

بررسی اثر صمغ گوار بر رفتار رئولوژیکی امولسیون‌های روغن در آب در حضور لسیتین سویا

روح الله توانا نژاد^۱، طیبه باقری لطف آباد^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شمال، تهران، ایران
^۲ استادیار، عضو هیات علمی پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری

نام نویسنده مسئول:

طیبه باقری لطف آباد

چکیده

پایداری امولسیون‌ها یکی از زمینه‌های مورد چالش در بسیاری از صنایع، از جمله صنایع غذایی بوده است و تحقیقات متعددی در این حوزه انجام گرفته است. در این تحقیق، تشکیل و پایداری امولسیون روغن در آب حاوی لسیتین، با افزودن صمغ گوار مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، امولسیون‌های O/W حاوی ۰/۵ درصد لسیتین تهیه گردید و تاثیر حضور صمغ گوار در غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد بر پایداری امولسیون‌ها، رفتار رئولوژیکی و همچنین ساختار میکروسکوپی آن‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که ویسکوزیته امولسیون‌های حاوی صمغ گوار با افزایش غلظت صمغ، افزایش پیدا کرد. صمغ گوار، ویسکوزیته ثابتی را در مقابل سرعت برشی در غلظت‌های مختلف نشان داد که این امر بیانگر نیوتنی بودن رفتار این صمغ تا غلظت ۱٪ است. یافته‌های مربوط به مطالعات پایداری نشان داد که غلظت ۰/۵٪ از صمغ گوار برای رسیدن به حداکثر پایداری ممکن، کافی می‌باشد بطوریکه افزایش غلظت صمغ، تغییری در پایداری ایجاد نکرد. تصاویر میکروسکوپی امولسیون‌ها بیانگر این مطلب بود که افزودن صمغ گوار تا ۰/۵٪ سبب کوچک‌تر شدن و یکنواخت‌تر شدن قطرات روغن گردیده است.

واژگان کلیدی: پایداری، امولسیون، صمغ گوار، رئولوژی، لسیتین.

مقدمه

یک امولسیون به طور سنتی به عنوان پراکندگی قطرات یک مایع در مایع دیگری که باهم غیرقابل امتزج هستند، تعریف می شود (McClements, 2005). از دیدگاه فیزیکو-شیمیایی، امولسیون‌ها سیستم‌هایی هستند که به لحاظ ترمودینامیکی ناپایدار می‌باشند. با گذشت زمان، امولسیون می تواند به سرعت یا به آرامی به دو فاز غیرقابل امتزاج تقسیم شود. شایع ترین فرایندهای ناپایداری امولسیون، ائتلاف قطرات، لخته شدن، گرمی شدن و رسوبگذاری استوالد هستند [۱]. تجمع قطرات به شدت بر طول عمر و بافت امولسیون‌ها تاثیر می گذارد [۲]. صنعت غذا یکی از صنایعی است که به میزان زیادی به استفاده از امولسیون ها و امولسیون‌کننده‌ها وابسته است. امولسیون‌ها نقش مهمی در فرمولاسیون مواد غذایی دارند؛ برخی از امولسیون های غذایی (سس سالاد، سس مایونز، لیکورهای گرمی و غیره) خودشان محصولات نهایی هستند [۳]. همچنین، امولسیون‌های غذایی می توانند مواد تشکیل دهنده‌ای باشند که در تشکیل محصولات پیچیده‌تری مانند ماست، بستنی و محصولات همزده^۱ شرکت دارند [۴].

تشکیل یک امولسیون که برای مدتی از نظر سینتیکی پایدار باشد تا عمر مفید محصول را بالا ببرد، یکی از چالش‌های اصلی فرمولاسیون محصولات غذایی است. این امر می تواند از طریق افزودن امولسیون‌کننده‌ها و پایدارکننده‌ها حاصل شود. امولسیون‌کننده‌ها، مولکول‌های فعال سطحی هستند که کشش سطحی را کاهش می‌دهند و از ائتلاف قطرات به دلیل جذب روی سطوح قطرات دیگر جلوگیری می کنند [۵].

لسیتین یک مولکول سورفکتانت کوچک است که یکی از رایج‌ترین امولسیفایرهای مورد استفاده در صنایع غذایی است [۶]. لسیتین به عنوان یک ماده طبیعی از طرف مصرف کنندگان پذیرفته شده و قانونگذاران عموماً آن را به عنوانیک ماده ایمن (GRAS) به رسمیت شناخته‌اند [۷].

پلی ساکاریدها که به عنوان قوام‌دهنده در امولسیون‌ها به کار گرفته می‌شوند، معمولاً به فاز آبی امولسیون‌های روغن در آب اضافه می شوند تا پایداری طولانی مدت‌تری را برای امولسیون فراهم آورند و هم اینکه با اصلاح ویسکوزیته فاز پیوسته آبی از گرمی شدن جلوگیری نمایند [۸].

صمغ گوار یکی از صمغ‌های شناخته شده است که بطور سنتی به دلیل ویژگی قوام دهنده‌گی و پایدار کنندگی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. این صمغ جزء گالاکتومانان‌ها دسته بندی می‌شود که نوعی پلی ساکارید می‌باشند. صمغ گوار به عنوان افزودنی غذایی، از ویژگی‌های مختلف نظیر امولسیون کنندگی، مرطوب کنندگی، قوام دهنده‌گی، پایدار کنندگی در بسیاری از سیستم‌ها برخوردار است و نیز به دلیل باند شدن با ملکول آب می‌تواند از ایجاد کریستال‌های یخ در محصولات منجمد جلوگیری نماید. صمغ گوار به دلیل این ویژگی‌ها، در محصولاتی مانند بستنی‌ها، کیک‌ها، آبمیوه‌ها و سس‌ها معمولاً با غلظتی کمتر از یک درصد وزن محصول غذایی مورد نظر، استفاده می‌شود. صمغ گوار از بذر گیاه *Cyamopsis tetragonoloba* / از خانواده *Leguminosae* گرفته می‌شود. این گیاه قرن‌هاست که عمدتاً در هند و پاکستان کشت شده و به عنوان خوراک انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گرفته است. این صمغ بطور گسترده‌ای به عنوان افزودنی در صنایع مختلفی مانند صنایع غذایی، دارویی، آرایشی، کاغذ، نساجی و حفاری چاه‌های نفتی استفاده می‌شود. کاربردهای صنعتی صمغ گوار به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با ملکول آب است که سبب می‌شود به عنوان قوام دهنده و پایدار کننده عمل کند. این صمغ برای کنترل بسیاری از نارسایی‌ها نظیر دیابت، حرکات روده‌ای، بیماری قلبی و سرطان کولون مفید است [۹].

در این تحقیق مورد نظر است تا تاثیر همزمان سیستم مرکب از امولسیفایر لسیتین و صمغ گوار بر پایداری امولسیون روغن آفتابگردان در آب را مورد بررسی قرار دهد.

¹.whipped products

مواد و روش ها

۱- مواد لازم

صمغ گوار از شرکت جهان شیمی تهیه شد. روغن مایع آفتابگردان از یک فروشگاه محلی خریداری شد. لیسیترین سویا از شرکت نوین سپهر سانپار تهیه شد.

۲- آماده سازی محلول صمغ گوار

برای تهیه محلولهای ۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد آبی صمغ گوار، مقادیر مناسبی از صمغ گوار در دمای محیط حل گردید و سوسپانسیون توسط یک همزن مغناطیسی ساخت کشور آلمان به نام Heidolph company هم زده شد. برای جلوگیری از کلوخه شدن و اتصال ذرات صمغ گوار پودر صمغ گوار را به تدریج به آب که در حال هم خوردن بود اضافه گردید این در حالی بود که به ذرات اضافه شده فرصت داده می شد تا حل شوند و به محلولها اجازه داده شد تا به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط در حالیکه هم می خوردند هیدراته بشوند.

۳- آماده سازی امولسیون

امولسیون O/W روغن دانه آفتاب گردان و آب به نسبت ۱:۱ تهیه گردید. برای این منظور، ابتدا لیسیترین به عنوان یک امولسیفایر در فاز روغنی حل گردید به گونه‌ای که غلظت نهایی ۵٪ درصد را در امولسیون ایجاد کند. سپس مقدار مناسب آب اضافه شد. یک نمونه با این روش به عنوان محلول کنترل تهیه گردید. برای نمونه هایی که حاوی صمغ گوار بودند محلول صمغ گوار با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد به جای آب اضافه گردید. مخلوط‌های تهیه شده با صمغ گوار با استفاده از همزن مکانیکی مدل RE 166 JANKE & KUNEL IKA WERK برای مدت دو دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ دور در دقیقه در دمای محیط، هموزن گردیدند. آزمایش‌های پایداری و بررسی خصوصیات رئولوژیک با استفاده از دستگاه رئومتر ساخت کشور آلمان بلافاصله بعد از آماده سازی نمونه ها انجام شدند.

۴- اندازه گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته امولسیون‌های پایدار شده با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد صمغ گوار، سنجش گردید. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته از یک رئومتر چرخشی بروکفیلد HAAKE RV 12 مجهز به استوانه‌های هم محور استفاده شد. ویسکوزیته و تنش برشی امولسیون‌های آماده شده، بلافاصله بعد از تهیه در دمای ۲۵°C و در سرعت‌های برش صفر تا ۴۶۰ بر ثانیه، اندازه‌گیری شد. پردازش و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Excel 2007 انجام گرفت.

۵- اندازه‌گیری پایداری امولسیون

ضرورت اندازه گیری پایداری امولسیون برای نشان دادن پایداری امولسیون در طول نگهداری است. برای اندازه گیری پایداری ۱۰ میلی لیتر از هر یک از امولسیون‌های تهیه شده در ۵۰۰g به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. بعد از سانتریفوژ کردن حجم فازهای آب و روغن اندازه گیری شدند و پایداری امولسیون به صورت نسبت حجمی فازهای جدا شده به کل مایع گزارش گردید [۱۰].

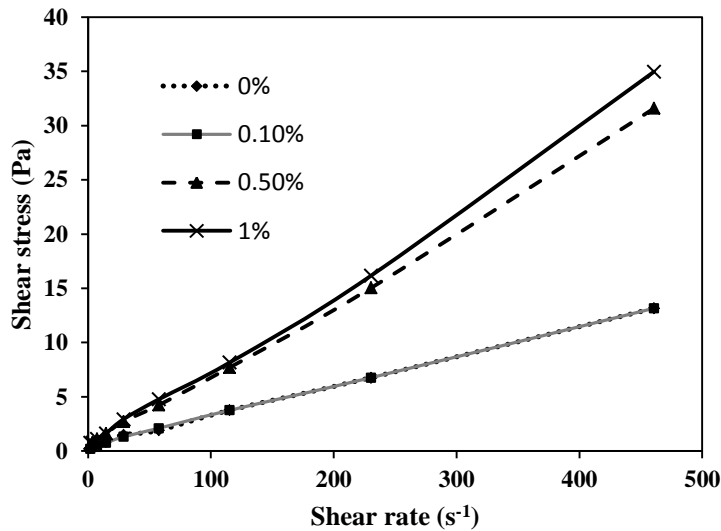
۶- مشاهده میکروسکوپی

برای مشاهده میکروسکوپی، مقدار کمی از نمونه‌های امولسیون‌های تهیه شده با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد از صمغ گوار بر روی اسلاید میکروسکوپی پخش گردید. سپس، هر نمونه زیر میکروسکوپ نوری LEICA/DMR ساخت آلمان با قابلیت عکس برداری با بزرگنمایی 100 X مشاهده و عکس برداری گردید [۱۱].

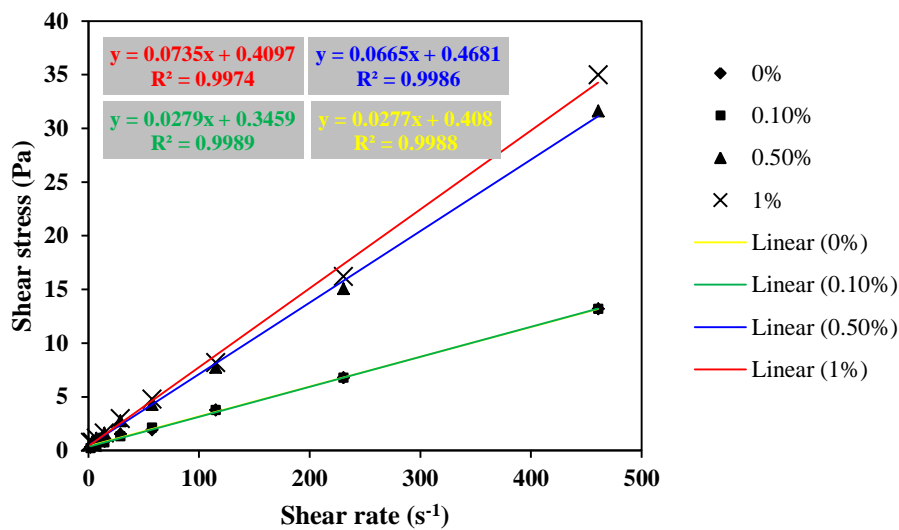
نتایج

۱- رفتار جریان امولسیون‌های O/W پایدار شده با صمغ گوار:

رفتار رئولوژیکی امولسیون‌های تهیه شده با استفاده از دستگاه رئومتر تعیین و به صورت نمودارهایی در زیر نشان داده شده است. نمودار ۱ رابطه تنش برشی - سرعت برشی را برای امولسیون‌ها در عدم حضور و حضور غلظت‌های مختلف از صمغ گوار نشان می‌دهد.



نمودار ۱- رابطه تنش برشی - سرعت برشی برای امولسیون‌ها در حضور مقادیر مختلف از صمغ



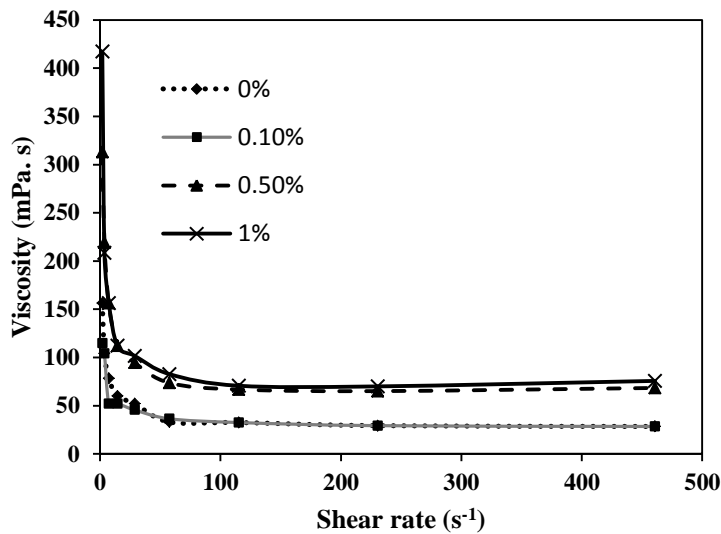
نمودار ۲- رسم خط رگرسیون خطی برای داده‌های مربوط به تنش برشی - سرعت برشی برای امولسیون‌ها در حضور مقادیر مختلف از صمغ

همانطور که در نمودارهای ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، رابطه بین تنش برشی - سرعت برشی برای کلیه محلول‌های پایدار شده با صمغ بصورت خطی است زیرا با R^2 بسیار نزدیک به یک مشاهده می‌شود که معادله خط برای این داده‌ها fit شده است. خطی بودن رابطه بین تنش برشی - سرعت برشی بیانگر رفتار نیوتنی این امولسیون‌ها می‌باشد. زیرا رابطه بین تنش برشی (τ) و سرعت برشی ($\dot{\gamma}$) برای سیالات نیوتنی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (1)$$

که در رابطه (۱)، η بیانگر ویسکوزیته سیال می‌باشد.

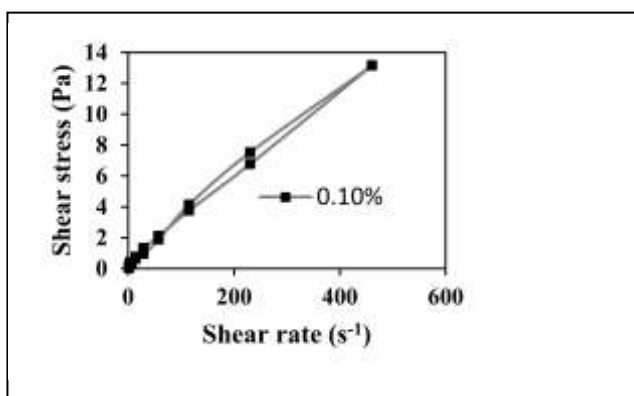
به این ترتیب امولسیون‌های پایدار شده با صمغ گوار بین ۰/۱ تا ۱ دارای رفتار سیال نیوتنی می‌باشند. تاثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته ظاهری امولسیون‌ها در عدم حضور و حضور غلظت‌های مختلف از صمغ گوار نیز مورد مطالعه قرار گرفت.



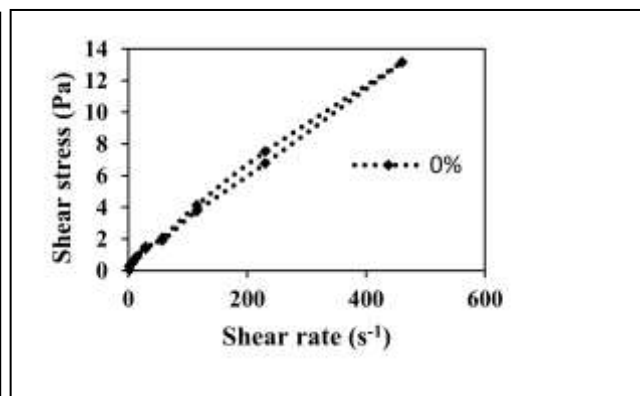
نمودار ۳- تاثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته ظاهری امولسیون‌ها برای امولسیون‌ها در حضور مقادیر مختلف از صمغ

همانطور که در شکل ... نشان داده شده است، ویسکوزیته امولسیون‌های حاوی صمغ (یعنی مقاومت به نیروی برشی) با افزایش غلظت صمغ از ۰/۱٪ به ۰/۵٪ افزایش داشت بطوریکه نمودار مربوط به غلظت ۰/۵٪ صمغ بالاتر از نمودار مربوط به غلظت ۰/۱٪ صمغ قرار گرفته است. اما همانطور که مشاهده می‌شود حضور صمغ به میزان ۰/۱٪ اختلاف قابل اندازه‌گیری با شرایطی که صمغ حضور نداشته، ندارد. همچنین افزایش غلظت صمغ از ۰/۵٪ به ۱٪ تاثیر چندانی را در تغییر ویسکوزیته امولسیون ایجاد نکرده است. که این امر می‌تواند بیانگر کافی بودن غلظت ۰/۵٪ صمغ برای رسیدن به حداکثر پایداری ممکن، با صمغ گوار باشد. صمغ گوار، ویسکوزیته ثابتی را در مقابل سرعت برشی در غلظت‌های مختلف نشان داد که این نتیجه، خود تاییدی بر نیوتنی بودن رفتار این صمغ تا غلظت ۱٪ است.

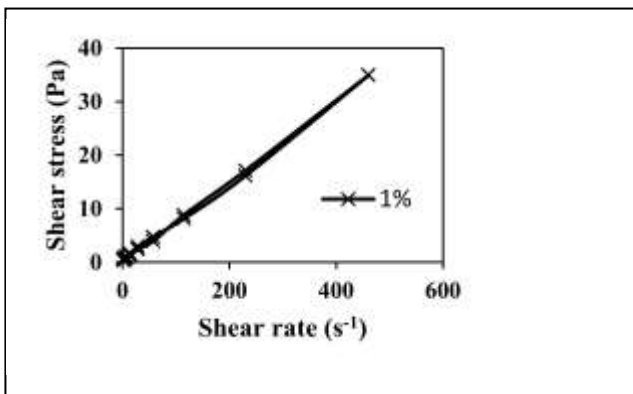
در ادامه رفتار تیکسوتروپی یا رئوپکتی نمونه‌های امولسیونی بررسی شد.



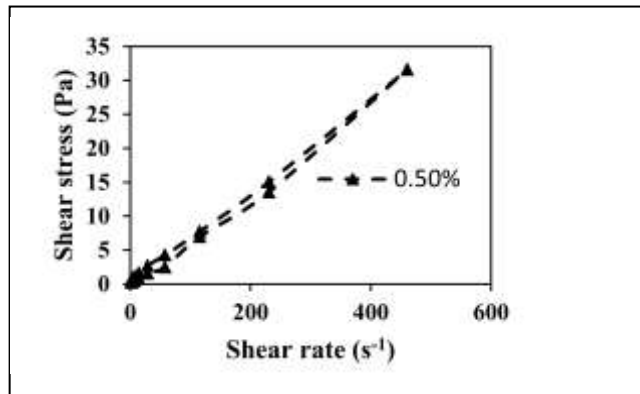
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

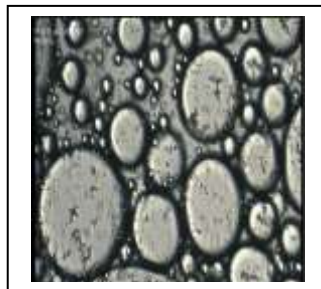
نمودار ۴- نمایش لوپ هیستریزس مربوط به امولسیون‌ها، (الف) نمونه کنترل (عدم حضور صمغ)، (ب) در حضور ۰/۱ درصد وزنی صمغ گوار، (ج) در حضور ۰/۵ درصد وزنی صمغ گوار، (د) در حضور ۱ درصد وزنی صمغ گوار

همانطور که در نمودارهای ۴-الف تا ۴-د مشاهده می‌شود مساحت لوپ هیستریزس^۲ (حلقه پسماند) چندان قابل توجه نیست و لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که امولسیون‌های مورد بررسی، رفتار نیوتنی دارند یا به عبارت دیگر امولسیون‌های پایدار شده با صمغ گوار در غلظت ۰/۱ تا ۱ درصد وزنی دارای رفتار نیوتنی می‌باشند.

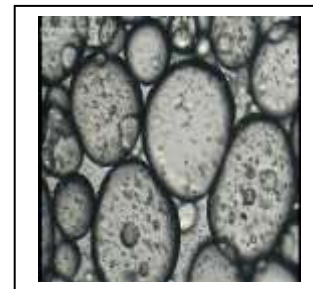
۲- مشاهدات میکروسکوپی:

تصاویر میکروسکوپی امولسیون‌های حاوی صمغ گوار در شکل ۱ نشان داده شده است.

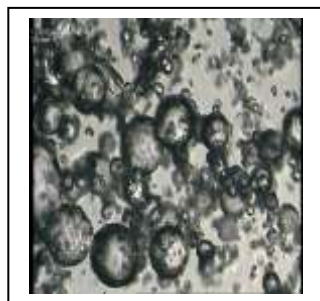
(ب)



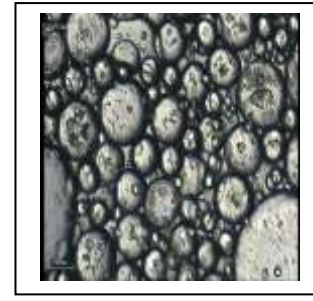
(الف)



(د)



(ج)



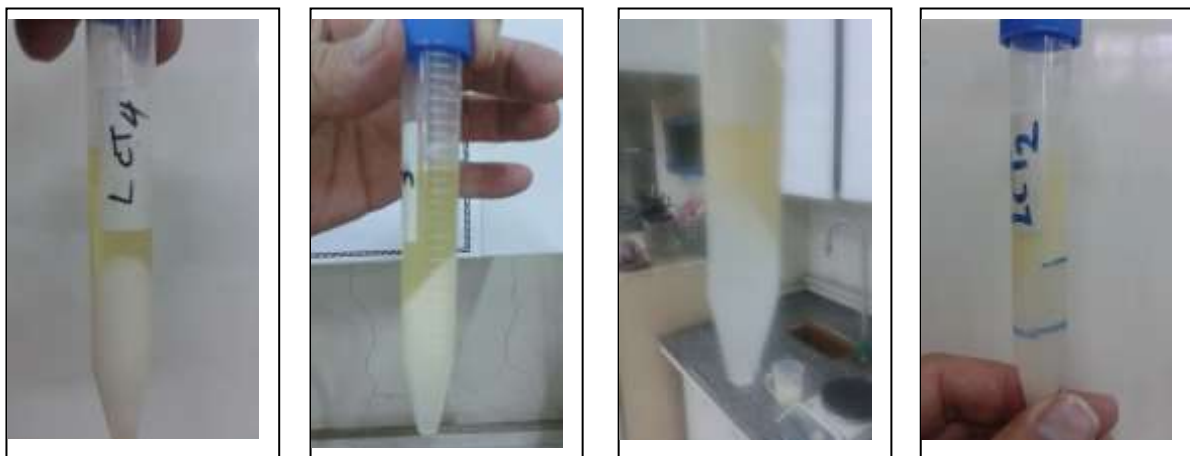
شکل ۱- نمایشی از نمونه‌ها زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی $100 \times$ (الف) نمونه کنترل (عدم حضور صمغ)، (ب) در حضور ۰/۱ درصد وزنی صمغ گوار، (ج) در حضور ۰/۵ درصد وزنی صمغ گوار، (د) در حضور ۱ درصد وزنی صمغ گوار

². Hysteresis loop

همان طوری که تصاویر نشان می‌دهند در نمونه‌ای که صمغ وجود ندارد (شکل ۱-الف) قطرات امولسیون شده بزرگتر و غیریکنواخت‌تر هستند. افزودن صمغ گوار سبب کوچک‌تر شدن و یکنواخت‌تر شدن قطرات روغن گردیده است. این امر نشان می‌دهد که ذرات صمغ پلی‌ساکاریدی گوار در سطح قطرات روغن جذب شده و سبب پایداری استریک می‌شوند. به این مفهوم که ذرات صمغ مانع از ائتلاف قطرات روغن با یکدیگر می‌شود. در ادامه افزایش صمغ گوار از ۰/۵ درصد به ۱٪ نتیجه خوبی به دنبال داشت چراکه قطرات خیلی ریز شده و دچار عدم یکنواختی شده‌اند.

۳- اندازه‌گیری پایداری امولسیون

اهمیت اندازه‌گیری پایداری امولسیون مربوط به حفظ پایداری آن، در طول زمان نگهداری می‌باشد. سانتیفیوژ نمودن ۱۰ میلی لیتر از نمونه‌های امولسیونی نشان داد که در عدم حضور صمغ و نیز در حضور صمغ با غلظت ۰/۱٪، پس از انجام سانتیفیوژ دو فاز تشکیل شد که فاز بالایی حاوی بخش امولسیونی و فاز پایینی را فاز آبی تشکیل می‌داد. در این دو حالت فاز آبی حدود ۷۰٪ (دو-سوم) از حجم کل فازها را شامل می‌شد. به این ترتیب در مقایسه با نمونه کنترل، حضور صمغ گوار با غلظت ۰/۱٪ تاثیری روی پایداری امولسیون ندارد.



(د)

(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۲- پایداری امولسیون در امولسیون‌های حاوی غلظت‌های مختلف از صمغ گوار، (الف) نمونه کنترل (عدم حضور صمغ)، (ب) حضور صمغ با غلظت ۰/۱٪، (ج) حضور صمغ با غلظت ۰/۵٪ و (د) حضور صمغ با غلظت ۱٪

مشاهدات (شکل ۲) نشان داد که با افزایش غلظت صمغ در امولسیون به میزان ۰/۵ و ۱ درصد، سانتیفیوژ نمودن نمونه‌ها منجر به تشکیل فاز امولسیونی در بخش پایینی شد که دلیل این امر، چگال‌تر شدن فاز امولسیونی به دلیل افزایش مقدار صمغ در مقایسه با شرایط قبلی است که میزان صمغ کمتر (۰/۱٪) بود و فاز امولسیون در بالا تشکیل می‌شد. از طرفی حجم بخش آبی در این شرایط حدود ۳۰٪ (یک-سوم) کل فازها را تشکیل می‌داد. به این ترتیب افزایش صمغ گوار تا ۰/۵٪ وزنی سبب افزایش پایداری امولسیون در مقایسه با نمونه کنترل گردیده است اما افزایش مقدار صمغ از ۰/۵٪ به ۱٪ تاثیر قابل توجهی در افزایش پایداری امولسیون نداشته است بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که غلظت ۰/۵٪ صمغ برای رسیدن به حداکثر پایداری ممکن، با صمغ گوار کافی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت نقش امولسیون‌ها و پایداری آن‌ها در صنایع مختلف به ویژه صنایع غذایی، در تحقیق حاضر، تاثیر صمغ گوار بر امولسیون روغن آفتابگردان در آب در حضور نیم درصد لسیترین به عنوان امولسیفایر بررسی گردید. مطالعات نشان داد که ویسکوزیته امولسیون‌های پایدار شده توسط صمغ گوار با افزایش غلظت صمغ، افزایش ییافت. رفتار صمغ عگوار در امولسیون‌های پایدار شده توسط صمغ کاملاً قابل مقایسه با همدیگر بود. صمغ گوار در همه امولسیون‌های مورد بررسی از غلظت ۰/۱ تا ۱٪ رفتار نیوتنی داشت. صمغ گوار توانست در غلظت‌های پایین ۰/۵٪، به خوبی امولسیون روغن در آب فرموله شده در تحقیق را پایدار کند.

منابع و مراجع

1. Tcholakova, S., Denkov, D., Ivanov, I. and Campbell, B. 2006. Coalescence stability of emulsions containing globular milk proteins. *Advances in Colloid and Interface Science* 259–293.
2. Dickinson, E. and McClements, J. 1995. *Advances in food colloids*. Glasgow, Blackie Academic & Professional.
3. Charcosset, C. 2009. Preparation of emulsions and particles by membrane emulsification for the food processing industry. *Journal of Food Engineering* 92: 241–249.
4. Leal-Calderon, F., Thivilliers, F. and Schmitt, V. 2007. Structured emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 12: 206-212.
5. Krstonosic, V., Dokic, L., Dokic, P. and Dapcevic, T. 2009. Effects of xanthan gum on physicochemical properties and stability of corn oil-in-water emulsions stabilized by polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate. *Food Hydrocolloids* 23(8): 2212-2218.
6. Whitehurst, P. 2004. *Emulsifiers in Food Technology*. Cornwall, UK, Blackwell.
7. Bylaite, E., Nylander, T., Venskutonis, R. and Jönsson, B. 2001. Emulsification of caraway essential oil in water by lecithin and [beta]-lactoglobulin: emulsion stability and properties of the formed oil-aqueous interface. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 20(4): 327-340.
8. Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17(1): 25-39.
9. Mudgil, D., Barak, S., and Khatkar, B.S. 2014. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review, *Journal of food science and technology*, 51: 409–418.
10. Buffo, R. A., Reineccius, G. A., Oehlert, G. W. 2001. Factors affecting the emulsifying and rheological properties of gum acacia in beverage emulsions. *Food Hydrocolloids*, 15: 53-66.
11. Mandala, I. G., Savvas, T. P., Kostaropoulos, A. E. 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64: 335–342.