

ارزیابی اثر پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی بر پایداری و رفتار جریانی امولسیون روغن در آب

مریم جلیلی صفریان^۱، علی گنجلو^{۲*}، ماندانا بی مکر^۲، سهیلا زرین قلمی^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۰/۰۷/۹۵ تاریخ پذیرش: ۲۶/۰۷/۹۶)

چکیده

در این پژوهش، پایداری سامانه‌های امولسیون روغن در آب تهیه شده با غلظت‌های مختلف از پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی (۰/۵-۴/۵ درصد وزنی/وزنی) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس طی ۳۰ روز در مقایسه با صمغ عربی بررسی گردید. بدین منظور ویژگی‌های امولسیون نظیر قطر ذرات، عدد اسپان، اندیس خامه‌ای شدن خصوصیات رفتار جریانی و ریزساختار آن مورد مطالعه قرار گرفت. با افزایش غلظت پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی از ۰/۵ به ۴/۵ درصد قطر ذرات به ترتیب از ۲۸۹۹/۲ به ۱۴۳۲/۴ نانومتر و از ۳۴۱۵/۵ به ۱۳۸۵/۶ نانومتر کاهش یافت. این نتایج بیانگر توانایی پوشش‌دهی مناسب قطرات فاز پراکنده توسط پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در مقایسه با صمغ عربی می‌باشد. در طول مدت نگهداری اندازه قطر ذرات برای پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی از ۱۳۸۴/۵ به ۲۹۳۳/۱ نانومتر و صمغ عربی از ۱۶۳۷/۳ به ۲۶۹۹/۲ نانومتر افزایش یافت. با افزایش غلظت صمغ عربی و پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی خامه‌ای شدن به ترتیب از ۶۴/۴۲ به ۴/۶۷ درصد و از ۴۸/۰۹ به ۱۰/۸۱ درصد کاهش یافت. از طرفی با افزایش مدت زمان نگهداری میزان اندیس خامه‌ای شدن افزایش یافت. بررسی ویژگی‌های رفتار جریانی نشانگر رفتار غیرنیوتنی و رقیق شونده با برش سامانه‌های امولسیون حاوی صمغ عربی و پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی می‌باشد. با افزایش غلظت پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی گرانروی ظاهری امولسیون‌های تازه به ترتیب از ۲۸/۴۵ به ۴۰/۴۴ میلی پاسکال ثانیه و از ۲۷/۳۵ به ۵۳/۷۰ میلی پاسکال ثانیه افزایش یافت. کاهش گرانروی ظاهری امولسیون‌ها با افزایش زمان نگهداری مشاهده گردید. در نهایت، نتایج به‌دست آمده بیانگر توانایی نسبتاً خوب پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در مقایسه با صمغ عربی در افزایش پایداری امولسیون روغن در آب از طریق افزایش گرانروی فاز پیوسته سامانه امولسیونی می‌باشد.

کلید واژگان: پلی ساکارید؛ غلاف نخود فرنگی؛ پایداری امولسیون؛ صمغ عربی.

۱- مقدمه

امولسیون‌ها از دو فاز غیر قابل امتزاج (آب و روغن) تشکیل شده‌اند که یکی در دیگری پخش شده است و به دلیل عدم امکان اختلاط مولکول‌های آب و روغن از نظر ترمودینامیکی سامانه‌های ناپایداری بوده و از آنها با عنوان سامانه‌های ناهمگن یاد می‌گردد [۱]. امولسیون‌های روغن در آب اساس بسیاری از فرآورده‌های غذایی را تشکیل می‌دهند. در این نوع امولسیون، فاز روغنی به دلیل کمتر بودن چگالی فاز روغنی نسبت به فاز آبی تمایل به شناور شدن و ایجاد لایه روغنی در قسمت بالای محلول آبی دارد که این امر منجر به ناپایداری آن می‌گردد. به منظور ایجاد امولسیون پایدار در طول مدت نگهداری اغلب از امولسیون کننده‌ها که ترکیبات شیمیایی با خاصیت آملی فلیک هستند استفاده می‌شود [۲]. بسپارهای زیستی نظیر پروتئین‌ها و برخی از پلی ساکاریدها به عنوان امولسیون کننده و پایدار کننده‌های طبیعی برای پایداری سامانه‌های امولسیون روغن در آب مناسب هستند [۳].

در سالیان اخیر استفاده از پلی ساکاریدها به منظور پایدارسازی امولسیون‌ها موضوع تحقیقات متعددی بوده است. پلی ساکاریدها، پلی مرهای متشکل از مونوساکاریدها هستند و به طور گسترده در گیاهان، میکروارگانیسم‌ها، جلبک‌ها و حیوانات یافت می‌شوند. این ترکیبات دارای خواص بیولوژیکی متفاوتی از جمله خواص ضد میکروبی، ضد اکسایشی، ضد جهش زایی، ضد توموری و غیره می‌باشند [۴]. کربوهیدرات‌ها بویژه پلی ساکاریدها را علی‌رغم خواص عملکردی برجسته آنها در افزایش قوام، گرانیروی، تشکیل ژل و کف‌زایی به علت عدم برخورداری از فعالیت سطحی مناسب نمی‌توان به عنوان امولسیون کننده طبیعی در نظر گرفت. پلی ساکاریدها می‌توانند از طریق اتصال به گروه‌های غیرقطبی و یا پروتئین‌ها نظیر آنچه در واکنش میلارد رخ می‌دهد سطح فعال ایجاد نمایند. عموماً پلی ساکاریدها از طریق افزایش گرانیروی فاز پیوسته سبب پایداری امولسیون‌های غذایی می‌شوند. برخی از پلی ساکاریدهای طبیعی از طریق اتصال زنجیره‌های کربوهیدراتی آب‌دوست خود به گروه‌های غیر قطبی مانند گروه آمینی پروتئین‌ها، خواص امولسیون کنندگی خوبی از خود نشان می‌دهند. صمغ عربی، پکتین و گالاکتومانان رایج‌ترین انواع پلی ساکاریدهای دارای فعالیت سطحی می‌باشند.

صمغ عربی بسیار بزرگ زیستی متشکل از واحدهای گالاکتوز، رامانوز، آرابینوز و گلوکورونیک اسید می‌باشد. صمغ عربی به دلیل حلالیت مطلوب، گرانیروی پایین، خصوصیات امولسیون کنندگی مناسب و ظرفیت بالای نگهداری ترکیبات فرار و قطرات چربی در بسیاری از فرآیندهای ریزپوشانی مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر، از صمغ عربی به عنوان یک امولسیون کننده طبیعی در محدوده پلی ساکاریدها در صنعت غذا بخصوص در امولسیون‌های نوشیدنی استفاده می‌شود [۵].

کرتیل و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی و مقایسه پایداری فیزیکی، رفتار جریان و ساختاری امولسیون آب در روغن (روغن آفتابگردان) با مقدار ثابت ۲ درصد پروتئین آب پنیر و غلظت‌های مختلف پلی ساکارید استخراج شده از دانه به^۱ و صمغ گزانتان پرداختند. نتایج نشان داد که صمغ دانه به در مقایسه با صمغ گزانتان در غلظت‌های مشابه دارای گرانیروی کم‌تر و خاصیت رقیق شونده با برش پائین‌تری می‌باشد. امولسیون تهیه شده با غلظت‌های کم‌تر از ۰/۱ درصد وزنی - حجمی صمغ دانه به در مقایسه با صمغ گزانتان سرعت بالاتری در خامه‌ای شدن و تشکیل دلمه داشت. همچنین در طول ۵ ماه نگهداری پایداری امولسیون تهیه شده با صمغ گزانتان بیش‌تر بود. با این حال، این صمغ به طور قابل توجهی دارای خواص امولسیون کنندگی و پایدار کنندگی بود [۶].

گارتی و همکاران (۱۹۹۹) با استخراج پلی ساکارید با وزن مولکولی پائین از برگ‌های گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*) به بررسی خواص امولسیون کنندگی آن پرداختند. با افزودن غلظت‌های مختلف از پلی ساکارید خرفه (۰/۸ - ۰/۱ درصد وزنی - حجمی) به امولسیون روغن سویا در آب، قطرات کوچک روغن (۵-۲ میکرومتر)، پایداری دلمه و انعقاد پس از گذشت چند ماه مشاهده شد [۷].

نخود فرنگی یا نخود سبز (*Pisum sativum L.*) بومی جنوب غربی آسیا (سوریه، عراق و ایران) بوده و عمدتاً در کشورهای نظیر کانادا، ایالات متحده آمریکا، افغانستان، اتیوپی و کشورهای اروپایی کشت می‌شود. طبق گزارش سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد سطح زیر کشت این گیاه در جهان در سال ۲۰۱۳ بالغ بر ۶/۳۸ میلیون هکتار با تولید دانه به مقدار ۱۸/۵ میلیون تن بوده است. در سراسر جهان نخود فرنگی پس از غلاف گیری به بازار عرضه شده و مورد مصرف قرار

اضافه شد) مخلوط شدند و در حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. سپس مخلوط از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ (اندازه حفرات ۱۱ میکرومتر) عبور داده شد و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید [۱۱].

پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی از پودر غلاف نخود فرنگی خشک شده (گذراننده شده از الک با مش ۳۰) تحت شرایط بهینه شامل قدرت امواج فراصوت ۱۳۵ وات، زمان استخراج ۵۰ دقیقه، نسبت ۱ گرم نمونه به ۳۰ میلی لیتر آب مقطر و درجه حرارت ۶۸ درجه سلسیوس استخراج گردید [۱۲]. در این پژوهش دستگاه پروب فراصوت با توان ۲۰۰ وات، فرکانس ۲۴ کیلوهرتز، سونوتروود از جنس تیتانیوم با قطر ۳ میلی متر (UP200H-Hielscher, Germany) مورد استفاده قرار گرفت. عصاره به دست آمده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ (اندازه حفرات ۱۱ میکرومتر) عبور داده شد و در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سلسیوس سانتریفوژ گردید. محلول رویی به دست آمده از سانتریفوژ، توسط دستگاه تبخیر کننده چرخشی تحت خلاء در دمای ۶۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به یک پنجم حجم اولیه تغلیظ شد. پروتئین زدایی به روش *Sevag* انجام گرفت. در این روش محلول تغلیظ شده با معرف *Sevag* (کلروفورم: n -بوتانول (۱:۴)) به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. پس از آن محلول پلی ساکاریدی توسط سانتریفوژ (۵۰۰۰ دور در دقیقه، ۲۰ دقیقه) جدا می شود. این فرایند تا زمانی که هیچ لایه سفیدی بین محلول پلی ساکاریدی و معرف وجود نداشته باشد انجام شد. سپس ۴ برابر حجم عصاره تغلیظ شده اتانول ۹۵ درصد اضافه شد و به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید. در نهایت برای به دست آوردن پلی ساکارید از نیروی گریز از مرکز (۵۰۰۰ دور در دقیقه، ۲۰ دقیقه) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس استفاده شد و ترکیب رسوب کرده با استون و اتانول خالص شسته شده و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تا زمان رسیدن به وزن ثابت خشک گردید [۱۱].

۲-۳- آماده سازی امولسیون

فاز آبی امولسیون روغن در آب از طریق مخلوط کردن مقدار مشخصی از پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی استخراج شده تحت شرایط بهینه (۴/۵-۰/۵ درصد وزنی- وزنی) در آب مقطر به مدت ۲ دقیقه تهیه شد. محلول به مدت یک شبانه روز

می گیرد [۸]. در نتیجه دفع مواد زائد تولید شده پس از فراوری این محصول کشاورزی یک مشکل مهم در صنعت بشمار می آید. مطالعات صورت گرفته نشان می دهد این مواد منابع مهمی از ترکیبات زیست فعال هستند که می توانند خواص تکنولوژیکی و یا تغذیه ای را بهبود بخشند. امروزه این مواد به عنوان منبع ترکیبات عملکردی در نظر گرفته می شوند [۹ و ۱۰].

با وجود تحقیقات صورت گرفته، تاکنون مطالعه ای در زمینه بررسی اثر پلی ساکارید غلاف نخود فرنگی بر پایداری امولسیون روغن در آب انجام نشده است. لذا هدف از انجام این پژوهش در راستای استفاده بهینه از مواد دور ریز و ضایعات صنایع تبدیلی، بررسی تاثیر پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی بر پایداری و برخی ویژگی های رفتار جریان امولسیون روغن در آب می باشد. برای این منظور، پلی ساکارید با کمک امواج فراصوت استخراج می گردد و سپس خواص پایدار کنندگی آن با تهیه امولسیون روغن در آب و اندازه گیری قطر متوسط ذرات امولسیون، اندیس خامه ای شدن، خصوصیات رفتار جریانی و بررسی ریز ساختار ارزیابی می شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

غلاف های نخود فرنگی از استان زنجان در تابستان ۱۳۹۴ تهیه شد و پس از شستشو، در سایه و در دمای اتاق تا رسیدن به رطوبت $8/5 \pm 0/2$ درصد خشک شدند. صمغ عربی با درجه Ph Eur, BP و دانسیته معادل ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب از شرکت مرک آلمان و روغن آفتابگردان با نام تجاری لادن (شرکت صنعتی بهشهر، تهران) از بازار محلی خریداری گردید. مواد شیمیایی اصلی مورد استفاده نظیر اتانول، استون، کلروفرم و n -بوتانول با درجه آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. برای تهیه امولسیون و تمام محلول ها از آب مقطر دیونیزه استفاده شد.

۲-۲- استخراج پلی ساکاریدها از غلاف نخود

فرنگی به کمک امواج فراصوت

نمونه های خشک شده به منظور حذف برخی از قندهای آزاد، اسیدهای آمینه و برخی فنل ها با اتانول ۹۵ درصد (به ازای ۱ گرم نمونه خشک با محتوای ۸/۵ درصد، ۲۰ میلی لیتر اتانول

۲-۵- بررسی پایداری امولسیون در برابر خامه‌ای شدن

براساس روش اوسانو و همکاران (۲۰۱۴) امولسیون بلافاصله پس از تولید به درون یک ظرف پلاستیکی ۵ میلی‌متری انتقال داده شد و پس از درب بندی با یک سرپوش پلاستیکی در دمای محیط برای یک دوره یک ماهه نگهداری شد. برای تعیین پایداری امولسیون در برابر خامه‌ای شدن نمونه برداری در فواصل ۱۰ روزه انجام شد و از رابطه ۳ برای محاسبه درصد خامه‌ای شدن استفاده گردید [۱۳].

$$CI(\%) = \frac{H_T - H_S}{H_T} \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه CI درصد خامه‌ای شدن، H_T ارتفاع کل امولسیون و H_S ارتفاع سرم بر حسب سانتی متر است.

۲-۶- سنجش گرانیروی و ویژگی‌های رفتار جریان

گرانیروی ظاهری و رفتار جریان امولسیون حاوی غلظت‌های مختلف از پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی طی یک ماه (هر ده روز یکبار پس از آماده‌سازی) توسط دستگاه گرانیروی سنج چرخشی (BROOKFIELD- R/S-CPS, USA) مجهز به سامانه تنظیم دما و سیرکولاتور اندازه‌گیری شد. در تمامی سنجش‌ها از اسپیندل مخروطی - صفحه‌ای با قطر ۷۵ میلی‌متر با فاصله دو صفحه معادل ۱ میلی‌متر در محدوده درجه برش (s^{-1}) ۱۰-۴۰۰ و دمای ۲۵ درجه سلسیوس استفاده شد. از نرم‌افزار Rheoplus132 جهت مدل‌سازی رفتار جریان و محاسبه پارامترهای رفتار جریان استفاده شد.

۲-۷- بررسی ریز ساختار امولسیون

به منظور بررسی ریز ساختار امولسیون یک قطره از امولسیون روی لام قرار داده شد و پس از لامل گذاری توسط میکروسکوپ نوری (Labomed Lx-400, USA) مجهز به دوربین دیجیتال در بزرگ‌نمایی ۴۰۰ مشاهده گردید [۱۵].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه، تغییرات اندازه قطرات، اندیس خامه‌ای شدن و خصوصیات رفتار جریانی امولسیون روغن در آب حاوی پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در پنج غلظت ۰/۵، ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ و ۴/۵ درصد وزنی- وزنی طی ۳۰ روز نگهداری بصورت آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی

در دمای اتاق به‌طور مداوم توسط همزن مغناطیسی هم‌زده شد تا پلی ساکاریدها به‌طور کامل هیدراته شوند. روغن آفتابگردان (۳۰ درصد وزنی- وزنی) و محلول حاوی پلی ساکارید در حمام آب گرم در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه حرارت داده شده و همگن‌سازی امولسیون از طریق اعمال امواج فراصوت با دستگاه فراصوت پروب صورت پذیرفت. به منظور یافتن شرایط مناسب جهت تهیه امولسیون مدت زمان همگن‌سازی معادل ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و درصد توان خروجی امواج فراصوت معادل ۷۵-۵۰ درصد در نظر گرفته شد. براساس عدد اسپان امولسیون‌ها، اعمال فراصوت به مدت ۱۰ دقیقه با ۷۵ درصد توان خروجی امواج فراصوت جهت نیل به امولسیون یکنواخت انتخاب گردید. از سدیم آزید به منظور جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در امولسیون تازه همگن شده استفاده شد [۱۳].

۲-۴- تعیین اندازه ذرات امولسیون

اندازه قطرات امولسیون روغن در آب با استفاده از دستگاه سنجش اندازه ذرات (Malvern Zetasizer, United Kingdom) که بر مبنای پراکندگی نور لیزر کار می‌کند، تعیین شد. امولسیون تا غلظت نهایی ۰/۰۰۰۵ درصد وزنی با آب دیونیزه برای رسیدن به حداقل اثرات پراکندگی، رقیق شد [۱۴]. قطر متوسط ذرات امولسیون براساس سطح به حجم در زمان تولید و فواصل زمانی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از تولید از طریق رابطه ۱ اندازه‌گیری شد.

رابطه ۱:

$$d_{32} = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2}$$

در این رابطه، d_{32} قطر قطرات و n_i تعداد قطرات با قطر d_i می‌باشند.

شاخصی به نام عدد اسپان (پهنای منحنی توزیع اندازه ذرات) برای مقایسه درجه یکنواختی اندازه ذرات از طریق رابطه ۲ اندازه‌گیری شد.

$$\text{Span} = \frac{[d(v,90) - d(v,10)]}{d(v,50)} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه $d(v,10)$ ، $d(v,50)$ و $d(v,90)$ به ترتیب قطری که حجم ذرات کوچک‌تر از آن، (۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد) درصد حجم کل ذرات موجود در سامانه را تشکیل می‌دهد.

می‌توان این‌گونه توضیح داد که با افزایش غلظت، احتمال پوشش قطرات فاز پراکنده افزایش می‌یابد. در نتیجه ذراتی که در زمان همگن‌سازی کوچک شده‌اند، در غلظت‌های بالاتر پایدار کننده‌ها بهتر پوشش داده می‌شوند [۱۷-۱۶]. نجفی و فاضلی (۱۳۹۶) اثر صمغ دانه شاهی را بر روی پایداری فیزیکی امولسیون روغن در آب مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند با افزایش غلظت صمغ از ۰/۲۵ به ۱ درصد اندازه ذرات امولسیون کاهش می‌یابد [۱۵].

مدت زمان نگهداری امولسیون نیز بر اندازه قطرات امولسیون تاثیرگذار است. نتایج بررسی اندازه قطرات امولسیون در دوره زمانی ۳۰ روزه نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری اندازه قطرات به‌طور معناداری ($p < 0.05$) افزایش یافت که در نتیجه سبب کاهش پایداری سامانه امولسیونی گردید. اندازه قطرات امولسیون حاوی پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی در فاصله زمانی روز صفرم تا سی‌ام نگهداری به ترتیب از ۱۳۸۴/۵ به ۲۹۳۳/۱ نانومتر و از ۱۶۳۷/۳ به ۲۶۹۹/۲ نانومتر افزایش یافت (جدول ۲).

یکی از روش‌های رایج برای بیان پهنای توزیع اندازه ذرات تعیین عدد اسپان است. کاهش پهنای منحنی توزیع اندازه ذرات به‌معنای کوچک بودن دامنه نوسان اندازه قطرات و نزدیکی اندازه آن‌ها به هم می‌باشد که از شاخص‌های حائز اهمیت در تعیین پایداری امولسیون محسوب می‌شود [۱۸]. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد یکنواختی توزیع ذرات در فاصله زمانی روز صفرم تا سی‌ام امولسیون‌های حاوی پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی کاهش یافته است (شکل ۱).

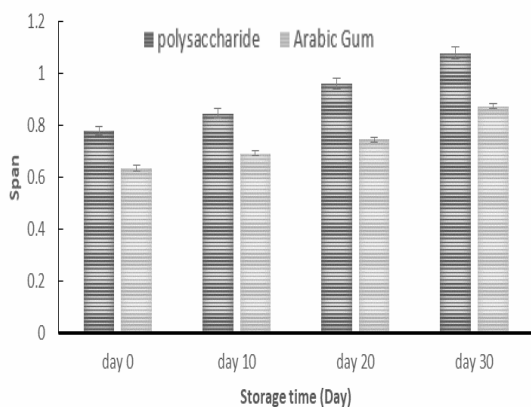


Fig 1 Span for Arabic gum and pea pod polysaccharides during storage time.

بررسی گردید. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد و میانگین آنها به همراه انحراف معیار گزارش گردید. تجزیه و تحلیل واریانس با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶ صورت گرفت. میانگین‌ها به‌روش آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اندازه قطرات امولسیون

اندازه ذرات یکی از خصوصیات مهم امولسیون‌ها است که بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی از جمله رفتار جریان و در پی آن بر پایداری این سامانه‌ها تاثیرگذار است. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه گیری اندازه قطرات، اطلاعات مناسبی را در مورد بهم آمیختگی قطرات امولسیون در اختیار قرار می‌دهد. بر اساس قانون استوکس، سرعت حرکت قطرات با مربع شعاع آنها متناسب می‌باشد، بنابراین پایداری امولسیون از طریق کاهش اندازه قطرات افزایش می‌یابد [۱]. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به اندازه قطرات امولسیون براساس غلظت پلی‌ساکاریدهای مورد استفاده اختلاف معناداری ($p < 0.05$) را بین تمامی غلظت‌های مورد مطالعه نشان داد. به طوری‌که با افزایش غلظت پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی از ۰/۵ به ۴/۵ درصد اندازه قطرات برای امولسیون حاوی پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی از ۲۸۹۹/۲ به ۱۴۳۲/۴ نانومتر و برای صمغ عربی از ۳۴۱۵/۵ به ۱۳۸۵/۶ نانومتر کاهش یافت (جدول ۱). تجزیه و تحلیل آماری نشان داد بین اندازه متوسط قطرات امولسیون حاوی پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی غیر از غلظت ۰/۵ درصد اختلاف معناداری ($p > 0.05$) وجود ندارد. در نتیجه می‌توان بیان کرد که پوشش‌دهی قطرات فاز پراکنده به‌وسیله پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی در سایر غلظت‌ها برابر می‌باشد. در غلظت‌های پایین از صمغ عربی و پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از غلاف نخود فرنگی، قطرات بزرگ روغن تشکیل می‌شود که ممکن است در نتیجه لخته شدن قطرات از طریق ایجاد پل‌های ماکرومولکولی باشد [۱۳]. این احتمال نیز وجود دارد که مقادیر صمغ عربی و پلی‌ساکارید برای پوشش کامل قطرات روغن در طول همگن‌سازی ناکافی باشد. در مورد کاهش قطر ذرات تشکیل دهنده امولسیون با افزایش غلظت صمغ عربی و پلی‌ساکارید

پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی به ترتیب 0.75 ± 0.06 و 0.54 ± 0.04 بود. کاهش عدد اسپان می تواند به دلیل پوشش دهی مناسب قطرات توسط صمغ عربی و پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی باشد [۱۸].

همچنین با افزایش غلظت پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی عدد اسپان کاهش یافته که نشان دهنده توزیع یکنواخت تر ذرات با افزایش غلظت پلی ساکارید می باشد (شکل ۲). در غلظت $4/5$ درصد وزنی / وزنی عدد اسپان برای

Table 1 Effects of different concentrations of polysaccharides on droplet diameter and creaming index.

Factors		Creaming index (%)	D ₂₃ (nm)
Concentration	Hydrocolloid		
0.5	Polysaccharide	48.09±0.8 ^b	2899.21±12.1 ^b
1.5	Polysaccharide	35.47±0.6 ^c	2586.85±10.3 ^c
2.5	Polysaccharide	21.62±0.7 ^e	2106.62±11.2 ^d
3.5	Polysaccharide	13.70±0.5 ^g	1638.53±12.6 ^e
4.5	polysaccharide	10.81±0.3 ^h	1432.40±12.5 ^e
0.5	Arabic gum	64.42±0.9 ^a	3415.57±13.2 ^a
1.5	Arabic gum	33.87±0.4 ^d	2869.41±11.6 ^{bc}
2.5	Arabic gum	19.55±0.7 ^f	2198.62±12.9 ^d
3.5	Arabic gum	10.66±0.3 ^h	1646.44±10.4 ^e
4.5	Arabic gum	4.67±0.1 ⁱ	1385.68±11.7 ^e

Table 2 Effects of storage time and polysaccharide types on particle diameter and creaming index.

Factors		Creaming index (%)	D ₂₃ (nm)
Day	Hydrocolloid		
0	Polysaccharide	2.22±0.9 ^h	1384.53±15.7 ^e
10	Polysaccharide	9.15±0.6 ^g	2045.14±13.4 ^c
20	Polysaccharide	42.75±0.7 ^b	2596.97±13.2 ^b
30	Polysaccharide	49.64±0.3 ^a	2933.19±11.5 ^a
0	Arabic gum	13.22±0.8 ^f	1637.34±12.8 ^{de}
10	Arabic gum	18.97±0.9 ^e	1875.00±10.9 ^{cd}
20	Arabic gum	35.03±0.5 ^d	2572.03±11.1 ^b
30	Arabic gum	39.33±0.4 ^c	2699.21±12.3 ^{ab}

۳-۲- خامه ای شدن امولسیون

خامه ای شدن (تفکیک گرانشی) یکی از انواع ناپایداری های فیزیکی امولسیون های روغن در آب است که در اثر نیروی گرانش ایجاد می شود. میزان تغییرات این شاخص از طریق مشاهده و یا پایش امولسیون طی زمان نگهداری اندازه گیری می شود. اندیس پایداری امولسیون در برابر خامه ای شدن به طور غیر مستقیم اطلاعاتی در مورد میزان تجمع قطرات در امولسیون ها فراهم می کند [۱۶]. سرعت خامه ای شدن با گرانشی رابطه معکوس دارد و با افزایش گرانشی سرعت خامه ای کاهش می یابد [۱۹]. در این پژوهش پایداری فیزیکی امولسیون ها تحت تاثیر غلظت، نوع صمغ و دوره نگهداری

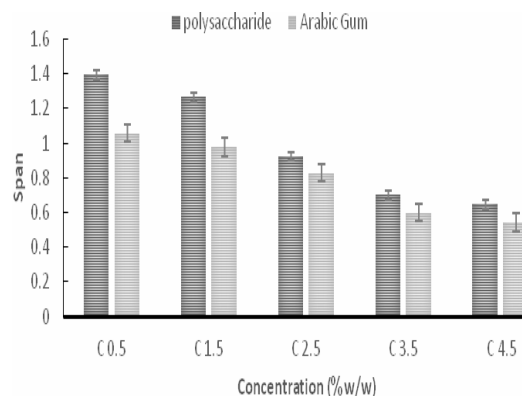


Fig 2 Span for different concentrations of Arabic gum and pea pod polysaccharides.

ظاهری در آغاز افزایش سرعت برشی از شدت بالاتری برخوردار است، ولی در ادامه از شدت کاهش گرانروی ظاهری کاسته می‌شود. علت کاهش شدید گرانروی ظاهری در ابتدا به دلیل از بین رفتن پیوندهای بین مولکولی می‌باشد. در ادامه با شکسته شدن پیوند مولکول‌ها و قرارگیری قطرات در جهت اعمال برش گرانروی ظاهری به کندی کاهش می‌یابد [۲۱]. این خصوصیات در فرمولاسیون امولسیون‌های روغن در آب اهمیت فراوانی دارد و با وجود این‌که امولسیون در هنگام خروج از ظرف به راحتی جریان پیدا می‌کند، اما از جدا شدن ذرات در اثر نیروی جاذبه جلوگیری شده و امولسیون با ثبات باقی می‌ماند [۱۷].

پارامترهای شاخص رفتار جریان (n) و ضریب قوام (k) بر مبنای قانون هرشل- بالکلی برای سامانه‌های امولسیونی به دلیل اهمیت بررسی رفتار جریان امولسیون‌ها در پیش بینی پایداری آن‌ها محاسبه شد (جدول ۳). بالا بودن مقادیر ضریب تبیین ($R^2 > 0.97$) و پایین بودن مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSE < 1/173$) در تمام موارد نشانگر تناسب این مدل برای بررسی داده‌ها به منظور بررسی رفتار جریان نمونه‌ها است. مدل هرشل- بالکلی برای برازش بر داده‌های رفتار جریان امولسیون تثبیت شده با صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر تغلیظ شده [۱۹]، امولسیون تثبیت شده با پروتئین آب پنیر تغلیظ شده- صمغ قدومه شهری [۲۲] و امولسیون روغن در آب تثبیت شده با صمغ دانه شاهی [۱۵] نیز پیشنهاد شده است.

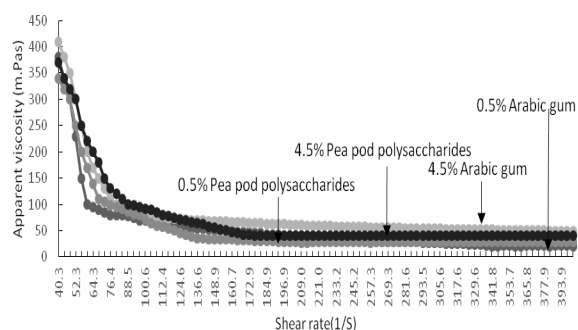


Fig 3 Effect of arabic gum and pea pod polysaccharides concentration (0.5 and 4.5 % w/w) on apparent viscosity of oil in water emulsion at the first day of preparation.

برای ارزیابی گرانروی امولسیون می‌توان به بررسی ضریب قوام آن پرداخت که افزایش این ضریب نشان‌دهنده افزایش گرانروی و جاذبه بین قطرات است. همان‌طور که ملاحظه

امولسیون قرار داشت. با افزایش غلظت صمغ عربی و پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی پایداری امولسیون‌ها در برابر خامه‌ای شدن افزایش یافت که داده‌های رفتار جریانی و اندازه ذرات نیز تایید کننده دلیل این افزایش پایداری می‌باشد. افزودن هیدروکلوئیدها و پلی‌ساکاریدهایی با وزن مولکولی بالا به دلیل ایجاد ممانعت فضایی بین قطرات، به دام انداختن قطرات در شبکه سه بعدی و افزایش گرانروی فاز پیوسته، پایداری را افزایش می‌دهد [۲۰].

مطالعات باقری و همکاران (۱۳۹۴) نشان می‌دهد که با افزایش غلظت امولسیون کننده، مدت زمان پایداری امولسیون افزایش می‌یابد. افزایش گرانروی فاز پیوسته از طریق احاطه کردن قطرات روغن و محدود کردن میزان تحرک و یا جذب شدن قطرات روغن به سمت هم سبب کاهش کشش بین سطحی آب و روغن و در نتیجه افزایش پایداری امولسیون می‌شود [۱۷]. از آنجا که صمغ عربی به‌طور متداول در امولسیون‌ها استفاده می‌شود، انتظار می‌رود عملکرد بهتری نسبت به پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی داشته باشد. براساس جدول ۱ با افزایش غلظت صمغ عربی و پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی اندیس خامه‌ای شدن کاهش و در نتیجه پایداری امولسیون افزایش یافت. با افزایش مدت زمان نگهداری میزان اندیس خامه‌ای شدن افزایش یافت به طوری که اختلاف معناداری ($p < 0.05$) بین مدت زمان ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز نگهداری مشاهده شد (جدول ۲).

۳-۳- بررسی گرانروی ظاهری و رفتار جریان

رابطه بین سرعت برشی و گرانروی ظاهری امولسیون‌های حاوی پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی در ابتدا و انتهای زمان نگهداری به ترتیب در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود افزایش سرعت برشی در تمام نمونه‌ها باعث کاهش گرانروی امولسیون‌ها گردید که نشانگر رفتار غیرنیوتنی مستقل از زمان و رقیق‌شونده با افزایش سرعت برشی (سودوپلاستیک) سامانه‌های امولسیونی حاوی صمغ عربی و پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در غلظت‌های مختلف می‌باشد. این رفتار بیش‌تر برای محلول‌های هیدروکلوئیدی قابل مشاهده است که ناشی از ساختار پلیمری، وزن مولکولی بالا و به دلیل وقوع فلوکولاسیون در آنهاست [۱۷]. پژوهش‌های انجام شده توسط سانگ و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که کاهش گرانروی

صمغ عربی با غلظت ۴/۵ درصد وزنی- وزنی بود. نتایج مشاهده شده بیانگر توانایی نسبتاً خوب پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در مقایسه با صمغ عربی در افزایش گرانروی سامانه امولسیون است. در نتیجه می توان بیان کرد که عامل اصلی خاصیت پایدار کنندگی پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی افزایش گرانروی فاز پیوسته می باشد.

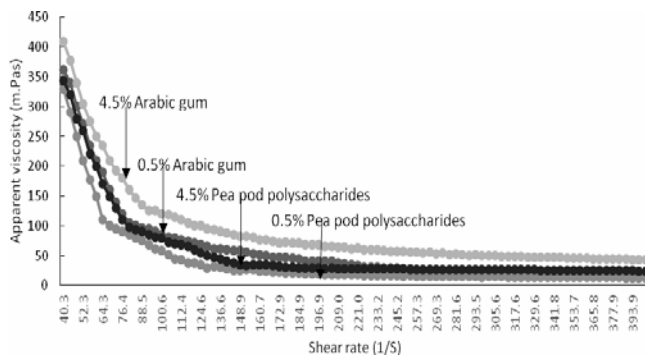


Fig 4 Effect of arabic gum and pea pod polysaccharides concentration (0.5 and 4.5 % w/w) on appaernt viscosity of oil in water emulsion after 30 days of preparation.

می شود با افزایش غلظت پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی ضریب قوام افزایش یافت که بیانگر افزایش گرانروی امولسیون ها است. افزایش تعداد مولکول های با وزن مولکولی بالا یا همان افزایش غلظت و درگیری زنجیره های آنها با هم، کاهش تحرک مولکول ها، تشکیل فیلم های بین سطحی و در نتیجه مقاومت در برابر جریان علت افزایش ضریب قوام است [۲۳]. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش گرانروی امولسیون با افزایش درصد صمغ گزارش شده است [۲۴ و ۲۵].

با افزایش غلظت پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی، شاخص رفتار جریان کاهش یافت که نشان دهنده فاصله از حالت نیوتنی است. برای تمامی غلظت ها شاخص رفتار جریان کمتر از ۱ بود که حاکی از آن است که تمامی امولسیون های پایدار شده توسط صمغ عربی و پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی خصوصیات سودوپلاستیک و رقیق شونده با برش دارند. همان گونه که مشاهده می شود بالاترین ضریب قوام و کمترین شاخص رفتار جریان مربوط به امولسیون حاوی

Table 3 Herschel-Bulkley model parameters for emulsions with different Arabic gum and pea pod polysaccharides concentrations during storage time.

Type and concentration	Storage time										
	0		30		0		30		0		30
	Apparent viscosity ¹ (mPa.s)		Flow behaviour index (n)		Consistency coefficient (m.Pas)		R ²		RMSE		
Arabic gum	0.5	27.35	25.20	14.85	10.32	0.76	0.73	0.973	0.995	1.131	0.901
	1.5	32.23	30.62	27.41	24.10	0.65	0.60	0.992	0.991	0.891	0.914
	2.5	43.45	39.30	49.77	45.21	0.54	0.48	0.991	0.989	0.785	0.991
	3.5	46.78	41.50	63.14	60.30	0.49	0.42	0.990	0.996	0.611	0.906
	4.5	53.70	50.10	80.01	74.11	0.46	0.40	0.992	0.975	1.042	1.173
Pea pod polysaccharides	0.5	28.45	14.90	16.11	7.12	0.73	0.90	0.978	0.991	1.101	0.744
	1.5	31.50	17.26	26.33	12.28	0.67	0.86	0.991	0.981	0.727	0.926
	2.5	34.40	20.57	38.12	23.21	0.58	0.79	0.995	0.992	0.713	0.652
	3.5	37.30	24.11	50.21	35.26	0.54	0.76	0.992	0.984	0.852	0.928
	4.5	40.44	26.20	58.14	38.25	0.51	0.71	0.991	0.989	1.002	1.099

1. Apparent viscosity at shear rate of 300 (1/S).

ذرات امولسیون شده است و در نهایت پایداری امولسیون را فراهم می آورد. بر اساس مطالعه نجف نجفی و فاضلی (۱۳۹۶) با استفاده از غلظت های بالاتر صمغ به علت افزایش گرانروی و برهم کنش های دافعه ای مابین پلیمرها، قطرات به کندی به سمت یکدیگر حرکت می کنند که موجب بهبود پایداری امولسیون می گردد [۱۵]. این نتایج با نتایج به دست آمده از

۴-۳- بررسی ریزساختار امولسیون ها

ریزساختار و پدیده درگیر در ایجاد ناپایداری امولسیون به طور شماتیک توسط ریزنگارهای ارائه شده در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است. مقایسه تصاویر ریزساختار امولسیون ها به روشنی نشان می دهد که افزایش غلظت صمغ و پلی ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی موجب کاهش اندازه

گرانروی فاز پیوسته با احاطه کردن قطرات روغن و محدود کردن میزان تحرک و یا جذب شدن قطرات روغن به سمت هم اتفاق می‌افتد. البته افزایش غلظت صمغ عربی باعث کاهش بیش‌تر قطر ذرات و اندیس خامه‌ای شدن در مدت زمان نگهداری یکسان نسبت به پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی شد. همچنین کاهش گرانروی با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار غیرنیوتنی و رقیق شونده با برش پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از غلاف نخود فرنگی و صمغ عربی بود. به طور کلی نتایج به‌دست آمده گویای توانایی پایدارکنندگی نسبتاً مناسب پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در مقایسه با صمغ عربی است که با توجه به وفور ماده اولیه و قیمت بسیار پایین آن کاربرد پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در تهیه امولسیون‌های غذایی مقرون به صرفه می‌باشد.

۵- منابع

- [1] McClements, D. J. 1999. Food emulsions principles, properties and techniques. Boca Raton, FL, CRC Press.
- [2] Sun, C., Gunasekaran, S., Richards, M. P. 2007. Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids 21, 555–564.
- [3] Dickinson, E. 1991. Food polymers, Gels and colloids. Sawston, Cambridge, Woodhead Publishing. 132-134.
- [4] Paraskevopoulou A., Boskou, D., & Kiosseoglou, V. 2005. Stabilization of olive oil – lemon juice emulsion with polysaccharides. Food Chemistry, 90, 627–634.
- [5] Ozturk, B., Julian McClements, D. 2016. Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. Food Science, 7, 1-6.
- [6] Kirtil, E., Oztop, M. 2016. Characterization of emulsion stabilization properties of quince seed extract as a new source of hydrocolloid. Food Research International, 85, 84–94.
- [7] Garti, N., Aserin, A., Slavin, Y. 1999. Competitive adsorption in O/W emulsions stabilized by the new *Portulaca oleracea* hydrocolloid and nonionic emulsifiers. Food Hydrocolloids, 13, 139–144.
- [8] Mateos-Aparicio, I., Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suárez, M.-J., Zapata-Revilla, M.-A., Tenorio-Sanz, M.-D. 2010. Pea pod, broad bean pod and okara, potential sources

بررسی اندازه قطرات امولسیون و اندیس خامه‌ای شدن امولسیون‌ها (جدول ۱) مطابقت دارد که گویای توانایی پایدارکنندگی نسبتاً مناسب پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی در مقایسه با صمغ عربی است.

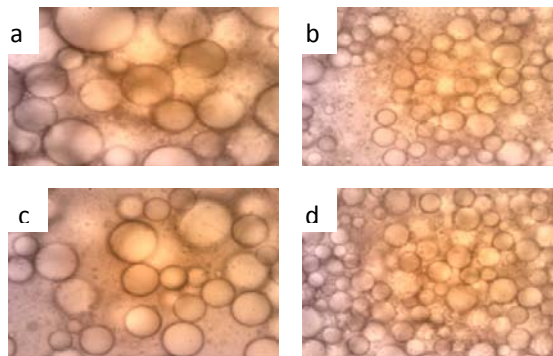


Fig 5 The microscopic structure of fresh emulsions containing different Arabic gum a (0.5% w/w), b (4.5% w/w) and pea pod polysaccharides c (0.5% w/w), d (4.5% w/w) concentrations.

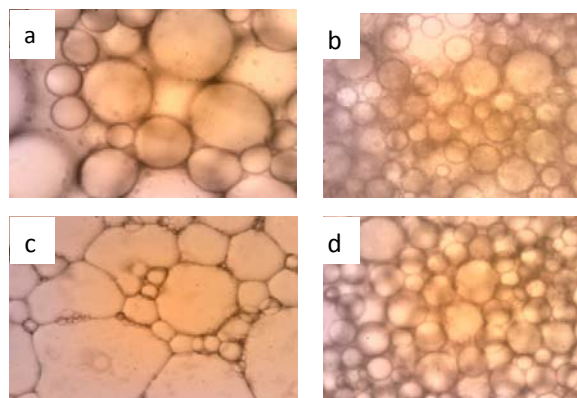


Fig 6 The microscopic structure of emulsions containing different Arabic gum a (0.5% w/w), b (4.5% w/w) and pea pod polysaccharides c (0.5% w/w), d (4.5% w/w) concentrations after 30 days.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش ویژگی‌های پایدارکنندگی پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از غلاف نخود فرنگی در مقایسه با صمغ عربی در سامانه امولسیون روغن در آب مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اذعان کرد که با افزایش غلظت پلی‌ساکاریدهای غلاف نخود فرنگی، مدت زمان پایداری امولسیون و گرانروی ظاهری افزایش و اندازه قطرات و اندیس خامه‌ای شدن کاهش یافت. این امر به دلیل افزایش

- freezing process and its comparison with commercial Xanthan gum. *Innovative Food Technologies*, 9:33-42
- [18] Sadeghian, A. R., Kadkhodae, R., Farhoosh, R., Koocheki, A., Najaf Najafi, M., 2013. Investigating the effect of whey protein-starch conjugate on quality attributes of oil-in-water emulsion. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2: 139-152.
- [19] Alipour, A., Koocheki, A., Kadkhodae, R., Varidi, M. 2015. The effect of *Alyssum homolocarpum* seed gum-whey protein concentrate on stability of oil-in-water emulsion. *JFST*, 12(48): 163-174.
- [20] Georgiadis, N., Ritzoulis, C., Charchari, E., Koukiotis, C., Tsiopstias, C., Vasiliadou, C. 2012. Isolation, characterization and emulsion stabilizing properties of polysaccharides from orchid roots (Salep). *Food Hydrocolloids*, 28, 68-74.
- [21] Song, K.-W., Kim, Y.-S., & Chang, G.-S. 2006. Rheology of concentrated xanthan gum solutions: steady shear flow behavior. *Fibers and Polymers*, 7, 129-138.
- [22] Soleimanpour, M., Koocheki, A., and Kadkhodae, R. 2013. Influence of main emulsion components on the physical properties of corn oil in water emulsion: Effect of oil volume fraction, whey protein concentrate and *Lepidium perfoliatum* seed gum. *Journal of Food Research International*, 50:457-466.
- [23] Ercelabi, E, A., Ibanoglu, E. 2009. Rheological properties of whey protein stabilized emulsions with pectin and guar gum. *European Food Research Technology*, 229: 281-286.
- [24] Williams, P. A., Philips, G. O. 2001. Gum Arabic: functional properties and food applications, *Handbook of Dietary Fiber* (S. Sungsoo Cho and M. L. Dreher, ed.), Marcel Dekker, New York.
- [25] Koochaki, A., Hesari-nezhad, M. A. 2017. Effect of freezing, pasteurization and sterilization on physical properties of oil-in-water stabilized with *Lepidium perfoliatum* seed gum and whey protein concentrate. *JFST*, 64 (14): 21-31.
- of functional compounds. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1467-1470.
- [9] Ghorbani, M., Ganjloo, A., Bimakr, M. 2017. Evaluation the effect of different solvents on total phenolic content and antioxidant activity of pea (*Pisum sativum* L.) pod extract. *JFST*, 64(14):83-92.
- [10] Jalili Safaryan, M., Ganjloo, A., Bimakr, M., Zarringhalami, S. 2017. Effect of ultrasound on extraction of polysaccharides from green pea pod. *JFST*, 63(14): 199-208.
- [11] Wen, L., Lin, L., You, L., Yang, B., Jiang, G., Zhao, M. 2011. Ultrasound-assisted extraction and structural identification of polysaccharides from *Isodon lophanthoides* var. *gerardianus* (Benth) H. Hara. *Carbohydrate Polymers*, 85, 541-547.
- [12] Jalili Safaryan, M., Ganjloo, A., Bimakr, M., Zarringhalami, S. 2016. Optimization of ultrasound-assisted extraction, preliminary characterization and *in vitro* antioxidant activity of polysaccharides from green pea pods. *Foods*, 5(4), 78.
- [13] Osano, J., Hosseini-Parvar, H., Matia-Merino, L., Golding, M. 2014. Emulsifying properties of a novel polysaccharide extracted from basil seed (*Ocimum bacilicum* L.): Effect of polysaccharide and protein content. *Food Hydrocolloids*, 37, 40-48.
- [14] Zhao, J., Wei, T., Wei, Z., Fang Yuan, F., Gao, Y. 2015. Influence of soybean soluble polysaccharides and beet pectin on the physicochemical properties of lactoferrin-coated orange oil emulsion. *Food Hydrocolloids*, 44, 443-452.
- [15] Najaf-Najafi, M., Fazeli, A. 2017. Evaluation of *Lepidium sativum* seed gum effect on physical stability and flow properties of oil-in-water emulsion prepared by high-speed dispersing. *JFST* 64(14): 116-126.
- [16] Karimi, N., Mohammadifar M.A., Nayebzade K. 2013. Effect of two types of Iranian gum tragacanth on stability and rheological properties of oil-in-water emulsion. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(3):87-98.
- [17] Bagheri, H., Gerayeli, Z., Kashaninezhad, M. 2015. Evaluation rheological changes of Qoudomeh Shahri gum as a function of concentration and

Assessment of pea pod polysaccharides effect on stability and flow behavior of oil-in-water emulsion

Jalili Safaryan, M.¹, Ganjloo, A.^{2*}, Bimakr, M.², Zarringhalami, S.²

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

(Received: 2016/12/27 Accepted:2017/10/18)

In this study, the stability of oil-in-water emulsion systems prepared with different concentrations of pea pod polysaccharides (0.5-4.5% w/w) were evaluated within 30 days at 25 °C in comparison with Arabic gum. For this purpose, emulsion properties such as droplet diameter, span value, rheological properties and its microstructure were studied. With increasing pea pod polysaccharides and Arabic gum concentration from 0.5 to 4.5%, the droplet diameter was decreased from 2899.2 to 1432.4 nm and from 3415.5 to 1385.6 nm, respectively. The results indicate the ability of pea pod polysaccharides for suitable coating of droplets in dispersed phase compared to Arabic gum. The droplet diameter was increased from 1384.5 to 2933.1 nm for pea pod polysaccharides and from 1637.3 to 2699.2 nm for Arabic gum during storage time. The creaming index decreased by increasing the concentration of Arabic gum and pea pod polysaccharides from 64.42 to 4.67 % and from 48.09 to 10.81%, respectively. On the other hand, the creaming index was increased with increasing storage time. Evaluation of -flow behavior indicated the non-Newtonian and shear thinning behavior of emulsion systems containing Arabic gum and pea pod polysaccharides. With increasing the concentration of pea pod polysaccharides and Arabic gum, apparent viscosity of fresh emulsions were increased from 28.45 to 40.44 mPa.s and from 27.35 to 53.70 mPa.s, respectively. Decrease in apparent viscosity was observed with increase of storage. Finally, the results indicated the relatively good ability of pea pod polysaccharides to increase stability of oil in water emulsion through increasing the viscosity of continuous phase of emulsion system.

Keywords: Polysaccharide, Pea pod, Emulsion stability, Arabic gum.

* Corresponding Author E-Mail Address: aganjloo@znu.ac.ir