa* essential oil (pure and emulsified) on the sensory properties of high-fat mayonnaise during 6 weeks storage at 35 °C

Treatment	Storage time (weeks)						
	0	1	2	3	4	5	6
Flavor (Odor and Taste)							
Co	4.86±0.38 ^{Aa}	4.57±0.53 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.00±0.58 ^{Aa}	3.57±0.78 ^{Aab}	2.71±0.76 ^{Bb}	1.85±0.69 ^{Bb}
BZN	4.86±0.38 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.14±0.90 ^{Aa}	3.85±0.38 ^{Aab}	3.14±0.90 ^{ABb}	2.57±0.54 ^{ABb}
BHT	4.86±0.38 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aa}	4.29±0.76 ^{Aa}	3.86±0.69 ^{Aab}	3.57±0.57 ^{ABab}	3.14±0.69 ^{Ab}
PNE	5.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aab}	4.29±0.49 ^{Aab}	4.00±0.57 ^{Aab}	3.14±0.69 ^{Ab}
NNE	4.86±0.38 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aa}	4.42±0.53 ^{Aa}	3.86±0.38 ^{Aab}	3.71±0.48 ^{ABb}	3.00±0.81 ^{Aa}
Texture							
Co	4.86±0.38 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.14±0.69 ^{Aa}	4.00±0.58 ^{Aa}	3.14±0.69 ^{Aab}	2.14±0.69 ^{Bb}	1.71±0.48 ^{Bb}
BZN	4.86±0.38 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.29±0.76 ^{Aa}	4.14±0.69 ^{Aa}	3.28±0.49 ^{Aab}	3.00±0.58 ^{ABab}	2.71±0.48 ^{ABb}
BHT	4.85±0.38 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.29±0.49 ^{Aa}	4.00±0.82 ^{Aa}	3.57±0.53 ^{Aab}	3.00±0.82 ^{ABab}	2.43±0.54 ^{ABb}
PNE	4.71±0.48 ^{Aa}	4.57±0.54 ^{Aa}	4.43±0.54 ^{Aa}	4.29±0.49 ^{Aab}	3.71±0.76 ^{Aab}	3.29±0.76 ^{ABab}	2.43±0.54 ^{ABb}
NNE	4.86±0.38 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aa}	4.57±0.53 ^{Aa}	4.57±0.53 ^{Aa}	4.14±0.38 ^{Aab}	3.43±0.54 ^{Aab}	3.00±0.58 ^{Ab}
Color							



Co	5.00±0.00 ^{Aa}	4.86±0.38 ^{Aa}	4.14±0.38 ^{Aa}	3.57±0.53 ^{Aab}	3.28±0.76 ^{Aab}	2.85±0.38 ^{Bab}	2.57±0.53 ^{Ab}
BZN	5.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00 ^{Aa}	4.43±0.54 ^{Aa}	4.00±0.58 ^{Aab}	3.29±0.49 ^{Aab}	3.14±0.39 ^{ABab}	3.00±0.58 ^{Ab}
BHT	5.00±0.00 ^{Aa}	4.86±0.39 ^{Aa}	4.57±0.79 ^{Aa}	4.00±0.58 ^{Aab}	3.57±0.53 ^{Aab}	3.29±0.49 ^{ABab}	3.14±0.38 ^{Ab}
PNE	5.00±0.00 ^{Aa}	4.71±0.49 ^{Aa}	4.57±0.54 ^{Aa}	4.17±0.38 ^{Aab}	3.71±0.49 ^{Aab}	3.43±0.53 ^{ABab}	3.00±0.58 ^{Ab}
NNE	5.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00 ^{Aa}	4.43±0.53 ^{Aa}	4.29±0.95 ^{Aab}	3.86±0.38 ^{Aab}	3.71±0.49 ^{Aab}	3.14±0.69 ^{Ab}
Overall acceptance							
Co	4.88±0.21 ^{Aa}	4.67±0.24 ^{Aa}	4.43±0.44 ^{Aab}	3.93±0.32 ^{Abc}	3.38±0.30 ^{Ac}	2.55±0.36 ^{Bd}	1.93±0.32 ^{Bd}
BZN	4.88±0.21 ^{Aa}	4.76±0.23 ^{Aab}	4.52±0.47 ^{Aab}	4.12±0.54 ^{Abc}	3.57±0.29 ^{Ac}	3.09±0.52 ^{ABde}	2.69±0.24 ^{Ae}
BHT	4.88±0.21 ^{Aa}	4.81±0.31 ^{Aab}	4.62±0.21 ^{Aab}	4.14±0.43 ^{Abc}	3.71±0.38 ^{Ac}	3.33±0.32 ^{Ade}	2.91±0.38 ^{Ae}
PNE	4.90±0.16 ^{Aa}	4.81±0.24 ^{Aa}	4.74±0.25 ^{Aa}	4.55±0.13 ^{Aab}	4.00±0.40 ^{Abc}	3.67±0.44 ^{Ac}	2.88±0.41 ^{Ad}
NNE	4.88±0.21 ^{Aa}	4.88±0.21 ^{Aa}	4.69±0.30 ^{Aa}	4.45±0.36 ^{Aab}	3.95±0.25 ^{Abc}	3.62±0.27 ^{Ac}	3.02±0.46 ^{Ad}

Co: control sample; BNZ: the sample containing Sodium benzoate-potassium sorbate; BHT: the sample containing butylated hydroxytoluene (BHT); PNE: sample containin *Nepeta glomerulosa* essential oil; NNE: sample containing Nanoemulsified *Nepeta glomerulosa* essential oil

- For each sensory parameter, different capital letters in each column indicate significant differences between samples; Different small letters in each row indicate differences between storage periods (P < 0.05).

Co: نمونه کنترل؛ BNZ: نمونه حاوی بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم؛ BHT: نمونه حاوی هیدروکسی تولوئن بوتیل (BHT)؛ PNE: نمونه حاوی اسانس *Nepeta glomerulosa*؛ NNE: نمونه حاوی نانوامولسیون اسانس *Nepeta glomerulosa*

- برای هر پارامتر حسی، حروف بزرگ مختلف در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها است. حروف کوچک مختلف در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین زمان‌های نگهداری مختلف است (P < 0.05).

۴. نتیجه‌گیری

طعم را به خود اختصاص دهد. از نظر امتیاز حسی کل نیز تنها نمونه‌ی حاوی نانوامولسیون توانست امتیاز بالای ۳ را در پایان زمان نگهداری کسب کند. در حالی که نمونه‌ی شاهد در پایان هفته‌ی پنجم نگهداری از نظر ارزیابان حسی مردود اعلام شد. بنابراین نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه در غلظت کم‌تر اسانس توانست عملکرد خوبی را در بهبود کیفیت ماندگاری سس مایونز در شرایط نگهداری تسریع شده نشان دهد. نانوامولسیون پونه‌سای انبوه جایگزین مناسبی برای ترکیبات نگهدارنده شیمیایی بودند. همان‌طور که از هر فناوری نوظهوری انتظار می‌رود، برای روشن شدن شکاف‌های مربوط به استانداردسازی اندازه ذرات، اثر هم‌افزایی بین اسانس‌ها، پایداری نانوامولسیون‌ها و اثرات سم‌شناسی احتمالی مرتبط با مصرف ذرات نانومتری نیاز به مطالعه بیش‌تر ضروری است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از کارکنان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، مسئولان پژوهشی دانشکده علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سروستان و هیئت داوران پایان‌نامه که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری دادند، اعلام کنند.

هدف از پژوهش حاضر مقایسه قدرت نگهدارندگی اسانس خالص و امولسیون‌شده پونه‌سای انبوه (*N. glomerulosa*) با نگهدارنده‌های مصنوعی (BHT و بنزوات سدیم-سوربات پتاسیم) بود. اسانس پونه‌سای انبوه روغنی زرد رنگ با رایحه مطبوع و قوی بود. 1,8-Cineole (۲۶/۹٪)، α -Pinene (۷/۳٪)، Limonene (۶/۸٪)، Caryophyllene oxide (۵/۸٪) و Isobornyl acetate (۴/۵٪) ترکیبات غالب این اسانس بودند. میانگین اندازه ذرات، شاخص چندپراکندگی (PDI) و ویسکوزیته نانوامولسیون تهیه شده از این اسانس به روش فراصوت به ترتیب ۱۹۱/۹۵ nm، ۰/۲۲۵ و ۱/۰۳ cp. بود. نتایج کلی حاکی از این بود که افزودن نانوامولسیون و اسانس پونه‌سای انبوه به‌طور معنی‌داری پایداری اکسایشی سس مایونز را نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش می‌دهد. افزودن اسانس و نانوامولسیون اسانس پونه‌سای انبوه با کاهش فساد میکروبی و هیدرولیز موجب ثبات بیش‌تر pH و اسیدیته نمونه‌ها طی زمان ماندگاری شد. از نظر شاخص میکروبی در پایان زمان نگهداری نمونه شاهد و نمونه‌ی حاوی BHT به بالاتر از حد استاندارد رسیدند اما نمونه‌های دارای ترکیبات ضد میکروبی (طبیعی و مصنوعی) در محدوده‌ی استاندارد میکروبی قرار داشتند. از نظر ویژگی‌های حسی نیز نمونه‌ی حاوی اسانس به دلیل بوی مطبوع توانست بالاترین امتیاز

منابع

- [1] INSO. (2014). *Mayonnaise & Salad dressings – Specifications and test methods* (2nd ed., Rule Number: 2454). Karaj, Iran: Iran National Organization of Standardization.
- [2] Ünver, N., & Çelik, Ş. (2021). Effect of antioxidant-enriched microcrystalline cellulose obtained from almond residues on the storage stability of mayonnaise. *J. Food Process. Preserv.*, 45(7), e15613.
- [3] Urquiaga, I., & Leighton, F. (2000). Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.* 33(2), 55-64 .
- [4] Kazemi, M., & Mokhtarpour, A. (2020). The effect of *Nepeta glomerulosa* Boiss. (Lamiaceae) essential oil (NGEO) on in vitro gas production and ruminal fermentation. *J. Livest. Sci. Technol.*, 8(2), 1-8 .
- [5] Sefidkon, F. (2001). Essential oil of *Nepeta glomerulosa* Boiss. from Iran. *J. Essent. Oil Res.*, 13(6), 422-423.
- [6] Khoshnoudi-Nia, S., Sharif, N., & Jafari, S. M. (2020). Loading of phenolic compounds into electrospun nanofibers and electrospayed nanoparticles. *Trends Food Sci. Technol.*, 95, 59-74 .
- [7] Barradas, T. N., & Holanda e Silva, K. G. d. (2020). Nanoemulsions as optimized vehicles for essential oils. In E. Lichtfouse (Ed.). *Sustainable Agriculture Reviews 44* (pp. 115-167). Manhattan: Springer.
- [8] da Silva, B. D., do Rosário, D. K. A., Weitz, D. A., & Conte-Junior, C. A. (2022). Essential oil nanoemulsions: Properties, development, and application in meat and meat products. *Trends Food Sci. Technol.*, 121, 1-13.
- [9] Yazgan, H. (2020). Investigation of antimicrobial properties of sage essential oil and its nanoemulsion as antimicrobial agent. *LWT-Food Sci. Technol.*, 130, 109669 .
- [10] Özogul, Y., El Abed, N., & Özogul, F. 2022. Antimicrobial effect of laurel essential oil nanoemulsion on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. *Food Chem.* 368: 130831 .
- [11] Yazgan, H., Ozogul, Y., & Kuley, E. (2019). Antimicrobial influence of nanoemulsified lemon essential oil and pure lemon essential oil on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. *Int. J. Food Microbiol.*, 306, 108266 .
- [12] Muhialdin, B. J., Ying, L. L., Farouk, A.-E., & Hussin, A. S. M. (2019). Valorisation of Virgin Coconut Oil Application in Mayonnaise Production as Functional Ingredient. *J. Food Nutr. Res.*, 7(1), 65-70.
- [13] Sørensen, A. D. M., Nielsen, N. S., & Jacobsen, C. (2010). Oxidative stability of fish oil-enriched mayonnaise-based salads. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 112(4), 476-487 .
- [14] Vahidyari, H., Sahari, M., Barzegar, M., & Naghdi, B. H. (2012). Application of *Zataria multiflora* Boiss. and *Satureja hortensis* L. essential oils as two natural antioxidants in mayonnaise formulated with linseed oil. *J. Med. Plant Res.*, 11(43), 69-79.
- [15] Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Harholt, J., Brimer, L., Gökmen, V., & Skibsted, L. H. (2013). Oxidative stability and chemical safety of mayonnaise enriched with grape seed extract. *Food Funct.*, 4(11), 1647-1653.
- [16] El-Kholany, E. A. (2016). Utilization of Essential Oils from Citronella and Geranium as Natural Preservative in Mayonnaise. *Int. J. Microbiol. Biotechnol.*, 1(1), 49-59 .
- [17] Barzgari, M., Raftani, Z., Motamed Zadegan, A., & Mohamadzadeh, J. (2016). Effect of persian gum and xanthan on the quality of mayonnaise. *J. Food Res.* 26(2), 207-219.
- [18] Rafiee, Z., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Maherani, B. (2018). Nanoliposomes containing pistachio green hull's phenolic compounds as natural bio-preservatives for mayonnaise. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 120 (9), 1800086.
- [19] Miguel, G. A., Jacobsen, C., Prieto, C., Kempen, P. J., Lagaron, J. M., Chronakis, I. S., & García-Moreno, P. J. (2019). Oxidative stability and physical properties of mayonnaise fortified with zein electrospayed capsules loaded with fish oil. *J. Food Eng.*, 263, 348-358 .
- [20] Shaygannia, S., Eshaghi, M. R., Fazel, M., & Hashemiravan, M. (2021). The effect of microencapsulation of phenolic compounds from lemon waste by persian and basil seed gums on the chemical and microbiological properties of mayonnaise. *Prev. Nutr. Food Sci.*, 26 (1), 82 .
- [21] Gorjian, H., Raftani Amiri, Z., Mohammadzadeh Milania, J., & Ghaffari Khaligh, N. (2021). Comparison of the effect of natural preservatives (nanoliposome and nanoniosome containing myrtle extract) and sodium benzoate on physicochemical, microbial, sensorial and properties of Mayonnaise sauce. *Food Sci. Technol.*, 18 (116), 313-325 .
- [22] Ghazaei, S., Mizani, M., Piravi-Vanak, Z & . Alimi, M. (2015). Particle size and cholesterol content of a mayonnaise formulated by OSA-modified potato starch. *Food Sci. Technol.* 35, 150-156 .
- [23] Ghazaei, S., Mizani, M., Piravi Vanak, Z., & Alimi, M. (2016). Evaluation of physicochemical and microbial properties of low-fat mayonnaise formulated with a type of potato starch as a substitute of egg yolk. *J. Food Technol Nutr.* 13(4), 103-111.



- [24] AOCS. (2017). *Peroxide Value, Acetic Acid, Isooctane Method*. In (Vol. Cd 8b-90, pp. 20). USA: The American Oil Chemists' Society.
- [25] INSO. (2017). *Microbiology of mayonnaise and salad sauce- Specifications and test methods*, 3rd .Revision. In (Vol. 2965). Karaj, Iran: Iranian National Standardization Organization.
- [26] ISIRI. (2005). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive Escherichia coli -Most probable number technique*. In (Vol. 2946). Tehran, Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [27] ISIRI. (2000). *Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds -Part 2 : Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95*; 1st. edition. In (Vol. 10899-2). Tehran, Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran
- [28] INSO. (2019). *Microbiology of the food chain-Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella- Part 1:Detection of Salmonella spp. In Identical with ISO 6579-1: 2017* (Vol. 1810-1). Tehran, Iran: Iranian National Standardization Organization.
- [29] INSO. (2019). *Microbiology of mayonnaise and salad sause- Specifications and test methods-Amd. No. 1. In (Vol. 2965- Amd No. 1)*. Karaj, Iran: Iranian National Standardization Organization.
- [30] Miele, N., Di Monaco, R., Cavella, S., & Masi, P. (2010). Effect of meal accompaniments on the acceptability of a walnut oil-enriched mayonnaise with and without a health claim. *Food Qual. Prefer.*, 21(5), 470-477 .
- [31] Frøst, M. B., Heymann, H., Bredie, W. L., Dijksterhuis, G. B., & Martens, M. 2005. Sensory measurement of dynamic flavour intensity in ice cream with different fat levels and flavourings. *Food Qual. Prefer.*, 16(4), 305-314 .
- [32] Nezhadali, A., Masrornia, M., Bari, H., Akbarpour, M., Joharchi, M. R., & Nakhaei-Moghadam, M. 2011. Essential oil composition and antibacterial activity of *Nepeta glomerulosa* Boiss from Iran. *J. Essent. Oil- Bear. Plants.*, 14(2), 241-244 .
- [33] Kioumars, M., & Imani, A. (2014). The study of environment conditions on the chemical composition of medicinal species *Nepeta Menthoides* of Sabalan. *J. Bio. Env. Sci.*, 6 (1), 5567-572 .
- [34] Kofidis, G., & Bosabalidis, A. M. 2008. Effects of altitude and season on glandular hairs and leaf structural traits of *Nepeta nuda* L. *Bot. Stud.* 49(4): 363-372 .
- [35] Talebi, S. M., Nohooji, M. G., & Yarmohammadi, M. (2020). Essential oil analysis of eight *Nepeta* taxa in Iran. *Mediterr. Bot.*, 41(1), 43-53 .
- [36] McClements, D. J., Das, A. K., Dhar, P., Nanda, P. K., & Chatterjee, N. (2021). Nanoemulsion-based technologies for delivering natural plant-based antimicrobials in foods. *Front. Sustain. Food Syst.*, 5, 623-648 .
- [37] Soundararajan, V., Kandasamy, V., & Subramani, P. (2021). Antibiofilm, antioxidant and larvicidal activity of formulated nanoemulsion from *Ocimum tenuiflorum*. *Mater. Today: Proc.*, 45, 3438-3443.
- [38] Chuesiang, P., Siripatrawan, U., Sanguandeeikul, R., Yang, J. S., McClements, D. J., & McLandsborough, L. (2019). Antimicrobial activity and chemical stability of cinnamon oil in oil-in-water nanoemulsions fabricated using the phase inversion temperature method. *LWT-Food Sci. Technol.*, 110, 190-196 .
- [39] Das, A. K., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Banerjee, R., Biswas, S., & McClements, D. J. (2020). Application of nanoemulsion-based approaches for improving the quality and safety of muscle foods: A comprehensive review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 19(5), 2677-2700.
- [40] Lee, J. Y., Garcia, C. V., Shin, G. H., & Kim, J. T. (2019). Antibacterial and antioxidant properties of hydroxypropyl methylcellulose-based active composite films incorporating oregano essential oil nanoemulsions. *LWT-Food Sci. Technol.*, 10(6), 164-171.
- [41] Rao, J., & McClements, D. J. (2012). Lemon oil solubilization in mixed surfactant solutions: Rationalizing microemulsion & nanoemulsion formation. *Food Hydrocoll.*, 26(1), 268-276.
- [42] Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebzadeh, K., & Shahin, R. (2019). Effects of tocopherol, rosemary essential oil and *Ferulago angulata* extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study. *Food Chem.*, 285, 46-52
- [43] Asgarpanah, J., Sarabian, S., & Ziarati, P. (2014). Essential oil of *Nepeta* genus (Lamiaceae) from Iran: a review. *J. Essent. oil Res.*, 26(1), 1-12 .
- [44] Khoshnoudi- Nia ,S., & Sedaghat, N. (2019). Effect of active edible coating and temperature on quality properties of roasted pistachio nuts during storage. *J. Food Process. Preserv.*, 43(10), e14121 .
- [45] Ahmadi-Dastgerdi, A., Ezzatpanah, H., Asgary, S., Dokhani, S., Rahimi, E., & Gholami-Ahangaran, M. 2019. Oxidative stability of mayonnaise supplemented with essential oil of *achillea millefolium* ssp *millefolium* during storage. *Food Sci. Technol.*, 13(1), 34-41.
- [46] Ranjbaran, P., & Moradkhani, S. (2022). Iron Chelating Activity of *Nepeta Crispa* Willd., an

- Endemic Plant in the West of Iran. *Avicenna J. Med. Biochem.*, 10 (1), 1-6.
- [47] Hashemi, S., Khaneghah, A.M., Nia, S.K., & Mehr, H.M. (2013). Marzeh Khuzistani essential oil as a natural antioxidant in canola oil under forced conditions. *Int. Food Res. J.*, 20 (5), 2091 .
- [48] Gorji, S. G., Smyth, H. E., Sharma, M., & Fitzgerald, M. (2016). Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 56, 88-102.
- [49] Savaghebi, D., Ghaderi-Ghahfarokhi, M., & Barzegar, M. (2021). Encapsulation of sargassum boveanum algae extract in nano-liposomes: Application in functional mayonnaise production. *Food Bioproc. Tech.*, 14(7), 1311-1325.
- [50] Ahmadi-Dastgerdi, A. (2019). Antibacterial and antifungal effect of achillea millefolium essential oil during shelf life of mayonnaise. *Food Sci.Technol.*, 13(4), 15-25 .
- [51] Keerthirathne, T. P., Ross, K., Fallowfield, H., & Whiley, H. (2019). The combined effect of pH and temperature on the survival of Salmonella enterica serovar typhimurium and implications for the preparation of raw egg mayonnaise. *Pathogens*, 8(4), 218.
- [52] Sharifi, A., & Khoshnoudi-Nia, S. (2022). Ranking novel extraction systems of seedless barberry (*Berberis Vulgaris*) bioactive compounds with fuzzy logic-based term weighting scheme. *Sustain. Chem. Pharm.*, 25, 100561 .
- [53] Bhavaniramy, S., Vishnupriya, S., Al-Aboudy, M. S., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain Oil Sci. Technol.*, 2(2), 4--55.
- [54] Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 94(3), 223-253 .
- [55] Formisano, C., Rigano, D., & Senatore, F. (2011). Chemical constituents and biological activities of Nepeta species. *Chem. Biodivers.* 8(10), 1783-1818 .
- [56] Nirmal, N. P., Mereddy, R., Li, L., & Sultanbawa, Y. (2018). Formulation, characterisation and antibacterial activity of lemon myrtle and anise myrtle essential oil in water nanoemulsion. *Food Chem.*, 254, 1-7 .
- [57] Hathcox, A. K., Beuchat, L. R., & Doyle, M. P. (1995). Death of enterohemorrhagic Escherichia coli O157: H7 in real mayonnaise and reduced-calorie mayonnaise dressing as influenced by initial population and storage temperature. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61(12), 4172-4177.
- [58] Smittle, R. (2000). Microbiological safety of mayonnaise, salad dressings, and sauces produced in the United States: a review. *J. Food Prot.*, 63(8), 1144-1153.
- [59] Porter, J. A., Morey, A., & Monu, E. A. (2020). Antimicrobial efficacy of white mustard essential oil and carvacrol against Salmonella in refrigerated ground chicken. *Poult. Sci.*, 99(10), 5091-5095 .
- [60] Milani, M. A., Mizani, M., Ghavami, M., & Eshratadi, P. (2014). Comparative analysis of antimicrobial characteristics of mustard paste and powder in mayonnaise. *Eur. J. Exp. Bio.* 4(2), 412-418 .
- [61] Abu-Salem, F. M., & Abou-Arab, A. A. 2008. Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Grasas Aceites.*, 59(4), 352-360 .
- [62] Hakimian, F., Emamifar, A., & Karami, M. (2022). Evaluation of microbial and physicochemical properties of mayonnaise containing zinc oxide nanoparticles. *LWT-Food Sci. Technol.*, 163, 113517 .