

تولید نانو کپسول های اسانس روغنی زیره با استفاده از سورفاکتانت های غیر یونی

صدیقه امیری^{1*}، محسن رادی¹

1- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یاسوج، گروه علوم و صنایع غذایی، یاسوج، ایران

تاریخ پذیرش: 1392/9/29

تاریخ دریافت: 1391/11/23

چکیده

هدف از این مطالعه، تولید نانو کپسول های اسانس روغنی زیره سبز از طریق تکنیک میکروامولسیون برای پایدارسازی اسانس روغنی بود. میکروامولسیون اسانس روغنی با سورفاکتانت های توئین 20، 60 و 80 و کوسورفاکتانت های اتانل، پروپانل و بوتانل با نسبت 1:1 سورفاکتانت: کوسورفاکتانت مورد مطالعه قرار گرفت و نمودار فازي آن ها رسم گردید. نوع سورفاکتانت و کوسورفاکتانت بر منطقه تک فازي میکروامولسیون موثر بود. آزمایشات نشان دادند که نسبت 2:1 توئین 80 به پروپانل، وسیع ترین منطقه تک فازي را از بین نسبت های 1:1، 1:2 و 2:1 تشکیل می دهد. اندازه گیری ابعاد ذرات با استفاده از تکنیک پراکنش نوری نشان داد که متوسط اندازه ذرات کپسول های اسانس روغنی زیره در میکروامولسیون حاوی یک 1٪ روغن زیر 20 نانومتر بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که آزادسازی اسانس از این سامانه ها سریع تر از اسانس آزاد بود. به این ترتیب این سامانه ها پتانسیل خوبی برای حمل مواد دارویی که با مشکل جذب و یا آزادسازی کند مواجه هستند، دارا هستند.

واژه های کلیدی: میکروامولسیون، اسانس روغنی زیره، نانو کپسول

1- مقدمه

نسبت‌های مختلف استفاده شد (5). Zhong و همکاران (2009) تشکیل و خصوصیات سامانه میکرومولسیون تشکیل شده از اسانس روغنی نعناع را مورد بررسی قرار دادند. هدف آن‌ها یافتن یک سامانه میکرومولسیون مناسب برای آزاد سازی کنترل شده، پیوسته و طولانی مدت روغن نعناع بود (12). امیری و همکاران (2013) یک سامانه میکرومولسیون با استفاده از اسانس پوست پرتقال تولید کردند و اثر حفاظتی کپسول‌های تولید شده بر اسانس را در مقابل اشعه ماوراءبنفش بررسی کردند (2). هدف از این مطالعه، تولید نانو کپسول‌های اسانس روغنی زیره سبز جهت پایداری اسانس روغنی و محلول‌سازی آن در سیستم‌های آبی با استفاده از تکنیک میکرومولسیون است. در زمینه کپسوله کردن اسانس‌های روغنی با استفاده از سامانه‌های میکرومولسیون تحقیقات بسیاری انجام نشده است. کپسوله کردن اسانس‌های روغنی، نه تنها می‌تواند بر پایداری ترکیبات طعمی در ضمن فراوری و نگهداری در ماده غذایی تاثیر مثبت بگذارد، بلکه می‌تواند به استفاده از این ترکیبات در محیط‌های غذایی که با ترکیبات طعمی هم جنس نیستند کمک کند.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد لازم

اسانس روغنی زیره سبز از شرکت گیاه اسانس (گرگان) تهیه شد. توئین 20، توئین 60، توئین 80، پروپانل، اتانل و بوتانل از شرکت مرک خریداری شدند.

2-2- کروماتوگرافی گازی-طیف نگاری جرمی (GC-MS)

از آنالیز GC-MS برای تشخیص ترکیبات ساختاری اسانس روغنی زیره سبز استفاده گردید. نوع دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده (Hewlett Packard 6890) مجهز به ستون کاپیلاری (HP-5MS)، به طول 30 متر، قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت لایه 0/25 میکرومتر) و طیف‌نگار جرمی (Hewlett Packard 5973, USA) بود. برنامه دمایی ستون به صورت زیر تنظیم گردید: حجم تزریق 1 میکرولیتر، دمای تزریق 250 °C، دمای ابتدایی آون 60 °C برای مدت زمان 3 دقیقه بعد از تزریق، دمای انتهایی 230 °C و گرادیان حرارتی آون 7 °C در هر دقیقه و توقف در این دما به

میکرومولسیون‌ها سیستم‌هایی متشکل از آب، روغن و یک ماده آمفیفیلیک هستند که تک فاز، ایزوتروپیک و از نظر ترمودینامیکی پایدار می‌باشند (9). میکرومولسیون‌ها حاوی ذراتی با قطر 10-100 میکرومتر بوده و از نظر ظاهری شفاف و شبیه محلول‌ها می‌باشند. همچنین این سیستم‌ها بسیار پویا بوده و به علت قطر کم دارای سطح زیادی هستند و در نتیجه جهت تشکیل شدن و پایداری در مقایسه با امولسیون‌های معمول، نیاز به مقادیر بیشتری از مواد فعال سطحی دارند. این سیستم‌ها از نظر ترمودینامیکی پایدار بوده و با صرف مقادیر بسیار اندک انرژی مکانیکی و حتی بطور خود به خود تشکیل می‌شوند (4). همچنین شکل ذرات در میکرومولسیون‌ها بر خلاف امولسیون‌ها الزاماً کروی نیست و ممکن است اشکال با نسبت سطح به حجم بیشتر نیز تشکیل گردند (7). این خصوصیات باعث گردیده است که میکرومولسیون‌ها در مقایسه با امولسیون‌ها (که به خودی خود تشکیل نمی‌شوند و برای شکل‌گیری آن‌ها یعنی برای پراکنده کردن یک فاز در فاز دیگر نیاز به مصرف مقدار زیادی انرژی است، دارای ظاهری کدر می‌باشند و در طول زمان ناپایدارند (7) بسیار مورد توجه قرار گیرند و به تدریج پتانسیل استفاده در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی و داروسازی را پیدا کنند. از توانایی‌های بالقوه میکرومولسیون‌ها، امکان استفاده از آن‌ها در حمل داروها و پایداری مواد عطر و طعمی، ویتامین‌ها و ... است (3)، که در چند سال اخیر توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. Zhong و Zhang (2010) از سیستم میکرومولسیون به عنوان نانوراکتور برای تولید نانوذرات پروتئین‌های آب‌پنیر با مقاومت حرارتی بالا استفاده کردند. در این تحقیق از یک سیستم میکرومولسیون شامل لیمونن به عنوان فاز روغنی، ا-بوتانل به عنوان کمک سورفاکتانت و توئین 60 به عنوان سورفاکتانت استفاده شد (12). Garti و همکارانش (2004) از سامانه‌های میکرومولسیون برای انحلال لیکوپین و لیمونن و همچنین محافظت از آن‌ها در برابر نور استفاده کردند. Feng و همکاران (2009) خواص سامانه میکرومولسیون حاوی ویتامین را بررسی کردند. برای این منظور، از فاز روغنی شامل ویتامین E و یک ماده روغنی دیگر (اتیل بوتیرات، اتیل اولئات، اتیل کاپریلات و اکتان) به همراه مخلوط سورفاکتانت و کمک سورفاکتانت (اتانل و CrEL) با

(5.02 version, DTS) از طریق نرم افزار (polydispesity) Malvern Instrument Ltd., UK محاسبه شد (12).

2-6- سرعت آزادسازی اسانس روغنی زیره سبز از میکروامولسیون

پروفیل آزادسازی اسانس روغنی زیره سبز از طریق اسپکتروفوتومتر UV-Vis اندازه‌گیری شد، به این ترتیب که کیسه‌های دیالیز (با مرز عبور 14 کیلودالتون) حاوی 10 گرم میکروامولسیون (که حاوی نانوکپسول‌های اسانس بود) در محیطی حاوی 20 گرم پروپانل قرار گرفت. در فاصله‌های زمانی مشخص، 2 میلی‌لیتر از پروپانل برداشته شد و جذب آن در 317 نانومتر خوانده شد. یک کیسه دیالیز حاوی اسانس به عنوان نمونه کنترل در نظر گرفته شد. جذب بیشتر حلال، نشان‌دهنده عبور بیشتر اسانس از محیط داخل به بیرون کیسه است.

2-7- پایداری فیزیکی

یک فرمولاسیون از منطقه میکروامولسیونی اسانس روغنی زیره سبز در ترکیب با آب و توئین 80- پروپانل انتخاب گردید و پایداری فیزیکی آن بررسی شد. برای این منظور پایداری انجماد-رفع انجماد اندازه‌گیری شد به این ترتیب که ابتدا نمونه‌ها برای مدت 24 ساعت در دمای 5°C منجمد شدند و سپس 24 ساعت در دمای محیط قرار گرفتند. بعد از آن نمونه از لحاظ ظاهری (جداسازی فاز و یا تشکیل رسوب) بررسی گردید (6).

3- نتایج و بحث

3-1- ترکیب شیمیایی اسانس روغنی زیره سبز

آنالیز شیمیایی اسانس روغنی زیره سبز با استفاده از تکنیک GC-MS انجام گرفت. هر پیک مجزا در کروماتوگرام GC نمایانگر یک ترکیب ساختاری در اسانس بود. 10 پیک به طور مشخص شناسایی شدند. بیشترین ترکیب در اسانس روغنی زیره سبز مربوط به کومین آلدهید بود. ترکیبات ساختاری و میزان آن‌ها در جدول 1 نشان داده شده است. اسانس روغنی زیره سبز مخلوط پیچیده‌ای از ترکیبات ترپنی p-سیمن، α و β -پینن و ... است. این ترکیبات با ترکیبات ارائه شده در گزارشات قبلی مطابقت دارد (1).

مدت 3 دقیقه بود. از گاز هلیوم به عنوان حامل با سرعت 1 ml/min استفاده گردید. ولتاژ یونیزاسیون طیف‌نگار جرمی مورد استفاده 70 الکترون ولت بود.

2-3- تشکیل میکروامولسیون

میکروامولسیون اسانس روغنی زیره سبز با استفاده از توئین 20، توئین 60 و توئین 80 به عنوان سورفاکتانت و اتانل، پروپانل و بوتانل به عنوان کوسورفاکتانت تهیه گردید. برای این منظور، رقیق‌سازی نمونه‌های حاوی اسانس روغنی، سورفاکتانت-کوسورفاکتانت، با استفاده از آب مقطر دوبار تقطیر و یا نمونه‌های حاوی آب، سورفاکتانت-سورفاکتانت با استفاده از اسانس روغنی صورت گرفت. نسبت سورفاکتانت-کوسورفاکتانت 1:1 انتخاب گردید. رقیق‌سازی نمونه‌ها ادامه یافت تا ظاهر آن‌ها از حالت شفاف به حالت کدر تغییر یافت. مناطق میکروامولسیونی با استفاده از ظاهر شفاف نمونه‌ها تشخیص داده شدند (12).

2-4- رسم دیاگرام فازی

با استفاده از داده‌های به دست آمده از مقدار سورفاکتانت، کوسورفاکتانت، آب و اسانس روغنی در مرحله قبل دیاگرام فازی رسم گردید تا مشخصات نقاطی که در آن‌ها سامانه‌هایی تک فاز و شفاف شکل می‌گیرند، مشخص شوند. سپس، از بین سورفاکتانت-کوسورفاکتانت‌های مورد آزمایش، ترکیب سورفاکتانت-کوسورفاکتانتی که بیشترین منطقه میکروامولسیونی را تشکیل داد، انتخاب گردید و توانایی آن در ترکیب با آب و اسانس روغنی زیره سبز برای تشکیل میکروامولسیون با نسبت سورفاکتانت-کوسورفاکتانت 1:2 و 2:1 ارزیابی گردید (12).

2-5- اندازه‌گیری ابعاد ذرات میکروامولسیون با استفاده از تکنیک پراکنش دینامیک نوری (Dynamic Light Scattering)

برای تعیین توزیع اندازه ذرات از تکنیک پراکنش دینامیک نوری (Zetasizer, Nano ZS, 4mW He-Ne Laser, Malvern Instrument Ltd., UK) در دمای محیط و در طول موج 633 نانومتر (detection angles 70 and 90°, dynamic viscosity of sample 8.76 mPa.s) استفاده گردید. اندازه هیدرودینامیک ذرات، توزیع اندازه ذرات و شاخص توزیع ذرات

2-3- تاثیر سورفاکتانت و کوسورفاکتانت بر شکل گیری

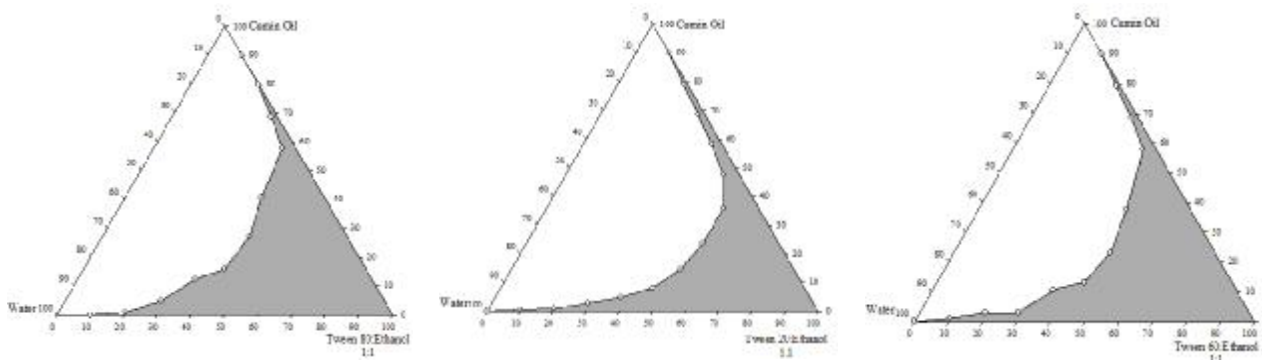
میکروامولسیون

نمودار سه فازی اسانس روغنی زیره- سورفاکتانت- کوسورفاکتانت و آب در شکل های 1، 2 و 3 نشان داده شده است. مناطق تک فاز و شفاف به عنوان میکروامولسیون اسانس روغنی زیره در نظر گرفته شدند. همان طوریکه در شکل های 1، 2 و 3 نشان داده شده است، توانایی توئین 60 و 80 در غالب موارد بیشتر از توئین 20 در تشکیل میکروامولسیون بوده است ($p < 0.05$). مقایسه شکل های 1، 2 و 3 نشان می دهد که نوع کوسورفاکتانت به طور معنی داری در شکل گیری میکروامولسیون اسانس روغنی زیره و وسعت منطقه میکروامولسیون موثر است به گونه ای که پروپانل و اتانل کوسورفاکتانت های موثرتری در تشکیل میکروامولسیون اسانس روغنی زیره به دلیل تشکیل منطقه وسیع تر میکروامولسیونی تشخیص داده شدند (جدول 2). همچنین منطقه میکروامولسیونی به طور معنی داری در حضور بوتانل به عنوان کوسورفاکتانت در ترکیب با همه سورفاکتانت های مورد استفاده کاهش یافت. در مجموع ترکیب توئین 60 و یا توئین 80 با پروپانل، آب و اسانس روغنی زیره و یا اتانل، آب و اسانس روغنی زیره ترکیب های مناسبی برای تشکیل میکروامولسیون اسانس روغنی زیره محسوب می شوند چراکه منطقه میکروامولسیونی مناسبی را تشکیل می دهند. همه

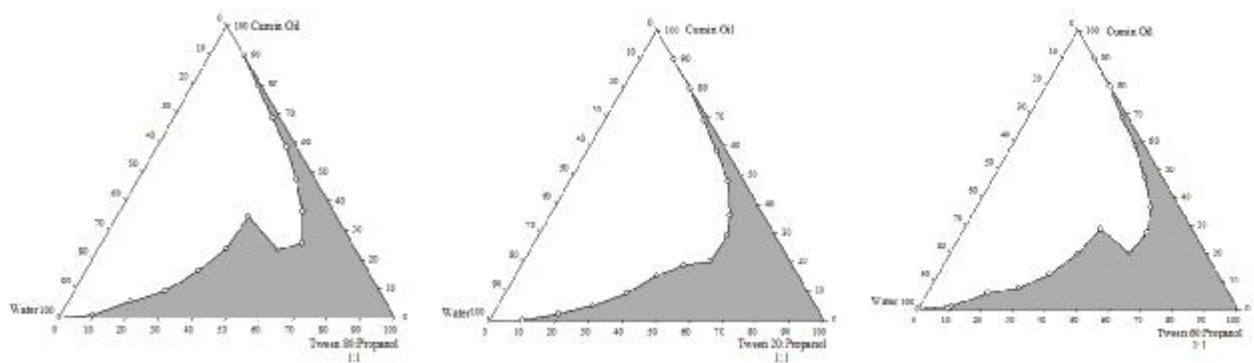
سورفاکتانت ها و کوسورفاکتانت های مورد استفاده توانستند در ترکیب با آب و اسانس روغنی زیره میکروامولسیون تشکیل دهند. در حقیقت ماهیت آمفیفیلیک سورفاکتانت های مورد استفاده باعث می گردد که بتوانند به گونه ای مرتب شوند که یک لایه بین سطحی بین فاز آبی و روغنی که غیر قابل امتزاج هستند، تشکیل دهند. سامانه های میکروامولسیونی سامانه های پیچیده ای هستند و اتفاقاتی که در مورد نحوه تشکیل آن رخ می دهد به تعامل بین اجزای تشکیل دهنده آن ها برمی گردد. اثر این تعامل بر چینش لایه سورفاکتانتی و کاهش کشش بین سطحی در فرمولاسیون انتخاب شده برمی گردد. Fanun (2009) گزارش کرد که در عدم حضور سورفاکتانت کشش بین سطحی آب و روغن معمولاً بین $30-50 \text{ mNm}^{-1}$ قرار می گیرد (4)، اما به عقیده Stubenreich (2009) جذب سورفاکتانت ها در لایه بین سطحی آب/روغن و افزایش غلظت سورفاکتانت باعث کاهش کشش بین سطحی به مقداری کم بین چند میلی نیوتن بر متر تا مقداری بسیار پایین ($10^3-10^4 \text{ mNm}^{-1}$) می شود (11). کوسورفاکتانت های مورد استفاده ملکول هایی بودند که به طور ضعیف خاصیت آمفیفیلیک داشتند و به همین دلیل به خاصیت آمفیفیلیک سورفاکتانت کمک می کردند تا کشش بین سطحی دو فاز غیر قابل امتزاج کاهش یابد (4).

جدول 1- ترکیبات ساختاری شناسایی شده در اسانس روغنی زیره سبز و درصد سطح زیر پیک آن ها

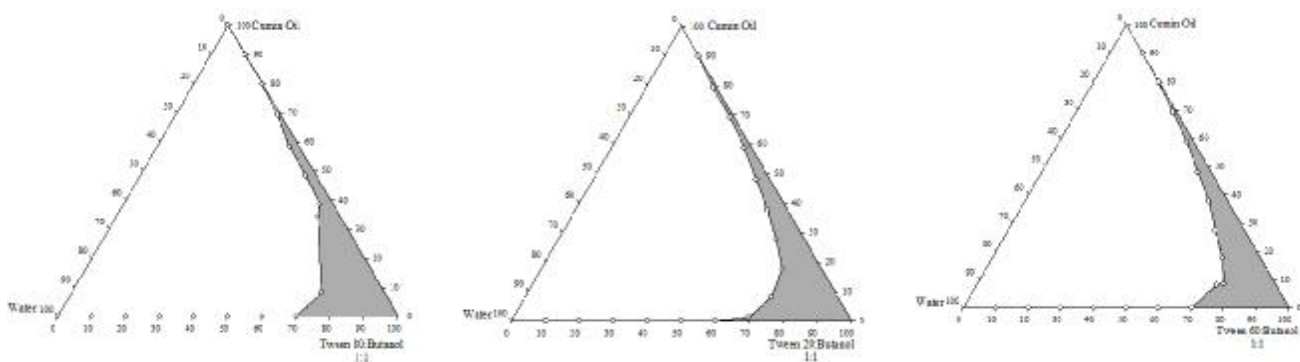
ترکیب	سطح نسبی زیر پیک (%)	زمان بازداری (دقیقه)	ترکیب	سطح نسبی زیر پیک (%)	زمان بازداری (دقیقه)
α -پینن	1/81	4/04	ترپینن	2/50	11/75
سبینن	0/85	5/71	کومین آلدهید	44/00	16/33
β -پینن	3/01	6/30	تیمول	2/10	17/50
میرسن	0/10	9/50	β -فارنسیسین	0/86	22/21
α -ترپینن	4/56	10/66	میزان کل ترکیبات (%)	60/99	
سیمن	1/20	10/98			



شکل 1- نمودار سه فازی میکرومولسیون اسانس روغنی زیره سبز/سورفاکتانت- اتانل و آب با نسبت سورفاکتانت- کوسورفاکتانت 1:1 در 25 درجه سانتی‌گراد. همه نسبت‌ها وزنی هستند.



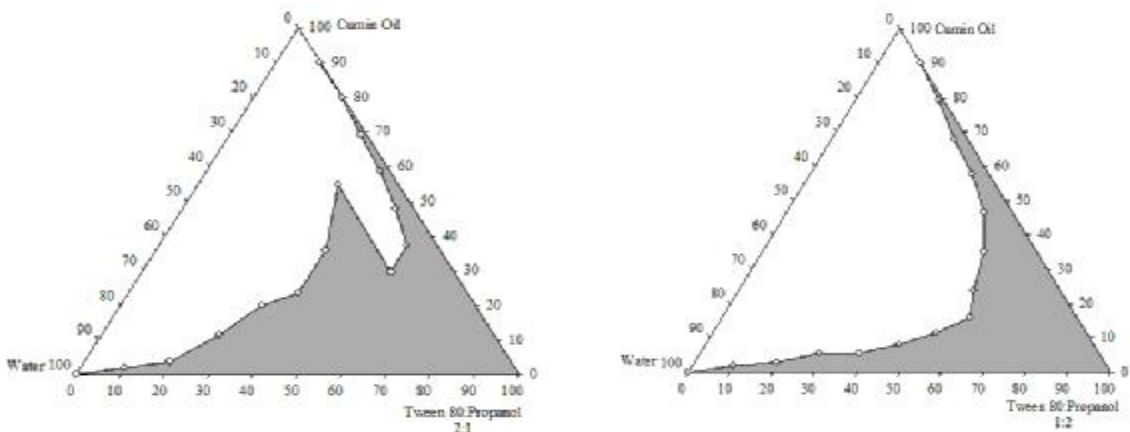
شکل 2- نمودار سه فازی میکرومولسیون اسانس روغنی زیره سبز/سورفاکتانت- پروپانل و آب با نسبت سورفاکتانت- کوسورفاکتانت 1:1 در 25 درجه سانتی‌گراد. همه نسبت‌ها وزنی هستند.



شکل 3- نمودار سه فازی میکرومولسیون اسانس روغنی زیره سبز/سورفاکتانت- بوتانل و آب با نسبت سورفاکتانت- کوسورفاکتانت 1:1 در 25 درجه سانتی‌گراد. همه نسبت‌ها وزنی هستند.

جدول 2- اثر نوع سورفاکتانت - کوسورفاکتانت بر منطقه میکرومولسیون اسانس روغنی زیره سبز/سورفاکتانت - کوسورفاکتانت و آب در 25 درجه سانتی گراد.

منطقه میکرومولسیون (%)	نسبت سورفاکتانت - کوسورفاکتانت	نوع سورفاکتانت - کوسورفاکتانت
29/77	1:1	توئین 20: پروپانل
33/90	1:1	توئین 60: پروپانل
38/48	1:1	توئین 80: پروپانل
27/82	1:1	توئین 20: اتانل
36/82	1:1	توئین 60: اتانل
37/04	1:1	توئین 80: اتانل
12/21	1:1	توئین 20: بوتانل
11/60	1:1	توئین 60: بوتانل
12/16	1:1	توئین 80: بوتانل



شکل 4- نمودارهای فازی اسانس روغنی زیره سبز/ توئین 80- پروپانل و آب با نسبت توئین 80- پروپانل 2:1 و 2:1 در دمای محیط. همه نسبت‌ها وزنی می‌باشد.

سورفاکتانت-کوسورفاکتانت بهترین منطقه میکرومولسیون به دست آمد.

3-3- اندازه گیری ابعاد ذرات میکرومولسیون با استفاده از تکنیک پراکنش دینامیک نوری

نتایج حاصل از اندازه گیری توزیع ذرات میکرومولسیون اسانس روغنی/توئین 80- پروپانل (2:1)/آب نشان داد که دیسپرسیون تهیه شده دارای ذراتی با توزیع اندازه ذرات پایین بود. ظهور هر پیک معمولاً نشان دهنده ذراتی کروی با توزیع اندازه‌ای وسیع و یا باریک است. بر این اساس در میکرومولسیون توئین 80: پروپانل، اسانس روغنی زیره و آب دو پیک ظاهر شد (شکل 5) که نشان دهنده وجود دو قطر هیدرودینامیک در

برای بررسی تاثیر نسبت سورفاکتانت - کوسورفاکتانت سیستم توئین 80- پروپانل انتخاب گردید و نسبت‌های 1:2 و 2:1 سورفاکتانت:کوسورفاکتانت مورد بررسی قرار گرفت و با نسبت 1:1 مقایسه گردید. نتایج در شکل 4 نشان داده شده است. منطقه تک‌فازی میکرومولسیون با افزایش میزان سورفاکتانت افزایش و با کاهش میزان کوسورفاکتانت کاهش یافت. به این ترتیب، سورفاکتانت-کوسورفاکتانت با نسبت 2:1 بیشترین منطقه میکرومولسینی را تشکیل داد. در نتایج به دست آمده توسط Zhong و همکاران (2009) که سیستم اسانس نعناع، اتانل، آب و AOT (سدیم بیس (2-اتیل هگزیل) سولفوکسینات) و کرموفور EL (CrEL) را مورد مطالعه قرار دادند، در نسبت 1:1

اسانس از میکروامولسیون بیشتر از نمونه کنترل در طول آزمایش بود. با وجود این که آزادسازی اسانس در نمونه‌های میکروامولسیون و کنترل در طول زمان کاهش یافت، اما در تمام مراحل اندازه گیری در نمونه‌های میکروامولسیون بیشتر بود ($P < 0/05$). سرعت آزادسازی بیشتر اسانس از نانوکپسول‌های موجود در نمونه‌های میکروامولسیون، سامانه‌های میکروامولسیونی را گزینه مناسبی برای پوشش‌دهی ترکیبات مختلف خصوصاً ترکیبات دارویی که نیاز به آزادسازی سریع دارند، می‌کند.

3-5- پایداری فیزیکی

یک نقطه از منطقه میکروامولسیون توئین 80- پروپانل (2:1) در ترکیب با آب و اسانس روغنی زیره انتخاب شد و پایداری فیزیکی آن بررسی گردید. نتایج حاصل از آزمون پایداری فیزیکی نشان داد که فرمولاسیون انتخابی از میکروامولسیون با وجود آن که در دمای 5- درجه سانتی‌گراد منجمد شد و به شکل کدر درآمد، بعد از رفع انجماد به شکل اولیه برگشت، به گونه‌ای که هیچ تشکیل رسوب و یا دو فازشدگی در سامانه ساخته شده مشاهده نگردید.

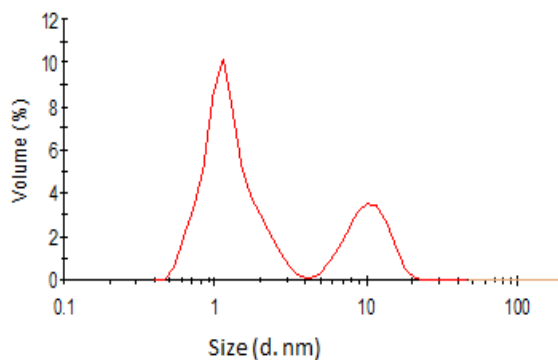
4- نتیجه گیری

سورفاکتانت‌های توئین 20، 60 و 80 می‌توانند در ترکیب با اسانس روغنی زیره، آب و کوسورفاکتانت‌های اتانل، پروپانل و بوتانل میکروامولسیون تشکیل دهند. بیشترین منطقه میکروامولسیون توسط سورفاکتانت‌های توئین 60 و 80 و کوسورفاکتانت‌های پروپانل و اتانل ساخته شد. آزمایشات نشان دادند که نسبت سورفاکتانت: کوسورفاکتانت نیز بر سطح منطقه میکروامولسیونی موثر است به گونه‌ای که نسبت 2:1 توئین 80: پروپانل موثرتر از نسبت‌های 1:1 و 1:2 بود. سامانه‌های میکروامولسیونی حامل‌های بسیار خوبی برای نانوکپسول‌های اسانس روغنی زیره بودند و آزادسازی اسانس از این سامانه‌ها موثرتر از اسانس آزاد بود.

5- سپاس‌گزاری

این اثر علمی از طرح پژوهشی اجرا شده از محل بودجه دانشگاه آزاد اسلامی- واحد یاسوج استخراج گردیده است. بدینوسیله

میکروامولسیون است، در حالی که تمام ذرات دارای اندازه‌ای زیر 20 نانومتر بودند. پیک‌ها نسبتاً باریک بودند که نشان‌دهنده توزیع کم اندازه ذرات است. شاخص توزیع ذرات (Poly dispersity Index) پایین و حدود 0/455 بود که نشان‌دهنده همگن بودن محیط میکروامولسیون بود. تشکیل میکروامولسیون‌ها از لحاظ ترمودینامیکی به‌طور خودبه‌خودی اتفاق می‌افتد، به این معنی که سامانه تا حد امکان تمایل به پراکنده کردن فاز روغنی در فاز آبی دارد و این امر تحت تاثیر عواملی مثل غلظت سورفاکتانت قرار می‌گیرد. با توجه به این قضیه می‌توان چنین برداشت کرد که پیک با اندازه حدود یک نانومتر نشان‌دهنده ملکول‌های پراکنده شده اسانس روغنی در بین لایه‌های سورفاکتانتی است که این امر در اثر غلظت اضافی سورفاکتانت به وجود آمده است (8). پیک دوم که با اندازه بزرگ‌تر است، نشان‌دهنده تجمعات ملکولی و تشکیل میسل و یا همان نانوکپسول‌های اسانس روغنی در فاز آبی می‌باشد. اندازه بسیار کوچک ذرات که در این تحقیق به دست آمد به مقدار زیاد سورفاکتانت استفاده شده در مقایسه با اسانس روغنی مربوط می‌شود (4). نتایج این بررسی با نتایج به دست آمده از سوی Polizelli و همکاران (2009) مطابقت داشت.



شکل 5- منحنی DLS میکروامولسیون اسانس روغنی زیره سبز/آب/توئین 80- پروپانل

3-4-3- سرعت آزادسازی اسانس روغنی زیره سبز از میکروامولسیون

از آن‌جا که حداکثر جذب اسانس در طول موج 317 نانومتر رخ داد، جذب حلال اطراف میکروامولسیون اسانس روغنی/توئین 80- پروپانل (2:1)/آب و نمونه کنترل در این طول موج به صورت تابعی از زمان اندازه‌گیری شد. جذب بالاتر نشان‌دهنده آزادسازی بیشتر اسانس روغنی از سامانه است. سرعت آزادسازی

- esters. *International Journal of Pharmaceutics*, 196: 131–134.
11. Stubenrauch, C. 2009. *Microemulsions Background, New Concepts, Applications, Perspectives*. Blackwell Publishing Ltd., Singapore, pp. 1-30
 12. Zhong, F., Yu, M., Luo, C., Shoemaker, C.F., Li., Y., Xia, S. and Ma, J. 2009. Formation and characterisation of mint oil/S and CS/water microemulsions. *Food Chemistry*, 115: 539–544.
- نویسندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی - واحد یاسوج به دلیل تامین هزینه‌های مالی این تحقیق کمال تشکر را دارند.
- 6- منابع**
1. Amar, I., Aserin, A. and Garti, N. 2004. Microstructure transitions derived from solubilization of lutein and lutein esters in food microemulsions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 33: 143–150.
 2. Amiri, S., Abbasi, S., Ezzatpanah, H. and Hosseini, E. 2013. Nanocapsulation of orange peel oil using microemulsion technique. *Agro Food Industry HiTech*, 24: 72-75.
 3. Ashurst, P.R. 1999. *Food Flavorings*. Aspen Publishers Inc., Maryland, pp. 34-35
 4. Fanun, M. 2009. *Microemulsions: Properties and Application*. CRC Press, New York, pp. 1-87
 5. Feng, J.L., Wang, Z.W., Zhang, J., Wang, Z.N. and Feng, L. 2009. Study on food-grade vitamin E microemulsions based on nonionic emulsifiers. *Colloids and Surfaces A: Physicochemistry Engineering Aspects*, 339: 1–6.
 6. Kim, S., Kiong, N.W., Shen, S., Dong, Y. and Tan, R.B.H. 2009. Phase behavior, microstructure transition, and antiradical activity of sucrose laurate/propylene glycol/the essential oil of *Melaleuca alternifolia*/water microemulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemistry Engineering Aspects*, 348: 289–297.
 7. McClements, D.J. 1999. *Foods Emulsions Principles, Practice, and Techniques*. CRC Press LLC., Florida, pp. 2-4
 8. Polizelli, M. A., Telis, V. R. N., Amaral, L. Q. and Feitosa, E. 2006. Formation and characterization of soy bean oil/surfactant/water microemulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemistry Engineering Aspects*, 281: 230–236.
 9. Rajib, K. M. and Bidyut, K. P. 2005. Physicochemical investigations of microemulsification of eucalyptus oil and water using mixed surfactants (AOT +Brij-35) and butanol. *Journal of Colloid and Interface Science*, 283: 565–577.
 10. Radomska, A. and Dobrucki, R. 2000. The use of some ingredients for microemulsion preparation containing retinol and its