اثر نانو امولسیون عطر مایه نعناع تولید شده با استفاده از صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های ماست همزده کم‌چرب

منیره یزدی نژاد[۱]، آزاده قربانی حسن سرایی [۲*]، شهرام نقی زاده رئیسی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

(تاریخ دریافت: ۹٦/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۲)

چکیده

نانو امولسیون‌های تولید شده از ترکیبات و اجزای مغذی به‌طور گسترده‌ای برای ریزپوشان کردن، محافظت و انتقال اجزای هدفمند چربی‌دوست نظیر چربی‌های زیست فعال (مانند اسیدهای چرب امگا۳ و اسید لینولئیک کونژوگه) و طعم‌های محلول در روغن، ویتامین‌ها، مواد نگه‌دارنده و مواد مغذی با قابلیت دارویی به درون غذا در صنایع غذایی استفاده می‌شود. هدف این پژوهش بررسی ویژگی‌های ماست حاوی نانو امولسیون عطرمایه نعناع تولیدشده با صمغ دانه ریحان است. در این پژوهش ماست با استفاده از چهار سطح مقدار نانو امولسیون عطرمایه نعناع (۰، ۱، ۳ و ۵ درصد) و سه سطح زمان نگهداری (روز ۱، ۷ و ۱٤ نگهداری) در قالب آزمایش فاکتوریل به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تولید شد. ارزیابی ویژگی‌های ساختاری و فیزیکوشیمیایی در دمای ۵-٤ درجه سانتی‌گراد انجام شد. داده‌های ویسکوزیته و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (زمان گرمخانه گذاری، اسیدیته، میزان آب اندازی و ویسکوزیته مرکب) تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) داشتند. نانو امولسیون عطرمایه نعناع موجب افزایش زمان گرمخانه گذاری شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد که می‌توان نانو امولسیون عطرمایه نعناع را به سهولت به ماست اضافه کرد، بدون اینکه تغییراتی در ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی آن به وجود آید و حتی این ویژگی‌ها به‌طور نسبی بهبود یابد.

کلید واژگان: نانو امولسیون، ماست، صمغ دانه ریحان، عطرمایه نعناع.

*نویسنده مسئول: azade380@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

۱- مقدمه

ماست محصولی است که از تخمیر لاکتیکی شیر به‌وسیله *استرپتوکوکوس سالیواریوس* زیرگونه ترموفیلوس و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونه بولگاریکوس به دست می‌آید [۱]. ماست همزده ترکیب شیمیایی مشابه ماست قالبی اما روش فرآیند متفاوتی دارد و رفتار رئولوژیکی آن نیز متمایز است [۲]. با ترکیب کازئین با پروتئین‌های آب‌پنیر شبکه ژلی تشکیل خواهد شد [۳]. در نتیجه تشکیل این شبکه ژلی ماست به دست می‌آید. ماست‌های کم‌چرب رفتار ویسکوالاستیک ضعیف‌تری را نسبت به ماست‌های پرچرب از خود نشان می‌دهند؛ بنابراین درصد چربی یکی از فاکتورهای مؤثر بر خواص ماست می‌باشد و کاهش درصد چربی باعث تضعیف ساختار ژلی ماست و بالطبع افزایش سینرسیس می‌شود [٤].

ازآنجایی‌که در سال‌های اخیر اغلب مصرف‌کنندگان در پی غذاهای سالم می‌باشند کاهش درصد چربی فرآورده‌های غذایی در بازار رقابتی امروز مزیت محسوب می‌شود [۵]؛ اما همان‌طور که گفته شد کاهش درصد چربی در ماست منجر به تقلیل ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست خواهد شد. جهت رفع این نقص در صنعت غذا از جایگزین‌های چربی استفاده می‌شود. جایگزین‌های چربی برای کاهش محتوای چربی بسیاری از محصولات لبنی مانند پنیر و بستنی با حفظ خصوصیات حسی و ساختاری مورداستفاده قرار می‌گیرد. اگرچه ماست در مقایسه با این محصولات درصد چربی کمتری دارد اما لزوم استفاده از این ترکیبات در ماست‌های کم‌چرب به ساختار ویژه ماست مربوط می‌باشد [٦]. گروهی از جایگزین‌های چربی تحت عنوان هیدروکلوئیدهای غذایی برای ایجاد قوام، تشکیل ژل و پایداری محصولات مورداستفاده قرار می‌گیرند [۷]. ریحان یکی از گیاهان بومی و دارویی ایران است که از قرار دادن دانه آن در آب سرد و ترسیب با الکل، صمغی به دست می‌آید که قابل قیاس با صمغ‌های گوار و زانتان است [۸ و ۹]. دانه ریحان با نام علمی *اوسمیوم باسیلیکوم*[1] از تیره نعنائیان ازلحاظ ظاهری دانه‌های ریز و سیاه و دارای یک برجستگی سفیدرنگ در قسمت باریک و کمی خمیده است، پوسته رویی دانه‌ها را لایه‌ای موسیلاژی پوشانیده است و هنگامی‌که درون آب قرار می‌گیرد سریعاً متورم می‌شود [۱۰]. دانه ریحان وقتی‌که با آب خیس می‌شود به آب ژلاتینی تبدیل‌شده و به‌طور سنتی در نوشیدنی‌های آسیایی و دسرها مورداستفاده قرار می‌گیرد [۱۱]. این دانه دارای مقدار مناسبی صمغ با خواص عملکردی خوب است که قابل‌مقایسه با هایدروکلوئیدهای تجاری مواد غذایی است. ریحان به‌عنوان یک گیاه دارویی در کمیت بالایی تولید و مورداستفاده قرار می‌گیرد، علاوه بر استفاده از آن در طب سنتی به‌طور گسترده به‌عنوان یک گیاه پخت‌وپز استفاده می‌شود و عطرمایه استخراج‌شده از *اوسمیوم باسیلیکوم* منبع خوبی برای خوشمزه کردن و معطر کردن شناخته‌شده است [۸]. با توجه به بومی بودن گیاه نامبرده و ویژگی‌های خاص آن می‌توان از این گیاه در تولید ماست همزده کم‌چرب جهت بهبود خواص بافتی و تقویت ساختاری آن استفاده نمود.

از طرف دیگر با توجه به مصرف بالای ماست و ایجاد طعم دلخواه بنا بر سلیقه‌های مختلف در جامعه و ایجاد تنوع در طعم آن و ایجاد انگیزه‌ی مصرف به‌خصوص در قشر خردسال جامعه، طعم دار کردن ماست با طعم‌های موردپسند در میان مردم، موردتوجه بوده و به نظر می‌رسد در صورت طعم دار کردن ماست می‌توان مصرف فرآورده‌های لبنی را بهبود بخشید. در حال حاضر ماست‌های طعم دار با مخلوطی از پودر سبزی‌ها یا مارمالاد میوه‌ها در طعم‌های مختلفی مانند توت‌فرنگی، خیار، زغال‌اخته، شاه‌توت، تمشک یا هلو در بازار موجود هستند [۱۲]. یکی از مواد غذایی محبوب در جامعه ایرانی برای استفاده و طعم دار کردن ماست و دوغ در جامعه ایرانی نعناع است. نعناع یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که استفاده گسترده‌ای در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی دارد. با توجه به مطالعات انجام‌شده، منتول ترکیب اصلی نعناع است. این ترکیب نعناع به‌طور گسترده‌ای در صنعت غذا (به‌عنوان نگه‌دارنده و طعم‌دهنده)، لوازم‌آرایشی و عطر و همچنین در محصولات دارویی استفاده می‌شود [۱۲]. نانو امولسیون‌ها در شیمی کشاورزی برای انتقال آفت‌کش‌ها [۱۳]، در لوازم‌آرایشی به‌عنوان ناقل ترکیبات مراقبت شخصی و یا محصولات مراقبت از پوست [١٤]، در عطر به عنوان ماتریس برای محصور کردن ترکیبات فرار استفاده می‌شود [۱۵]. صنعت غذا نیز در نوشیدنی‌ها به‌منظور ایجاد محصولاتی با ظاهر مات و عطر و بوی مناسب [١٦] و در همراهی چربی‌ها و روغن‌ها، ترکیبات معطر و روغن‌های گیاهی، ویتامین‌ها، مواد معدنی، رنگ‌ها و آنزیم‌ها در مواد غذایی، چربی‌ها و روغن‌ها، ترکیبات معطر و

1. *Ocimum basilicom* L

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

اولئورزین ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، رنگ‌ها و آنزیم‌ها به‌کاررفته است [۱۷، ۱۸ و ۱۹]. در این مطالعه اثر نانو امولسیون طعم نعناع تولیدشده با استفاده از صمغ دانه ریحان با مقادیر مختلف بر ویژگی‌های مختلف ماست موردبررسی قرارگرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

شیر از کارخانه کاله (آمل، ایران) با ۱/۵ درصد چربی، pH=٦/٦-٦/٧ و دانسیته ۱/۰۲۸-۱/۰۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب تهیه شد. برای کاهش تأثیر تفاوت شیر در تولید، تمام شیر مورد نیاز از یک بچ تولید کارخانه به‌صورت استریل خریداری‌شده و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آغازگر مورداستفاده، آغازگر صنعتی YC-350 حاوی *Streptococcus thermophilus* و *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* و از نوع DVS و به‌صورت خشک‌شده انجمادی (لیوفیلیزه[1]) از شرکت کریستین هانسن[2] تهیه گردید. دانه ریحان از بازار محلی خریداری شد. دانه‌ها به‌صورت دستی تمیز شده و ذرات خارجی مانند سنگ، دانه‌های شکسته، کاه و کلش جدا شدند، دانه‌های پاک شده در کیسه پلاستیکی بسته‌بندی شدند و در جای خشک و خنک تا مرحله استخراج صمغ نگهداری گردیدند. عطرمایه نعناع به‌صورت ۱۰۰ درصد خالص به‌صورت عطرمایه روغنی از شرکت جی اف اف انگلیس خریداری شد.

۲-۲- تولید نانو امولسیون طعم نعناع

۲-۲-۱- استخراج صمغ

برای استخراج صمغ، ابتدا دانه‌های ریحان به‌دقت تمیز کرده و بعد از جداسازی ناخالصی‌ها به‌صورت دستی، دانه‌ها از الک عبور داده شدند تا گردوغبار، سنگ‌ها و ضایعات موجود در آن‌ها جدا شوند. بر اساس روش رضوی و همکاران (۲۰۰۸) و حسینی پرور و همکاران (۲۰۰۹) از دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و pH=۷، ۲۰ دقیقه زمان خیساندن و نسبت آب به دانه، ۱:٦٥ جهت استخراج صمغ استفاده شد [۲۱ و ۲۲]. در مرحله اول استخراج، دانه‌ها در نصف مقدار آب دیونیزه لازم خیسانده و به مدت ۲۰ دقیقه تا متورم شدن کامل در بن ماری ۷۰ درجه سانتی‌گراد (همراه با همزدن در فواصل کوتاه) گذاشته شدند. جداسازی صمغ از دانه‌های متورم به‌وسیله عبور دانه‌ها از استخراج‌کننده از نوع سانتریفیوژ سبدی مجهز به صفحه چرخاننده (پارس خزر ۷۰۰P) که سطح چرخان آن تراش‌خورده و صاف‌شده بود انجام گردید. این صفحه چرخان موجب تراشیدن لایه صمغ سطح دانه می‌شود. صمغ جداسازی شده در این مرحله جمع‌آوری‌شده و مابقی صمغ چسبیده به دانه‌ها با غوطه‌ور کردن دانه‌ها در نصف آب باقیمانده و عبور دادن از اکستراکتور جدا شدند. در مرحله سوم بقیه آب اضافه‌شده و استخراج همانند مرحله دوم تکرار گردید. صمغ جمع‌آوری‌شده از مراحل مختلف با هم مخلوط شده و سپس از یک صافی پارچه‌ای (از جنس حریر با مش بسیار ریز طرح مژگان) با فشار گذرانده شد تا ذرات ریز و ناخالصی‌های موجود در آن کاملاً صاف شوند که این عمل ۳ بار تکرار می‌شود. سپس در ظروف یک‌بارمصرف با حجم مشخصی ریخته شده و به مدت ۷۲ ساعت در آون فن دار با دمای ٦۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا کاملاً آب ازدست‌داده و خشک شود. صمغ خشک‌شده در پایان کار جمع‌آوری و با آسیاب برقی پودر شده و در ظروف درب دار غیرقابل نفوذ هوا ریخته شده و تا زمان مصرف در محیط خشک و بدون رطوبت ترجیحاً در دسیکاتور نگهداری شد.

۲-۲-۲- تولید نانو امولسیون

محلول مصرفی موردنیاز شامل آب دیونیزه و سدیم آزاید بود. تهیه محلول استوک ۱٪ صمغ دانه ریحان، ۱ گرم صمغ دانه ریحان و ۹۹ گرم آب می‌باشد بدین‌صورت که ۱ گرم صمغ دانه ریحان را به ۹۹ گرم آب اضافه کرده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰ rpm همزده و درب آن را گذاشته و جهت هیدراته شدن کامل به مدت ٢٤ ساعت در یخچال قرار گرفت. تهیه امولسیون با استفاده از محلول استوک و آب، (فاز آبی) و عطرمایه روغنی نعناع (فاز روغنی) انجام پذیرفت. سپس فاز روغنی به فاز آبی اضافه‌شده و با دستگاه اولتراتراکس[3] به مدت یک دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ rpm مخلوط شدند. به‌طور مثال جهت تهیه امولسیون یک نمونه (۰/۳٪ صمغ دانه ریحان با ۱۵٪ عطرمایه نعناع)، ۳۰ گرم از محلول استوک ۰/۱٪ صمغ دانه ریحان و ۵۵ گرم آب را در بشری به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط کرده (فاز آبی) و سپس به آن ۱۵ گرم عطرمایه نعناع (فاز

1. Freeze-dried
2. CHR Hansen
3. Ultra turrax

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

روغنی) اضافه‌شده و با دستگاه اولتراتراکس به مدت ۱ دقیقه با دور rpm ۱۰۰۰۰ مخلوط شد. دمای نمونه در تمام مراحل برابر با دمای محیط بود. درنهایت نمونه با زمان تیمار اولتراسوند تعیین‌شده وارد دستگاه اولتراسونیکاتور شد. به علت اینکه عطرمایه روغنی نعناع بسیار فرار و حساس به حرارت می‌باشد جهت جلوگیری از بالا رفتن دمای امولسیون حین اولتراسوند، ظرف امولسیون در ظرفی حاوی پودر یخ قرار گرفت. بعدازاینکه عمل اولتراسوند به پایان رسید، نمونه بلافاصله از ظرف حاوی پودر یخ خارج شود در غیر این صورت سرمای یخ باعث کوآگوله شدن مجدد قطرات چربی خواهد شد [۲۳].

۲-۳- تولید ماست

عملیات حرارتی شیر در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت‌زمان ۵ دقیقه انجام شد. نانو امولسیون طعم نعناع تولیدشده با استفاده از صمغ دانه ریحان در چهار سطح (۰، ۱، ۳ و ۵ درصد) در مرحله پس از عملیات حرارتی در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به شیر افزوده شد. در حین افزودن عطرمایه عمل همزدن به‌منظور انحلال بهتر و سریع‌تر انجام گرفت. از آنجائی که استارتر مورداستفاده از نوع تجاری مدل DVS و به‌صورت تغلیظ شده، منجمد و خشک (فریز دراید) بود، لذا به‌طور مستقیم به شیر تلقیح شد. استارتر موردنظر مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده در دمای ٤٥ درجه سانتی گراد تحت شرایط استریل به شیر مورد آزمایش اضافه شد. مزیت این نوع تلقیح مستقیم مایه غلیظ به شیر، کاهش خطر آلودگی در تکثیر و بعدازآن می‌باشد [۱۵]. پس از هم زدن و یکنواخت شدن مایه کشت، نمونه‌ها به گرمخانه‌ای با دمای ۱±٤۲ درجه سانتی‌گراد منتقل‌شده و عمل تخمیر پس از رسیدن به ٤/٦-pH=٤/٥ متوقف گردید. نمونه‌های ماست پس از هم زنی در ظروف بسته‌بندی ریخته شده و به مدت ١٤ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شدند. آزمایش‌های مختلف در روزهای اول، هفتم و چهاردهم انجام شدند [۱، ۳ و ۲٤].

۲-٤- آزمایش‌های شیمیایی

۲-٤-۱- آزمایش‌های نانو امولسیون طعم

۲-٤-۱-۱- تعیین اندازه ذرات

اندازه‌گیری متوسط قطر، توزیع اندازه و سطح مخصوص ذرات با کمک دستگاه سنجش اندازه ذرات (Mastersizer, 2000, MALVERN, USA) انجام شد. این دستگاه قطر ذرات را بر اساس تئوری Mie و از روی پراکنش اشعه لیزر محاسبه نموده و میانگین قطر را تحت عناوین عدد ساتر (Sauter) یا میانگین قطر سطح – وزن (D32)، عدد دبروکر (De Brouckere) یا میانگین قطر حجم – وزن (D4,3) گزارش می‌کند. برای مقایسه درجه یکنواختی اندازه ذرات نمونه‌ها از شاخصی به نام Span استفاده گردید. اسپان اندازه پهنای نمودار توزیع اندازه ذرات را نشان می‌دهد. هر چه این نمودار باریک‌تر باشد عدد اسپان کوچک‌تر است. سطح مخصوص ذرات (SSA) نیز برحسب میلی‌متر مربع بر میلی‌لیتر از روی قطر متوسط محاسبه شد.

$$D_{3,2} = \frac{\sum nidi^3}{\sum nidi^2}$$

$$D_{4,3} = \frac{\sum nidi^4}{\sum nidi^3}$$

$$SSA = \frac{6}{D_{3,2}}$$

$$Span = \frac{[d(v,90) - d(v,10)]}{d(v,50)}$$

در این رابطه $d(v,90)$، $d(v,10)$ و $d(v,50)$ به ترتیب نمایانگر ۹۰ درصد، ۱۰ درصد و ۵۰ درصد ذرات موجود با قطری کمتر از مقدار داده‌شده هستند. اندازه‌گیری توزیع ذرات با ۳ تکرار در روزهای اول و چهاردهم انجام گرفت.

۲-٤-۱-۲- آزمون اندازه‌گیری پتانسیل زتا

ذره در داخل سیال، دارای بار سطحی است و همواره در اطراف سطح ذره‌ای که درون سیال قرار گرفته است، افزایش غلظت یون‌های با بار مخالف سطح ذره، دیده می‌شود؛ بنابراین یک لایه اضافی از این یون‌ها سطح ذره را احاطه می‌کند و یک لایه اضافی را در دور ذره به وجود می‌آورد. این لایه به وجود آمده به دور ذره را می‌توان به دو قسمت تقسیم کرد: لایه درونی که به آن لایه استرون[1] نیز گفته می‌شود که در آن یون‌ها به‌شدت محدود هستند و به‌صورت کاملاً متراکم در کنار یکدیگر قرارگرفته‌اند. لایه بیرونی که یون‌ها تا حدودی از لایه قبلی آزادی بیشتری دارند و توانایی جابجایی بیشتری دارند. نمونه‌ها برای اندازه‌گیری پتانسیل زتا با دستگاه زتاسایزر انتخاب شدند.

1. Stern layer

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

۲-٤-۲- آزمایش‌های ماست

۲-٤-۲-۱- اندازه‌گیری pH

اندازه‌گیری pH طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲ و با استفاده از pH متر مدل IST 240L اندازه‌گیری شد [۲۵]. اندازه‌گیری pH در طی زمان گرمخانه گذاری و نیز در روزهای اول، هفتم و چهاردهم نگهداری صورت گرفت.

۲-٤-۲-۲- اندازه‌گیری اسیدیته

برای اندازه‌گیری اسیدیته از استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲ استفاده شد [۲۵]. اندازه‌گیری اسیدیته در روزهای اول، هفتم و چهاردهم نگهداری صورت گرفت.

۲-٤-۲-۳- زمان گرمخانه گذاری

به‌منظور اندازه‌گیری زمان گرمخانه گذاری نمونه‌ها، پس از قرار دادن آن‌ها در گرمخانه، انعقاد نمونه‌ها هر ۳۰ دقیقه یک‌بار (در دوره انتهایی زمان انعقاد هر ۱۵ دقیقه یک‌بار) با اندازه‌گیری pH بررسی گردید. عمل تخمیر پس از رسیدن به ٤/٦-pH=٤/٥ متوقف گردید. سپس زمان گرمخانه گذاری از لحظه قرار دادن نمونه‌ها در گرمخانه تا رسیدن به pH=٤/٥-٤/٦ برحسب دقیقه محاسبه گردید [۲٦].

۲-٤-۲-٤- اندازه‌گیری سینرسیس

میزان آب اندازی نمونه‌های ماست هم زده با استفاده از روش سانتریفوژ کردن اندازه‌گیری شد. در روزهای اول، هفتم و چهاردهم، حین نگهداری نمونه‌های ماست با وزن ۲۵ گرم درون لوله‌های سانتریفوژ با وزن مشخص ریخته شدند. لوله‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه در ۲۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفوژ (NF 200, Nuve، ترکیه) شدند. سپس مایع رویی (آب جداشده) برداشته‌شده و توزین شد [۲۷، ۲۸ و ۲۹]. مقدار آب اندازی برحسب گرم وزن آب جداشده بر وزن نمونه محاسبه و برحسب درصد گزارش شد:

$$\text{میزان آب اندازی} = \frac{m}{m_0} \times 100$$

۲-٤-۲-۵- آزمون رئولوژیکی

اندازه‌گیری نوسانی ویسکوزیته دینامیک مرکب با استفاده از هندسه استوانه هم‌محور دو شکافه[1] (فنجان با قطر داخلی ۲۸ میلی‌متر و باب با قطر ۲۵ میلی‌متر) در یک دستگاه رئومتر مدل MCR 301 (Anton Paar GmbH, Graz, Austria-Europe) انجام شد [۳۰]. برای مشخص کردن دوره زمانی شکل‌گیری ساختار، رئومتر در دمای مناسب تخمیر تنظیم شد. ۳۰ دقیقه پس از تلقیح، ظرف ماست تلقیح شده جهت تهیه ماست هم زده به‌طور کامل با یک پیستون سوراخ‌دار هم زده شد (۱۵ بار به‌صورت بالا و پایین) و یک مقدار از ماست در دستگاه رئومتر قرار داده شد. ویسکوزیته دینامیک مرکب در یک فرکانس ثابت ($1 rads^{-1}$) و کرنش ثابت (۰/۵ درصد) تا زمانی که pH نمونه به ٤/٥ رسید، انجام شد.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش برای بررسی ویژگی‌های نانو امولسیون طعم تولیدشده شامل ۳ سطح محتوای عطرمایه (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد)، محتوای صمغ (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و زمان نگهداری در دو سطح (روز ۱ و ١٤) بودند. فاکتورهای آزمایش برای بررسی اثر نانو امولسیون طعم بر ویژگی‌های ماست شامل ٤ سطح نانو امولسیون طعم (۰، ۱، ۳ و ۵ درصد) و زمان نگهداری در سه سطح (روز ۱، ۷ و ١٤) بودند. این رهیافت برای تعیین میزان اثرات فاکتورهای مختلف به کار رفت [۳۱]. جهت مقایسه میانگین‌ها و بررسی اثرات ساده و متقابل فاکتورها از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار Minitab ver.16 مورد آزمون آماری قرار گرفتند. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار آماری Excel و Minitab ver.16 استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی نانو امولسیون طعم

۳-۱-۱- تعیین اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات، یک پارامتر مهم برای برخی از خواص امولسیون مانند بافت و عمر مفید است و درنتیجه کنترل و اندازه‌گیری آن بسیار مهم است [۳۲]. با توجه به تجزیه تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که نوع صمغ و غلظت صمغ بر روی D[3,2] تفاوت معنی‌داری **دارد** ($P<0.05$). در اغلب موارد با افزایش غلظت صمغ و زمان نگهداری مقدار این فراسنجه افزایش یافت (شکل ۱). بالاترین میزان D[3,2] مربوط به امولسیون صمغ دانه ریحان با غلظت ۰/۳ درصد محتوی ۵ درصد عطرمایه و در روز ١٤ معادل

1. Double gap concentric cylinder

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

۶/۲۱۲ بود و کمترین میزان مربوط به صمغ دانه ریحان با غلظت ۰/۱ درصد محتوی ۱۵ درصد عطرمایه و در روز ۱ معادل ۲/۵۰۷ بود.

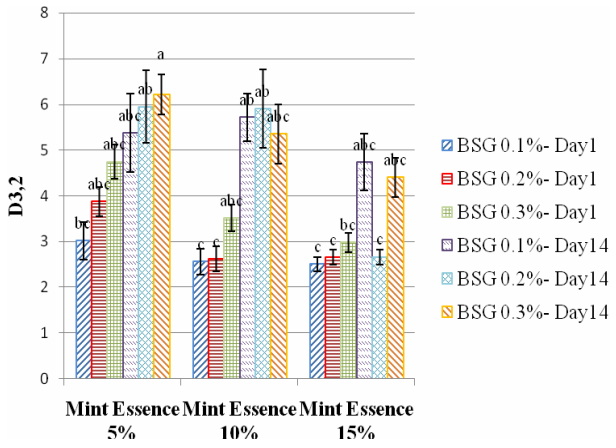

Fig 1 Influence of mint essence and Basil seed gum on D[3,2] during storage of nano emulsion.

با توجه به تجزیه تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که نوع صمغ و غلظت صمغ بر روی D[4,3] تفاوت معنی‌داری **دارد** ($P< 0.05$). در اغلب موارد با افزایش غلظت صمغ و زمان نگهداری مقدار این فراسنجه کاهش یافت (شکل ۲). بالاترین میزان D[4,3] مربوط به امولسیون صمغ دانه ریحان با غلظت ۰/۲ درصد محتوی ۵ درصد عطرمایه و در روز ۱ معادل ۲۱۸/۳۱ بود و کمترین میزان مربوط به صمغ دانه ریحان با غلظت ۰/۲ درصد محتوی ۱۵ درصد عطرمایه و در روز ۱۴ معادل ۱۸/۹۸۷ بود.

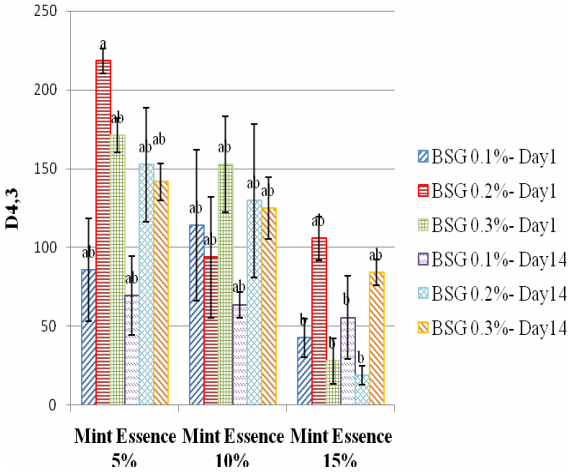

Fig 2 Influence of mint essence and Basil seed gum on D[4,3] during storage of nano emulsion.

در مورد بررسی SSA نیز می‌توان گفت هرچه سطح مخصوص قطرات (SSA) افزایش یابد اندازه ذرات کوچک‌تر می‌شود. با توجه به تجزیه تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که نوع صمغ و غلظت صمغ بر روی SSA تفاوت معنی‌داری **دارد** ($P< 0.05$). در اغلب موارد با افزایش غلظت صمغ و زمان نگهداری مقدار این فراسنجه کاهش یافت (شکل ۳). بالاترین میزان SSA مربوط به امولسیون صمغ دانه ریحان با غلظت ۰/۱ درصد محتوی ۱۵ درصد عطرمایه و در روز ۱ معادل ۲/۶۳ بود و کمترین میزان مربوط به صمغ دانه ریحان با غلظت ۰/۳ درصد محتوی ۵ درصد عطرمایه و در روز ۱۴ معادل ۰/۸۹۳ بود.

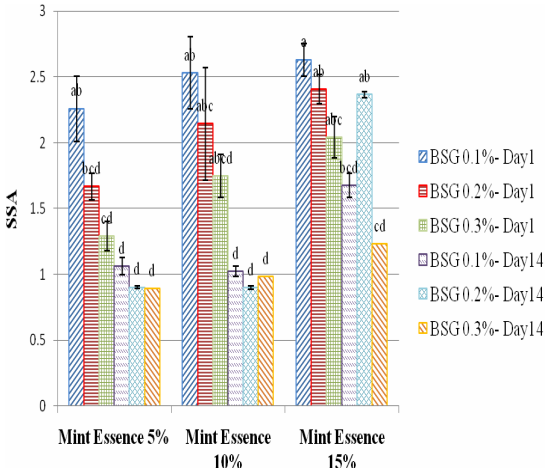

Fig 3 Influence of mint essence and Basil seed gum on SSA during storage of nano emulsion.

تفاوت معنی‌دار بین تأثیر غلظت‌های صمغ بر اندازه قطرات نشان‌دهنده حضور صمغ دانه ریحان در ناحیه بین سطحی و تعامل بین صمغ و پروتئین‌های کلوئیدی (پروتئین‌های اطراف گلبول‌های چربی) می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که مولکول‌های صمغ در کنار نقش پایدارکنندگی، به‌عنوان امولسیفایر در این امولسیون‌ها عمل کرده از طریق جذب آب سبب کند شدن سرعت جداسازی فازی شده است. حضور زیادتر مولکول‌های صمغ منجر به فلوکولاسیون تجمعی، ایجاد پیوندهای عرضی بین قطرات، افزایش معنی‌دار در اندازه قطرات و به دنبال آن ناپایداری در امولسیون شده است. نتایج مشابهی توسط سان و همکاران (۲۰۰۷) در رابطه با اثر صمغ زانتان بر پایداری نمونه‌های امولسیونی حاوی ایزوله پروتئین آب‌پنیری گزارش‌شده است [۳۳].

علاوه بر این، نتایج بررسی اسپان منحنی‌های توزیع اندازه ذرات نمونه‌های امولسیونی (شکل ٤) بیانگر این است که کمترین درجه یکنواختی اندازه گویچه‌ها در روز اول و چهاردهم مربوط به نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد صمغ است ($P< 0.05$). با توجه به اینکه هر چه اسپان کمتر باشد، اندازه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

گویچه‌ها یکنواخت‌تر است، بنابراین حضور ۰/۳ درصد صمغ در تمام غلظت‌های عطرمایه و طی نگهداری، گویچه‌های یکنواخت‌تری را موجب شده است.

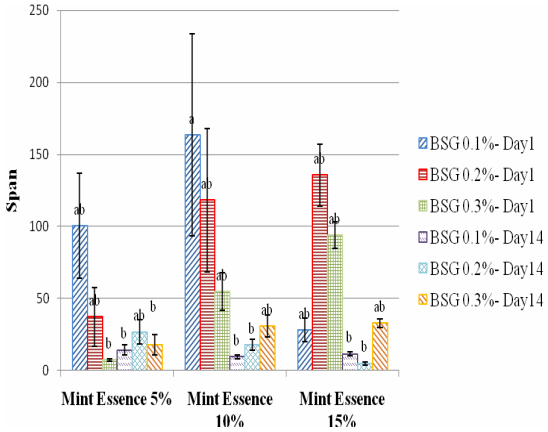

Fig 4 Influence of mint essence and Basil seed gum on Span during storage of nano emulsion.

پارامتر D[4,3] برای تشخیص کوآگولانس (انعقاد) و فلوکولاسیون (لخته) را با حساسیت بیشتری نسبت به پارامتر D[3,2] بیان می‌کند. افزایش زیاد در D[4,3] نشان‌دهنده فلوکولاسیون بیشتر است [۳٤]. این اتفاق به دلیل تجمع قطرات است که منجر به تشکیل یک توزیع bimodal می‌شود که متوسط قطر ذرات نسبتاً بالا (D[4,3]> 30m) بود که به دلیل تجمع قابل‌توجه ذرات در امولسیون می‌باشد. وجود پیک کاملاً مشخص در منحنی توزیع اندازه قطرات امولسیون، نشان‌دهنده اندازه قطرات بزرگ است که در تسریع جداسازی فاز امولسیون تأثیرگذار می‌باشد. وجود قطرات درشت در امولسیون بیانگر وقوع پدیده‌های ناپایداری ازجمله تجمع، به هم پیوستن و درهم آمیختن قطرات بوده که ازنظر رئولوژیکی، وقوع این پدیده‌ها معمولاً با تغییر در ویسکوزیته و ازنظر ظاهری با خامه بستن و شکست امولسیون همراه است [۳۵].

هوانگ و همکاران در سال ۲۰۰۱ خصوصیات هیدروکلوئید ها در امولسیون روغن در آب را موردبررسی قرار دادند و مشاهده کردند که امولسیون شامل صمغ شنبلیله در غلظت ۰/۵ بسیار پایدار است زیرا متوسط اندازه قطرات D[3,2] برابر ۱ میکرومتر بوده است از طرفی صمغ شنبلیله دارای ۱۳ درصد پروتئین بوده که در تشکیل یک امولسیون پایدار مؤثر است [۳٦].

هبیشی و همکاران (۲۰۱۳) بر روی امولسیون سدیم کازئینات همگن شده با فشار بالا مطالعه کردند و دریافتند که اندازه ذرات سدیم کازئینات با ۲۰٪ روغن تولیدشده توسط روش آسیاب کلوئیدی را می‌توان به قابلیت هموژن کردن ذرات برای ایجاد ذرات کوچک و انعقاد مجدد نسبت داد [۳۷]. افزایش فشار تفاوت معنی‌داری در اندازه D[4,3] ایجاد می‌کند که منجر به کاهش قابل‌توجهی در اندازه D[4,3] می‌شود [۳۸ و ۳۹]. توزیع monomodal در امولسیون تولیدشده به روش آسیاب کلوئیدی درنتیجه تغییر فلوکولاسیون (لخته سازی) به مرحله کوآگولاسیون (انعقاد) می‌باشد. توزیع bimodal در امولسیون روغن در آب با فشار بالای هموژناسیون را می‌توان با توجه پدیده فرآوری بیش‌ازحد ناشی از لخته شدن قطرات به‌دست‌آمده در زمانی که انرژی ورودی یا قطرات همگن و یا غلظت سورفاکتانت بر روی امولسیون تازه تولید شده دیده نمی‌شود [٤۰]. با بررسی اندازه D[3,2] و D[4,3] در نمونه‌های امولسیون شامل ریحان مشاهده شد که اندازه ذرات در روز اول کوچک بوده و باعث پایداری امولسیون شده و در روز ١٤ به علت بزرگ بودن اندازه ذرات و ایجاد حالت کوآگولاسیون و فلوکولاسیون باعث ناپایداری شده است.

۳-۱-۲- آزمون پتانسیل زتا

پتانسیل زتا برای درک و کنترل خواص سوسپانسین های کلوئیدی بسیار حائز اهمیت است [٤۱]. عموماً می‌توان خصوصیات یک سوسپانسیون را با درک چگونگی برهمکنش کلوئیدها با یکدیگر شناسایی نمود. در حوزه‌های که معلق ماندن فاز جامد در مایع و فاز مایع در مایع دارای اهمیت می‌باشد مانند داروسازی، سرامیک و مواد غذایی، اندازه‌گیری پتانسیل زتا می‌تواند سبب بهبود کیفیت محصولات غذایی شده و زمینه پیشرفت تحقیقات را با کاهش زمان انجام آزمون، بالا بردن دقت آزمون، کاهش خطای اندازه‌گیری و انجام آزمون برای نمونه‌های با رسانایی خیلی کم و نمونه‌هایی که مقاومت الکتریکی بالایی دارند را فراهم کند. پتانسیل زتا یک ابزار تحلیلی است که به وجود فعل‌وانفعالات شارژی قوی بین ۲ بیو پلیمر اشاره می‌کند [٤۲].

با توجه به نتایج حاصل از تعیین اندازه ذرات، نمونه‌های حاوی ۰/۳ درصد صمغ جهت ادامه کار انتخاب شدند. بر همین مبنا پتانسیل زتا برای این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (شکل ۵). با توجه به نتایج تفاوت معنی‌داری در پتانسیل زتای نمونه‌های مختلف مشاهده نشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

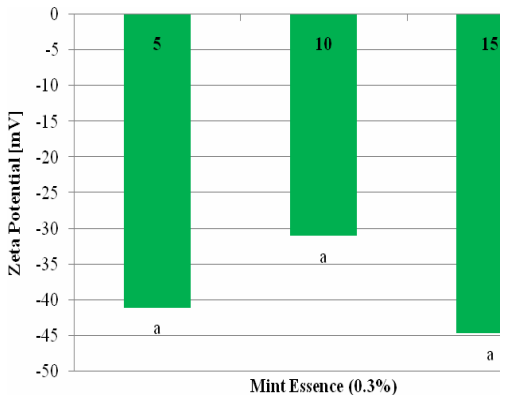

Fig 5 Influence of mint essence on Zeta Potential (mV) of nano emulsion.

وقتی ذره درون سیال حرکت می‌کند، لایه‌های درونی و بیرونی اطراف آن نیز به همراه ذره جابجا می‌شوند و با ذره حرکت می‌کنند و می‌توان یک فاصله فرضی بین ذره و محیط سیال تصور کرد که این فاصله عرضی همان لایه مضاعفی است که ذره را احاطه کرده است. این فاصله را اصطلاحاً تنش هیدرودینامیکی[1] می‌نامند و پتانسیلی که در این فاصله وجود دارد را بنام پتانسیل زتا می‌شناسند. درواقع پتانسیل زتا یک پارامتر برای ثبات بالقوه سیستم کلوئیدی می‌باشد. اگر همه ذرات داخل سوسپانسیون دارای بار منفی یا مثبت باشند، ذرات تمایل به دفع یکدیگر دارند و تمایل به هم انباشتگی از خود نشان نمی‌دهند. تمایل ذرات هم بار به دفع یکدیگر، رابطه مستقیمی با پتانسیل زتا دارد. به‌طورکلی مرز پایداری و ناپایداری سوسپانسیون را می‌توان برحسب پتانسیل زتا تعیین کرد. ذراتی که پتانسیل زتای آنها از ۳۰ میلی ولت بیشتر و یا از ۳۰- میلی ولت کمتر باشد، دارای پایداری هستند؛ بنابراین تمام نمونه‌ها دارای پایداری مناسبی ارزیابی شدند. نظر به این مورد نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ و ۱۵ درصد طعم‌دهنده عطرمایه نعناع برای طعم دار کردن ماست انتخاب شد.

کلین و همکاران (۲۰۱۰) فعل‌وانفعالات بین آب‌پنیر ایزوله شده و صمغ عربی را بررسی کردند و دریافتند که پتانسیل زتا در تمام pH ها منفی است در pH~4 پتانسیل زتا در حدود ۷- تا ۳۰- میلی ولت می‌باشد. از طرفی پروتئین آب‌پنیر در pH پائین مثبت است. این اندازه‌گیری‌ها نشان‌دهنده خنثی‌سازی بار است که با افزایش pH، افزایش‌یافته است [۴۲]. لزوماً بیشتر بودن بار منفی دلیل بر پایداری امولسیون نمی‌باشد زیرا ممکن است در سطوح مختلف بینابینی ناخالصی‌های یونی معدنی وجود داشته باشد که این ناخالصی‌ها می‌توانند به سطوح قطره متصل شده و بار قطره را تغییر دهد [۴۳].

۳-۲- آزمون‌های ماست

۳-۲-۱- زمان گرمخانه گذاری

طی فرایند تولید ماست، پس از تیمار حرارتی، شیر تا دمای مایه‌زنی که دمای موردنیاز برای رشد باکتری‌های آغازگر می‌باشد، خنک می‌شود. دمای بهینه برای باکتری‌های اسیدلاکتیک گرمادوست بین ۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد است [۴۴]. در طول تخمیر باکتریایی، لاکتوز به اسیدلاکتیک تبدیل می‌شود که درنتیجه آن pH کاهش می‌یابد. ضمن اسیدی شدن شیر pH از ۶/۷ به ۴/۶ می‌رسد [۳۰ و ۴۴]. مدت‌زمان موردنیاز برای رسیدن به pH مطلوب مدت‌زمان گرمخانه گذاری محسوب می‌شود.

نانو امولسیون طعم نعناعی استفاده‌شده اثر معنی‌داری بر زمان گرمخانه گذاری نمونه‌های ماست گذاشت (P<۰/۰۵). با افزایش سطح نانو امولسیون طعم نعناعی استفاده‌شده زمان گرمخانه گذاری افزایش یافت (شکل ۶). زمان گرمخانه گذاری بیانگر میزان فعالیت باکتری‌های آغازگر فرایند تخمیر در دمای بهینه می‌باشد. اجزای موجود در محیط تخمیر بر فعالیت آنها مؤثر است و هدف اندازه‌گیری زمان تخمیر بررسی میزان تأثیر محتوای طعم‌دهنده بر فعالیت باکتری‌های آغازگر می‌باشد.

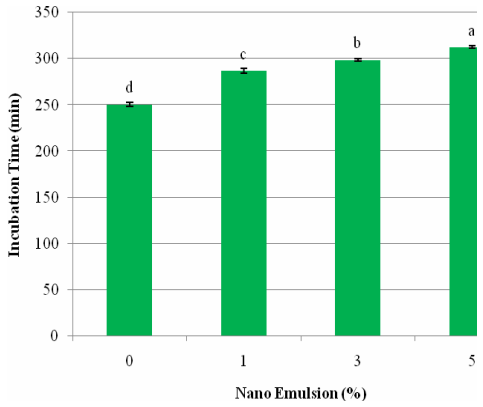

Fig 6 Influence of nano emulsion on incubation time (min) of yoghurt.

میسل‌های کازئین عناصر اساسی شیر هستند که به هنگام تخمیر باعث تشکیل دلمه می‌گردند و درpH طبیعی شیر به شکل ذرات مجزایی با بار منفی وجود دارند. بخش سطحی میسل‌های کازئین را تعداد زیادی از مولکول‌های کاپاکازئین تشکیل داده است. مولکول‌های دوقطبی آب به همراه یون‌های مثبت موجود در سرم شیر، لایه‌ای محافظ را در اطراف میسل

1. Hydrodinamic shear

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

کازئین تشکیل می‌دهند. در حقیقت این لایه به‌اتفاق بارهای منفی اضافی، مانع از به هم چسبیدن میسل های مجزای کازئین در pH طبیعی شیر می‌شود. هنگام فرایند تخمیر، اسیدلاکتیک و به بیان دقیق‌تر، یون‌های هیدروژن ایجاد می‌شود. با افزایش تولید یون هیدروژن، بار منفی کازئین تدریجاً تا حدی خنثی می‌شود تا انرژی جنبشی میسل‌ها بتواند بر نیروی دافعه الکترواستاتیک بین آن‌ها غلبه نماید و درواقع، این همان لحظه‌ای است که انعقاد شروع می‌شود [٤٥].

pH -۲-۲-۳

طی بررسی‌های آماری مشاهده شد که مقدار طعم‌دهنده و زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر میزان pH نمونه‌های ماست نمی‌گذارد (P>۰/۰۵)؛ به‌طورکلی با گذر زمان pH کاهش یافته که ناشی از فعالیت باکتری‌های تولید کننده اسیدلاکتیک می‌باشد (جدول ۱). این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش‌های پیشین در خصوص استفاده از جایگزین‌های چربی نظیر گوار، زانتان، بتاگلوکان و... نیز مطابقت دارد. به‌طورکلی کاهش pH نمونه‌های ماست طی زمان نگهداری طبیعی است و مشابه نتایج حاصل از مطالعات سایر پژوهشگران است [۲۹و ٤٦، ٤٧ و ٤٨].

Table 1 Influence of nano emulsion on pH, acidity and synersis during storage of yoghurt.

Synersis (%)	Acidity (%)	pH	Time (Day)	Nano Emulsion (%)
36.38±0.60^{a}	1.14±0.03^{b}	4.45±0.05^{a}	1	
28.48±2.72^{abcd}	1.48±0.05^{ab}	4.26±0.05^{a}	7	0
22.28±2.00^{def}	1.52±0.06^{a}	4.27±0.02^{a}	14	
26.30±0.83^{bcde}	1.23±0.02^{ab}	4.42±0.04^{a}	1	
19.82±0.37^{ef}	1.51±0.04^{ab}	4.21±0.05^{a}	7	1
16.19±1.33^{f}	1.54±0.09^{a}	4.19±0.03^{a}	14	
30.76±1.47^{abc}	1.18±0.06^{ab}	4.42±0.06^{a}	1	
26.58±0.86^{bcde}	1.34±0.08^{ab}	4.23±0.09^{a}	7	3
23.40±1.33^{cdef}	1.36±0.08^{ab}	4.21±0.05^{a}	14	
31.71±0.77^{ab}	1.28±0.02^{ab}	4.38±0.02^{a}	1	
25.71±1.48^{bcde}	1.49±0.06^{ab}	4.25±0.03^{a}	7	5
21.88±0.79^{def}	1.51±0.06^{ab}	4.25±0.01^{a}	14	

ساهان و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که افزودن بتاگلوکان به‌عنوان جایگزین چربی تأثیر معنی‌داری بر pH ماست نداشته است و نیز نگهداری نمونه‌ها به مدت یک هفته موجب کاهش pH آن می‌گردد [٤٩]. عزیزنیا و همکاران در سال ۲۰۰۸ تأثیر صمغ تراگاکانت و وی پروتئین را بر روی خصوصیات ماست موردبررسی قرار دادند و گزارش کردند که صمغ تراگاکانت به‌عنوان جایگزین چربی بر روی pH مؤثر نیست [۵۰].

۳-۲-۳- اسیدیته

نتایج بررسی نشان می‌دهد مقدار اسیدیته نمونه ماست شاهد (فاقد طعم‌دهنده) در روز اول به‌طور معنی‌داری نسبت به روز چهارده کمتری است (P<۰/۰۵). به‌طورکلی در تمام مقادیر طعم‌دهنده، با گذشت زمان نگهداری، مقدار اسیدیته افزایش یافت (جدول ۱). اسیدلاکتیک محصول عمده کاتابولیز لاکتوز توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک است. با تولید تدریجی اسیدلاکتیک، میسل کازئین ناپایدار شده و به دنبال آن پروتئین‌های آب‌پنیر دناتوره می‌شوند که به دلیل حل شدن فسفات کلسیم کلوئیدی است. به‌طوری‌که با انعقاد کازئین ژل ماست تشکیل می‌شود. اسیدلاکتیک به ماست مزه خاص و معینی نظیر مزه اسیدی و ترش می‌دهد و باعث تشدید طعم‌های معطر می‌شود [۵۱].

اسیدیته ماست طی زمان نگهداری به دلیل افزایش فعالیت متابولیکی آغازگرها افزایش می‌یابد [٤٨]. نتایج به‌دست‌آمده مطابق نتایج حاصل از مطالعه سرا و همکاران (۲۰۰۹) بر ویژگی‌های فیزیکی ماست هم زده و قالبی طی نگهداری سرد با استفاده از هوموژنیزاسیون با فشار بالابود [٤٨]. آن‌ها اظهار داشتند که اسیدیته تمامی ماست‌ها طی زمان نگهداری بیست‌وهشت روزه افزایش می‌یابد. پژوهشگران دلیل این امر را افزایش اسیدیفیکاسیون بعدی باکتری‌های اسیدلاکتیک دانستند، زیرا که فعالیت آنزیمی این باکتری‌ها کاملاً متوقف نمی‌شود بلکه کاهش می‌یابد [۵۲]. بر اساس نظریه لی و لوسی (۲۰۰٤) به دلیل این‌که اسیدی شدن بر ساختار و رفتار رئولوژیکی ماست تأثیر می‌گذارد همواره باید طی تولید و نگهداری به‌طور مستقیم کنترل شود [٤٦].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

۳-۲-٤- میزان آب اندازی

نانو امولسیون طعم نعناعی استفاده شده اثر معنی‌داری بر میزان آب اندازی نمونه‌های ماست گذاشت (P<۰/۰۵). با افزایش سطح نانو امولسیون طعم نعناعی استفاده شده میزان آب اندازی کاهش یافت (جدول ۱). مشاهده می‌شود بالاترین میزان آب اندازی متعلق به نمونه‌های شاهد می‌باشد. میزان آب اندازی نمونه‌های حاوی صمغ به‌طور معناداری کاهش یافته است و این روند در روزهای اول، هفتم و چهاردهم مشهود است. از سوی دیگر با افزایش درصد صمغ میزان آب اندازی افزایش می‌یابد. همچنین بررسی آب اندازی طی دوره نگهداری چهارده‌روزه مبین کاهش میزان آب اندازی طی زمان بوده است. جدا شدن آب ماست که با ظهور مایع بر روی سطح دلمه نمایان می‌شود، یک عیب شایع در فرآورده‌های لبنی تخمیری می‌باشد. اگر شبکه دلمه‌ای آسیب ببیند و یا دستخوش نوآرایی ساختمانی گردد، جدا شدن آب ماست می‌تواند صورت گیرد. آب اندازی به‌صورت جمع شدن دلمه تعریف می‌شود که این امر با جدا شدن آب ماست همراه می‌باشد. آب اندازی خودبه‌خودی، انقباض دلمه بدون استفاده از هر نیروی خارجی است و با ناپایداری (عدم ثبات) شبکه ژلی یا دلمه در ارتباط می‌باشد. تولیدکنندگان سعی دارند تا با افزایش میزان مواد جامد کل، حرارت دهی و یا با افزودن پایدار کننده‌هایی از قبیل ژلاتین، پکتین و... از جداسازی آب ماست جلوگیری کنند [٤٤، ٤٨، ٥٣ و ٥٤].

بوئنکه و آریانا (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای که بر روی ماست‌های لیمویی غنی‌شده با اسیدفولیک انجام دادند، افزایش معنی‌داری را در میزان آب اندازی ماست‌های غنی‌شده بعد از ۵ هفته مشاهده کردند [۵۵]. درحالی‌که تمیز و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر افزودن مارمالاد گیلاس لورل بر آب اندازی ماست هم زده طی زمان نگهداری مشاهده کردند که تا روز چهاردهم نگهداری سینرسیس کاهش می‌یابد [٥٦]. این کاهش میزان سینرسیس را می‌توان به شرایط نگهداری و عمل تبخیر در سطح نسبت داد.

یکی از عوامل مؤثر بر میزان آب اندازی ماست، pH آن است. بهترین محدوده pH بین ٤/٥- ٤/٢ گزارش‌شده است و در خارج از این محدوده به دلیل ناپایدار شدن شبکه ژل در اثر افزایش رانش الکترواستاتیک بین میسل‌های کازئین، به‌ویژه در شرایطی که دمای نگهداری بالا باشد احتمال آب اندازی افزایش می‌یابد [٥١ و ٥٣]. تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان آب اندازی در پژوهش‌های مختلف متناقض است. لوسی در سال ۲۰۰۲ اعلام کرد افزودن صمغ به ماست باعث کاهش میزان آب اندازی آن طی دوره نگهداری خواهد شد [٥٤]. محققین دریافتند که با افزودن ۲ درصد مکمل پروتئینی و یا ۰/۰۱٪ هیدروکلویید می‌توان بافت ماست را بهبود داد. آنها دریافتند که صمغ گوار و زانتان می‌تواند بافت ماست را بهبود و میزان آب انداختگی را کاهش دهد افزایش ویسکوزیته ماست به دلیل افزایش ماده جامد کل و درنتیجه افزایش سفتی محصول می‌تواند درنهایت آب اندازی محصول را کاهش دهد [٥١].

۳-۲-۲- آزمون رئولوژیکی

پس از اندازه‌گیری نوسانی ویسکوزیته دینامیک مرکب در نمونه‌های ماست طعم دار شده و شاهد به‌منظور بررسی چگونگی شکل‌گیری ساختار ژل در آن‌ها، مشاهده شد که با افزایش طعم‌دهنده نقطه آغاز تشکیل ژل نیز به تأخیر می‌افتد (شکل ۷). به‌طوری‌که زمان شروع تشکیل ژل در نمونه شاهد حدود ۷۰۰۰ ثانیه می‌باشد درحالی‌که نقطه شروع تشکیل در نمونه حاوی ۱ درصد طعم‌دهنده حدود ۸۰۰۰ ثانیه می‌باشد. هرچند که با افزایش غلظت طعم‌دهنده، نقطه شروع تشکیل ژل کمتر می‌شود. انعقاد پروتئین و تشکیل ژل ماست زمانی رخ می‌دهد که pH شیر مورداستفاده در تولید ماست کاهش یابد. در غیر این صورت وجود رانش الکترواستاتیک میان میسل‌های کازئین مانع همجوشی آن‌ها می‌شود؛ زیرا میسل‌های کازئین دارای بار خالص منفی هستند. با کاهش pH از نیروی رانش میان میسل‌های کازئین کاسته می‌شود و سرانجام در pH هم‌بار میسل‌ها (٤/٦-٧/٤)، میسل‌های کازئین به هم می‌پیوندند و پدیده هم‌جوشی و درنهایت انعقاد رخ می‌دهد [۳۰، ٤٥ و ٥١]. کاهش pH و افزایش اسیدیته موجب انحلال فسفات کلسیم کلوئیدی و افزایش میزان یون کلسیم در سرم شیر می‌شود. یون‌های H مثبت جایگزین یون‌های فلزی کلسیم، منیزیم و سدیم در پل‌های نمکی میسل‌های کازئین می‌شوند [٥٧].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

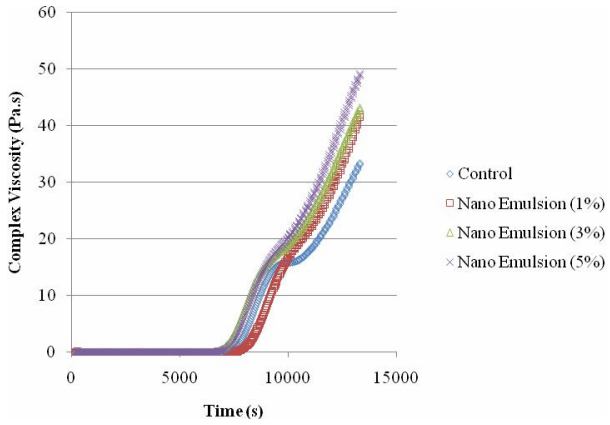

Fig 7 Change of complex viscosity (Pa.s) of yoghurt during fermentation.

نانو امولسیون طعم نعناعی استفاده شده اثر معنی‌داری بر مقدار نهایی ویسکوزیته مرکب نمونه‌های ماست گذاشت (P<۰/۰۵). با افزایش سطح نانو امولسیون طعم نعناعی استفاده شده مقدار نهایی ویسکوزیته مرکب افزایش یافت (شکل ۸). با توجه به این‌که مقدار نهایی ویسکوزیته مرکب نمونه‌های ماست طعم دار شده در پایان زمان تخمیر بالاتر از مقدار ویسکوزیته مرکب نمونه شاهد بود، لذا می‌توان گفت که ماست‌های طعم دار شده از قوام و سفتی بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار می‌باشند. افزایش سفتی نمونه‌های ماست طعم دار شده را می‌توان به افزایش مقدار صمغ در این ماست‌ها نسبت داد؛ زیرا ذرات صمغ به‌عنوان کانون‌هایی عمل می‌کنند که توسط میسل ها و زیرمیسل‌های کازئینی که به‌عنوان امولسیون کننده عمل می‌کنند، جذب می‌شوند و ازاین‌رو به گسترش و تکمیل شبکه ژل ماست کمک می‌کنند و پیوستگی شبکه و سفتی ژل را افزایش می‌دهند [٤٥ و ٥١]. قرار گرفتن ذرات صمغ میان میسل‌ها و زیر میسل‌های کازئین با کمک به همجوشی آن‌ها موجب تشکیل رشته‌های کازئینی ضخیم‌تر می‌شود [۱۲].

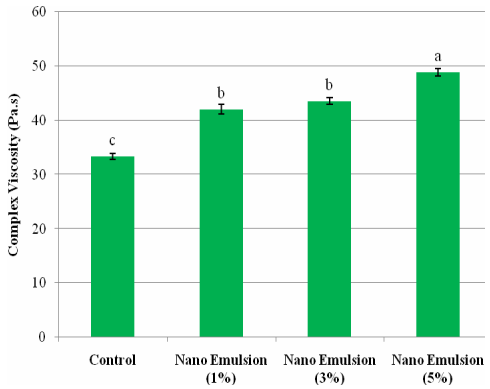

Fig 8 Influence of nano emulsion on complex viscosity (Pa.s) of yoghurt.

ویسکوزیته مرکب نشان‌دهنده جریان ویسکوالاستیک ماده است، بنابراین تا زمانی که انعقادی صورت نگرفته، مقادیر این پارامتر ثابت بوده و با شروع تشکیل ژل مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد. با پیشرفت عمل انعقاد و تشکیل شبکه ژل به‌تدریج ویسکوزیته مرکب افزایش می‌یابد که بیانگر افزایش میزان سفتی، قوام یا سختی ژل تشکیل‌شده است.

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا نانو امولسیون طعم نعناع توسط صمغ دانه ریحان با نسبت‌های مختلف صمغ و طعم‌دهنده تولید شد. با افزایش غلظت صمغ با، سطح مخصوص قطرات (SSA) کمتر شد که به معنی بزرگتر شدن اندازه ذرات است. از طرف دیگر با توجه به اینکه هر چه اسپان کمتر باشد، اندازه گویچه‌ها یکنواخت‌تر است، بنابراین حضور ۰/۳ درصد صمغ در تمام غلظت‌های عطرمایه و طی نگهداری، گویچه‌های یکنواخت‌تری را موجب شد. همچنین افزایش زیاد در D[4,3] نشان‌دهنده فلوکولاسیون بیشتر است که در نمونه‌های حاوی ۰/۳ درصد صمغ این ویژگی کمتر بود. بر اساس نتایج آزمون توزیع اندازه ذرات و پتانسیل زتا نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ و ۱۵ درصد طعم‌دهنده عطرمایه نعناع برای طعم دار کردن ماست انتخاب شد. ماست حاوی نانو امولسیون طعم نعناع توسط صمغ دانه ریحان به لحاظ فاکتورهای بااهمیت قابل‌مقایسه با سایر نمونه‌ها بود؛ بنابراین محصول مناسبی برای جایگزینی به‌جای ماست است. چراکه علاوه بر برخورداری از ویژگی‌های سلامت بخشی دارای قابلیت رقابت پذیری با ماست‌های موجود در بازار نیز می‌باشد.

٥- منابع

[1] Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E. & Vernon-Carterb, E. J. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14, 151–159.

[2] Cayot, P., Nongonierma, A., Houzé, G., Schenker, F., Seurve, A.M. and Voilley, A., 2006. Requirement for a global design to remove fat from flavoured yoghurts. *Developments in Food Science*, *43*, pp.457-460.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

[3] Damin, M. R., Alcaˆ Ntara, M. R., Nunes, A. P. & Oliveira, M. N. 2009. Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *Food Science and Technology*, 42, 1744–1750.

[4] Lorenzi, L. D., Pricl, S. & Torriano, G. 1995. Rheological Behaviour of Low-fat and Full-fat Stirred Yoghurt. *Int. Dairy Journal*, 5, 661-671.

[5] Ramchandran, L. & Shah, N. P. 2008. Effect of Addition of Versagel on Microbial, Chemical, and Physical Properties of Low-Fat Yogurt. *Journal of Food Science*, 73, 360-367.

[6] Yazici, F. & Akgun, A. 2004. Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering*, 62, 245–254.

[7] Bostan, A., Razavi, S. M. A. & Farhoosh, R. 2010. Optimization of hydrocolloid extraction from wild sage seed (salvia macrosiphon) using response surface. *International Journal of Food Properties*, 13, 1380–1392.

[8] Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A. & Mortazavi, S. A. 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from Ocimum basilicum L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 101, 236–243.

[9] Razavi, S. M. A., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., Motamedzadegan, A. & Khanipour, E. 2009. Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (Ocimum basilicum L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1755–1762.

[10] Razmkhah sharabiani, S., Razavi, S., Behzad, K., & Mazaheri Tehrani, M. 2010. The Effect of Pectin, Sage Seed Gum and Basil Seed Gum on Physicochemical and Sensory Characteristics of Non Fat Concentrated Yoghurt. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 6*(1). 33-45.

[11] Razavi, S. M. A., Taheri, H. & Quinchia, L. A. 2011. Steady shear flow properties of wild sage (Salvia macrosiphon) seed gum as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 25, 451-458.

[12] Mortazavian, A. M. & Sohrabvandi, S. 2004. A review on sensory properties of yoghurt. Ata. 245.

[13] Tabari, M.A., RezaYoussefi, M., Ghasemi, F., Tabari, R.G., Esmaili, R.H. and Behzadi, M.Y., 2012. Comparison of antibacterial effects of Eucalyptus essence, mint essence and combination of them on Staphylococcus aureus and Escherichia coli isolates. *World Applied Sciences Journal*, *16*(10), pp.1473-7.

[14] Wang, L., Li, X., Zhang, G., Dong, J. and Eastoe, J., 2007. Oil-in-water nanoemulsions for pesticide formulations. *Journal of colloid and interface science*, *314*(1), pp.230-235.

[15] Sonneville-Aubrun, O., Simonnet, J.T. and L'alloret, F., 2004. Nanoemulsions: a new vehicle for skincare products. *Advances in colloid and interface science*, *108*, pp.145-149.

[16] Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S., 2006. Flavour encapsulation and controlled release–a review. *International journal of food science & technology*, *41*(1), pp.1-21.

[17] Mirhosseini, H., Salmah, Y., Nazimah, S.A.H. and Tan, C.P., 2007. Solid-phase microextraction for headspace analysis of key volatile compounds in orange beverage emulsion. *Food Chemistry*, *105*(4), pp.1659-1670.

[18] Dziezak, J.D., 1988. Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technology*, *42*(4), p.136.

[19] Jackson, L.S. and Lee, K., 1991. Microencapsulation and the food industry. *Lebensm. Wiss. Technol*, *24*(4), pp.289-297.

[20] Shahidi, F. and Han, X.Q., 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, *33*(6), pp.501-547.

[21] Razavi, S. M. A., Mohammadi Moghaddam, T. and Mohammad Amini, A. 2008. Physico-mechanic and chemical properties of Balangu seed. *International Journal of Food Engineering*, 4: 1–12.

[22] Hosseini-Parvar, S.H. 2009. Basil seed gum (BSG): Physico-Chemical, Rheological and Emulsifying Characterization and Its Synergistic Interactions in Combination with Locust Bean Gum and Guar Gum, PH.D thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

[23] Rao, J. and McClements, D.J., 2011. Formation of flavor oil microemulsions, nanoemulsions and emulsions: influence of composition and preparation method. *Journal of agricultural and food chemistry*, *59*(9), pp.5026-5035.

[24] Ralph, E. 1992. The technology of dairy products. Glasgow, Blackie, New York, VCH Publishers.

[25] Iranian national standard. 1376. Milk and milk product – Determination of titrable acidity and value pH- Test method, No. 2852, the first revision.

[26] Yousef, A. E. & Rusli, M. 1995. Modification of starter culture for production of calcium fortified yoghurt. *The Ohio State University. Columbus. OH.* 30(4)

[27] Fiszman, S., Lluch, M. & Salvador, A. 1999. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal,* 9**,** 895-901.

[28] Bhullar, Y., Uddin, M. & Shah, N. 2002. Effects of ingredients supplementation on textural characteristics and microstructure of yoghurt. *Milchwissenschaft,* 57**,** 329-332.

[29] Kucukcetin, A. 2008. Effect of heat treatment and casein to whey protein ratio of skim milk on graininess and roughness of stirred yoghurt. *Food research international,* 41**,** 165-171.

[30] Haque, A., Richardson, R. & Morris, E. 2001. Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocolloids,* 15**,** 593-602.

[31] Montgomery, D. C. 2008. *Design and analysis of experiments*, John Wiley & Sons.

[32] McClements DJ. 2005. Food emulsions: Principles, Practice, and Techniques. 2ndEdition. Boca Raton: CRC Press.

[33] Sun, C., Gunasekaran, S. and Richards, M.P. 2007. Effec of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsion. *Food Hydrocolloids*, 21: 555–564

[34] Anton M., Beaumal V., Brossard C., Llamas G. and le Denmat M., 2002, Droplet flocculation and pHysicalstability of oil-in-water emulsions prepared with hen egg yolk, Food emulsions and dispersions, Ed.Anton M., Research Signpost, Kerala.

[35] Tadros, Tharwat, P. Izquierdo, J. Esquena, C. Solans. 2004. Formation and stability of Nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science,* 108 –109: 303–318

[36] Huang, X., Kakuda, Y., & Cui, W. 2001. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloids*, 15, 533-542.

[37] Hebishy E, Martin B, Buenaventura Guamis, Antonio-José Trujillo, 2013. Stability of Sub-Micron Oil-in-Water Emulsions Produced by Ultra High Pressure Homogenization and Sodium Caseinate as Emulsifier. *Chemical Engineering Transactions*.32, 1813-1818.

[38] Cruz N., Capellas M.M., Hernández M., Trujillo A.J., Guamis B. and Ferragut V., 2007, Ultra high pressurehomogenization of soymilk: microbial, pHysicochemical and microstructural characteristics, *Food Research International*, 40, 725-732.

[39] Pereda J., Ferragut V., Quevedo J.M., Guamis B. and Trujillo A.J., 2007, Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and pHysicochemical shelf life of milk, *Journal of Dairy Science*, 90, 1081-1093.

[40] Jafari, S. M., He, Y., & Bhandari, B. 2007. Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. *Journal of Food Engineering*, 82, 478–488.

[41] Lewis, J. A., 2000. Colloidal Processing of Ceramics", *J. Am. Ceram. Soc*., 83 [10] 2341–59.

[42] Klein, Miri, Abraham Aserin, Paul Ben Ishai, Nissim Garti. 2010. Interactions between whey protein isolate and gum Arabic. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79: 377–383.

[43] Ekasit Onsaard, Manee Vittayanont, Sukoncheun Srigam,§ And D. Julian Mcclements. 2005. Properties and Stability of Oil-in-Water Emulsions Stabilized byCoconut Skim Milk Proteins., Affairs and a Grant-in-Aid for Dissertation from the Graduate School, Prince of Songkla University, Thailand. JF050312R.

[44] Lee, W. & Lucey, J. 2010. Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Aust. Journal of Animal Science,* 23**,** 1127-1136.

[45] Walstra, P., Walstra, P., Wouters, J.T. and Geurts, T.J., 2005. *Dairy science and technology*. CRC press.

[46] Lee, W. & Lucey, J. 2004. Structure and physical properties of yogurt gels: Effect of inoculation rate and incubation temperature. *Journal of dairy science,* 87**,** 3153-3164.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

[47] Kücükcetin, A. 2008. Influence of different incubation temperatures on graininess and roughness of stirred yoghurt. *Journal of Food Physics*, 54-58.

[48] Serra, M., Trujillo, A., Guamis, B. & Ferragut, V. 2009. Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food hydrocolloids,* 23**,** 82-91.

[49] Sahan, N.,Yasar, K., Hayaloglu, A. A. 2008. Physical, chemical and flavor quality of non-fat yogurt as affected by b-glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*. 22: 1291-1297.

[50] Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., J. Rahimi. 2008. Whey Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. *J. Dairy Sci*, 91: 2545-2552.

[51] Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. 1999. Yogurt science and Technology. Woodheed Publishing Ltd and CRC Press Uc.

[52] Rasic, J. L. & Kurmann, J. A. 1978. Yoghurt. Scientific grounds, technology, manufacture and preparations. *Yoghurt. Scientific grounds, technology, manufacture and preparations*.

[53] Lucey, J. A. 2001. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocolloids*. 15: 603-608.

[54] Lucey, J. A. 2002. Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*. 85: 281-294.

[55] Boeneke, C. & Aryana, K. 2008. Effect of folic acid fortification on the characteristics of lemon yogurt. *LWT-Food Science and Technology,* 41**,** 1335-1343.

[56] Temiz, H., Tarakįı, Z. & Islam, A. 2014. Effect of cherry laurel marmalade on physicochemical and sensorial characteristics of the stirred yogurt during storage time. *stress,* 5**,** 7.

[57] Bringe, N. A. & Kinsella, J. E. 1991. Effects of cations and anions on the rate of the acidic coagulation of casein micelles: the possible roles of different forces. *Journal of dairy research,* 58**,** 195-209.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]

The effect of Nano-emulsion mint essence produced with *Ocimum Basilicom* Gum on characteristics of low-fat stirred yogurt

Yazdinezhad, M. [1], Ghorbani Hasan-Saraei, A. [2*], Shahram Naghizadeh Raeisi[2]

1. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
2. Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

(Received: 2018/01/22 Accepted:2018/04/11)

Nanoemulsions fabricated from food-grade ingredients are being increasingly utilized in the food industry to encapsulate, protect, and deliver lipophilic functional components, such as biologically-active lipids (e.g., ω-3 fatty acids, conjugated linoleic acid) and oil-soluble flavors, vitamins, preservatives, and nutraceuticals. The aim of the present study was to determine the effect of Nano-emulsion mint essence produced with *Ocimum Basilicom* Gum on textural and chemical properties of stirred yogurt. In this research yoghurt prepared by addition of Nano-emulsion mint essence produced with *Ocimum Basilicom* Gum at four levels (0, 1, 3 & 5%). Structural and physicochemical characteristics were carried out after 1, 7 and 14 days storage at 4-5 °C. Experiments were carried out in three replicates and a completely randomized factorial design was used for statistical analysis. Viscosity and physicochemical measurements (incubation time, acidity, synersis and complex viscosity) showed that Nano-emulsion mint essence make significant differences ($P<0.05$) in most characteristics that means Nano-emulsion mint essence can be used in yoghurt. Based on the obtained results it seems that enrichment of yoghurt by Nano-emulsion mint essence can be easily done without changes in rheological and physicochemical properties.

Keywords: Nano-emulsion, Yoghurt, Basil seed gum, Mint essence.

* Corresponding Author E-Mail Address: azade380@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-06]