

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

## بررسی اثر دمای خشک‌کن، تیمار حرارتی و غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی

جواد امینی راستابی<sup>۱</sup>، علی نصیرپور<sup>۲\*</sup> و جواد کرامت<sup>۲</sup>

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد؛ و دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۰

### چکیده

در این پژوهش اثر دمای خشک‌کن، تیمار حرارتی و غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی بررسی شد. به این منظور، محلول‌هایی با غلظت‌های ۳، ۳/۵، ۴ و ۵ درصد از صمغ فارسی تهیه شد. این محلول‌ها به مدت ۱ دقیقه تحت تأثیر تیمارهای حرارتی ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. محلول‌ها سپس با استفاده از خشک‌کن پاششی در دماهای ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه سلسیوس خشک شدند. با استفاده از نمونه‌های تولیدی، امولسیون‌هایی حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد صمغ فارسی تولید شد. بررسی‌ها نشان داد با کاهش دمای خشک‌کن، قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ فارسی بهبود می‌یابد؛ اما تیمار حرارتی و غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ فارسی ندارند. امولسیون‌ها با غلظت ۱ درصد صمغ فارسی بعد از یک هفته کاملاً پایدار بودند و جدا شدن چربی در آنها مشاهده نشد، طی یک ماه نیز امولسیون‌های دارای غلظت ۲ درصد صمغ فارسی کاملاً پایدار بودند. با افزایش دمای خشک‌کن، اندیس خامه‌ای شدن کاهش یافت؛ اما غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن و دمای تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر اندیس خامه‌ای شدن نداشتند. با افزایش غلظت صمغ فارسی از ۰/۵ به ۲-۱/۵ درصد، میانگین اندازه ذرات امولسیون کاهش یافت؛ اما با افزایش بیشتر غلظت صمغ فارسی تا ۳ درصد میانگین اندازه ذرات افزایش پیدا کرد. از بین عوامل بررسی‌شده تنها دمای خشک‌کن بر اندازه ذرات تأثیرگذار ( $P < 0.05$ ) بود به گونه‌ای که با افزایش دمای خشک‌کن میانگین اندازه ذرات افزایش یافت.

### واژه‌های کلیدی

تیمار حرارتی، پایداری امولسیون، خشک‌کن پاششی، قابلیت امولسیون‌کنندگی، ویژگی‌های عملکردی

### مقدمه

تکنولوژی‌های به کار گرفته‌شده در این صنعت استفاده از افزودنی‌های غذایی است. پرمصرف‌ترین افزودنی‌ها در صنایع غذایی است که صمغ می‌توان به برخی از کاربردها و ویژگی‌های آن از جمله

در چند دهه اخیر، صنعت غذا به‌منظور پاسخگویی به گرایش‌های جدید مصرف‌کنندگان به‌طور فزاینده‌ای تکامل یافته است. یکی از

آن قادر است تا امولسیون‌های حاوی مقادیر بالایی از فاز روغنی (۵/۰ درصد بخش انحلال‌پذیر و ۵ درصد روغن) را امولسیفیه کند. این محققان اضافه می‌کنند که بخش انحلال‌پذیر صمغ فارسی علاوه بر دارا بودن پروتئین، به دلیل ساختار ویژه، حضور احتمالی گروه‌های جانبی خاص و توانایی افزایش ویسکوزیته، قابلیت بالایی در پایدارسازی امولسیون‌های روغن در آب از خود نشان می‌دهد. در پژوهشی دیگر، رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2013c) نشان دادند که با افزایش غلظت صمغ فارسی از ۱ درصد به ۲ درصد در امولسیون‌های روغنی، میانگین قطر ذرات امولسیون از  $1/3 \mu\text{m}$  به  $0/8 \mu\text{m}$  کاهش می‌یابد. این پژوهشگران می‌گویند در امولسیون‌ها با غلظت کمتر صمغ فارسی، به دلیل حضور ناکافی صمغ به‌عنوان عامل امولسیون‌کننده، بسیاری از ذرات بدون پوشش باقی‌مانند و در اثر به هم پیوستن قطره‌ها گستره بزرگ‌تری از اندازه ذرات ایجاد می‌شود. گلکار و همکاران (Golkar et al., 2013) با مقایسه قدرت امولسیون‌کنندگی صمغ فارسی در برابر صمغ عربی به این نتیجه رسیدند که صمغ فارسی، نسبت به صمغ عربی، گرچه در کاهش اندازه ذرات امولسیون عملکرد پایین‌تری دارد ولی در غلظت‌های کمتر توانایی پایدار کردن امولسیون‌های روغنی را دارد. کوک و همکاران (Kok et al., 1999) تأثیر تیمار حرارتی بر خصوصیات عملکردی صمغ لوبیای اقاچیا را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تیمار حرارتی باعث کاهش ویسکوزیته و خواص امولسیفایری صمغ لوبیای اقاچیا می‌شود. مارتینز و همکاران (Cervantes-Martinez et al., 2014) ویژگی‌های رئولوژیکی و عملکردی موسیلاژ آلوه ورا خشک‌شده با خشک‌کن پاششی را بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش دمای ورودی خشک‌کن و

عامل چسبندگی، اتصال‌دهندگی، بافت‌دهنده، بازدارنده تشکیل بلور، تثبیت کف، ژل‌کننده، شکل‌دهنده، محافظت‌کننده کلئوئید و سوسپانسیون‌کننده اشاره کرد (Fadavi et al., 2014)

اصولاً مصرف‌کننده‌ها تمایل بیشتری به استفاده از افزودنی‌های طبیعی، نسبت به افزودنی‌های سنتزی، دارند و از این‌رو در سال‌های اخیر مطالعات بسیار زیادی روی صمغ‌های طبیعی، از جمله صمغ‌های گیاهی، شده است. بادام‌کوهی بانام علمی *Amygdalus scoparia* (اسکوپاریا Spach)، درختچه‌ای از خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) است که از تنه و شاخه‌های آن صمغی شفاف به نام صمغ فارسی یا صمغ زرد ترشح می‌شود (Rahimi & Abbasi, 2013). صمغ فارسی ترکیبی است قندی که مقدار کمی پروتئین دارد. صمغ فارسی از ۳۰ درصد بخش انحلال‌پذیر و ۷۰ درصد بخش انحلال‌ناپذیر تشکیل شده و دارای pH اسیدی (حدود ۴/۴) است. نتایج حاصل از HPLC و NMR حاکی از آن است که ستون فقرات صمغ فارسی از نسبت ۱:۲ گالاکتوز: آرابینوز ساخته شده است (Rahimi et al., 2013a).

خالصی و همکاران (Khalesi et al., 2011) با ارزیابی خصوصیات امولسیفایری صمغ فارسی به این نتیجه رسیدند که این ماده دارای ویژگی‌های قوام‌دهندگی، امولسیفایری و پایدارکنندگی امولسیون است و با افزایش غلظت این صمغ در امولسیون روغن در آب، میزان قابلیت تشکیل و پایداری امولسیون افزایش می‌یابد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2013b) ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی بخش‌های انحلال‌پذیر و انحلال‌ناپذیر صمغ فارسی را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که صمغ فارسی و به‌ویژه بخش انحلال‌پذیر

### آماده‌سازی نمونه‌ها

بعد از جدا کردن آلودگی‌های سطحی، نمونه‌های سفید و دارای کیفیت بالا، با آسیاب چکشی (توس، مدل ۹۲۰۰) کاملاً خرد و نرم شدند. پودر صمغ فارسی به آرامی به آب مقطر روی همزن مغناطیسی (RH22، ساخت آلمان) که حالت متلاطم داشت، اضافه شد و حداقل دو ساعت مخلوط شدن در دمای اتاق ( $20 \pm 2$  درجه سلسیوس) ادامه داشت. غلظت محلول‌های تهیه‌شده در محدوده ۳ تا ۵ درصد بود و بر اساس طرح حاصل از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت (نسخه ۷، ساخت شرکت Stat-Ease, Inc)، محلول‌ها در ۴ سطح ۳، ۳/۵، ۴ و ۵ درصد تهیه شدند (تمامی آزمایش‌ها در قالب طرح RSM رویه D-OPTIMAL طراحی و اجرا شدند). برای هیدراته شدن کامل صمغ، نمونه‌ها پس از تهیه‌شدن به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال قرار داده شدند. به‌منظور جدا کردن ناخالصی‌ها، محلول صمغ فارسی از فیلتر پارچه‌ای عبور داده شد.

راندمان اقتصادی یکی از فاکتورهای مهم در فرایند تولید محصولات غذایی است. در فرایند خشک کردن صمغ‌ها نیز غلظت محلول صمغ باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که هم خشک‌کن توانایی خشک کردن محلول را داشته باشد و هم از لحاظ اقتصادی باصرفه باشد. در این پژوهش غلظت محلول صمغ فارسی در محدوده ۳ تا ۵ درصد در نظر گرفته شد. در غلظت‌های بیشتر از ۵ درصد، به علت ویسکوزیته بالای محلول، خشک‌کن پاششی توانایی مکش و خشک کردن نمونه را ندارد و بخش زیادی از محلول صمغ به صورت خشک نشده به دیواره خشک‌کن پاششی می‌چسبد و باعث کاهش راندمان

افزایش سرعت تمیزه کردن، خواص عملکردی موسیلاژ کاهش و با افزایش سرعت جریان خشک‌کن، خواص عملکردی نمونه حاصل افزایش می‌یابد. ناجی و همکاران (Naji et al., 2012) گزارش داده‌اند با اعمال تیمار حرارتی، ظرفیت امولسیون‌کنندگی صمغ دانه شاهی به دلیل افزایش ویسکوزیته افزایش می‌یابد اما در صمغ عربی تیمار حرارتی به دلیل واسرشت کردن (دنا توره کردن) پروتئین‌ها باعث کاهش ظرفیت امولسیون‌کنندگی می‌شود.

تحقیقات تاکنون بیشتر در زمینه تعیین ویژگی‌های عملکردی صمغ خام بوده‌است و روی فیلتراسیون، رنگ‌بری، بوگیری، اثر خشک‌کردن و حرارت دهی بر ویژگی‌های صمغ فارسی تحقیقاتی صورت نگرفته است؛ از آنجا که برای تولید صمغ کاملاً صنعتی نیاز است تا اثر فرایندهای ذکرشده روی صمغ مشخص شود (Marcotte et al., 2001)، بنابراین در این تحقیق سعی شد که اثر غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن، تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر ویژگی‌های امولسیفایری صمغ فارسی بررسی شود.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

صمغ فارسی از درختان بادام‌کوهی *Amygdalus scoparia* Spach از جنگل‌های محافظت‌شده بادام‌کوهی در روستای ارجنک، واقع در استان چهارمحال و بختیاری، جمع‌آوری و تا زمان انتقال به آزمایشگاه و آغاز آزمایش‌ها در بسته‌های پلی‌پروپیلنی و در دمای یخچال نگهداری شد.

نمی‌گرفت و دماهای بالاتر از ۱۸۰ درجه سلسیوس نیز باعث آسیب حرارتی نمونه‌ها و کاهش خواص عملکردی آن‌ها می‌شد، از محدوده دمایی ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس برای خشک‌کردن نمونه‌ها استفاده شد. فرایند خشک کردن فقط میزان دمای ورودی تغییر یافت، سرعت جریان نمونه و جریان هوا ثابت و به ترتیب برابر با ۴ میلی لیتر بر دقیقه و ۴۰ درصد و زمان باز و بسته شدن نازل دستگاه به ترتیب ۰/۳ ثانیه و ۳ ثانیه در نظر گرفته شد. از محلول صمغ خام آسیاب شده به‌عنوان نمونه شاهد و از محلول صمغ خام فیلتر شده (محلول صمغی که به‌منظور جدا کردن ناخالصی‌ها از پارچه صافی عبور داده شده بود) به‌عنوان نمونه شاهد فیلتر شده استفاده شد.

#### آماده‌سازی امولسیون‌ها

به منظور تولید امولسیون صمغ فارسی با غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد، در ابتدا از نمونه‌های صمغ آماده شده، محلول‌هایی در غلظت‌های ۰/۶۲۵، ۱/۲۵، ۱/۸۷۵، ۲/۵ و ۳/۷۵ درصد تهیه شد. تحقیقات در زمینه ویژگی‌های امولسیفایری صمغ فارسی نشان می‌دهد ویژگی‌های عملکردی صمغ فارسی در غلظت‌های ۰/۵ تا ۲ درصد نمایان می‌شود (Abbasi & Mohammadi, 2013; Rahimi et al., 2013c). بنابراین در این پژوهش به منظور بررسی دقیق‌تر ویژگی‌های امولسیفایری صمغ فارسی، از امولسیون‌ها با غلظت ۰/۵ تا ۳ درصد صمغ استفاده شد. برای اینکه ذرات صمغ کاملاً هیدراته شوند، محلول‌های تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شدند. امولسیون‌های موردنظر با مخلوط کردن ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و ۸۰ درصد محلول صمغ فارسی تهیه شدند. مخلوط‌های فوق با استفاده از همگن کننده (هموژنایزر) آلتراتوراکس (مدل T18، ساخت

و افزایش ضایعات می‌شود. از طرف دیگر، در غلظت‌های کمتر از ۳ درصد بخش زیادی از انرژی صرف تبخیر آب می‌شود که این امر نیز از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست. بنابراین، در این پژوهش از غلظت‌های ۳ تا ۵ درصد صمغ فارسی استفاده گردید.

#### تیمار حرارتی و خشک کردن

محلول‌های صمغ فارسی پس از آماده‌سازی و فیلتراسیون، تحت تأثیر تیمار حرارتی قرار گرفتند. بر اساس طرح حاصل از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت، تیمار حرارتی در ۳ سطح ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درجه سلسیوس صورت گرفت. تحقیقات در زمینه تیمار حرارتی صمغ‌ها نشان داده است که بیشترین تغییرات در ساختار مولکولی صمغ‌ها و بهبود خواص عملکردی آنها در دماهای بیشتر از ۶۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد. از طرف دیگر، استفاده از دماهای بیشتر از ۹۰ درجه سلسیوس باعث تخریب شدید ساختارهای مولکولی و از بین رفتن خواص عملکردی برخی از صمغ‌ها می‌شود (Naji et al., 2012). بنابراین، در این پژوهش سعی شد از محدوده دمایی ۶۵-۸۵ درجه سلسیوس برای تیمار حرارتی استفاده شود. یکی دیگر از علل انتخاب این محدوده دمایی، به نوعی شبیه‌سازی فرایند پاستوریزاسیون بود، زیرا برای پاستوریزاسیون برخی از صمغ‌ها از این محدوده دمایی استفاده می‌شود.

برای تیمار حرارتی، نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه در حمام آب گرم تحت تأثیر دمای موردنظر قرار داده شدند. محلول‌ها با استفاده از خشک‌کن پاششی (مدل DSD-02، ساخت شرکت درساتک ایران) و بر اساس طرح حاصل از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت در دماهای ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه سلسیوس خشک شدند. از آنجاکه در دماهای کمتر از ۱۲۰ درجه سلسیوس خشک‌کردن نمونه‌ها به‌خوبی صورت

### پایداری امولسیون<sup>۴</sup>

برای اندازه‌گیری پایداری امولسیون، در ابتدا امولسیون تهیه‌شده به مدت ۳۰ دقیقه درون حمام آب گرم ۸۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. بلافاصله بعد از تیمار حرارتی، امولسیون موردنظر به مدت ۱۵ دقیقه درون حمام یخ قرار داده شد و در انتها، امولسیون در ۱۳۰۰g برای ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. برای اندازه‌گیری پایداری امولسیون از رابطه ۱ استفاده شد (Amini et al., 2016).

۲-۳-۴- پایداری در برابر جدا شدن فاز چربی<sup>۵</sup>

پایداری در برابر جدا شدن فاز چربی در یک هفته، دو هفته و یک ماه اندازه‌گیری شد. در دوره انبارداری نمونه‌ها درون یخچال نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری پایداری به جدا شدن فاز چربی از رابطه ۱ استفاده شد (Amini et al., 2016).

### آنالیز اندازه ذرات

اندازه ذرات با استفاده از دستگاه پراکنش پرتو لیزر (LA-930، ساخت شرکت هوربیا ژاپن) مجهز به پرتو لیزر ۵ میلی ولت هلیوم-نئون با طول موج ۶۳۵ نانومتر به دست آمد. در دستگاه، اندیس شکست آب و روغن آفتاب‌گردان به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۵۲ تنظیم گردید. برای جلوگیری از الحاق ذرات چربی، نمونه‌های امولسیونی قبل از تزریق به دستگاه به میزان ۱:۱۰۰ با سدیم دو سولفات (SDS) ۱ درصد رقیق و بعد از همگن کردن به دستگاه تزریق شدند تا جایی که میزان درصد نور عبوری ۷۰ تا ۶۰ درصد شود. برای بررسی توزیع اندازه ذرات، امولسیون‌ها بلافاصله بعد از تولید و نیز بعد یک هفته نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس به دستگاه تزریق شدند. از آنجایی که اندیس حجمی، به قطر

شرکت آیکا آلمان) به مدت ۵ دقیقه در ۱۳۵۰۰ دور بر دقیقه کاملاً همگن (هموزن) شدند. امولسیون‌های تهیه‌شده به منظور پخش ماکرومولکول‌ها و پایداری سطح بین روغن و آب، به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شدند. ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی محلول‌های تهیه‌شده بررسی شد.

نمونه‌ها به صورت ترکیب حرف S (حرف اول Sample یا نمونه) و سه عدد نام‌گذاری شدند (S<sub>A</sub>, B, C). در این نام‌گذاری A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن، دمای تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن هستند.

### ویسکوزیته امولسیون

ویسکوزیته امولسیون با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (مدل DVII، ساخت آمریکا) مجهز به Small sample adaptor و در سرعت چرخشی ۲۰ دور در دقیقه اندازه‌گیری شد. اسپیندل مورد استفاده در این آزمایش شماره ۲۱ و مخصوص Small sample adaptor بود (Amini et al., 2016).

### قابلیت امولسیون‌کنندگی<sup>۱</sup>

برای اندازه‌گیری قابلیت امولسیون‌کنندگی، ۱۵ میلی‌لیتر از امولسیون تهیه‌شده درون فالكون درجه‌بندی‌شده ریخته شد. فالكون‌ها درون سانتریفیوژ قرار گرفتند و به مدت ۵ دقیقه در ۱۳۰۰g سانتریفیوژ شدند. برای اندازه‌گیری قابلیت امولسیون‌کنندگی، تمام حجم<sup>۲</sup> (WV) و حجم فاز امولسیونی<sup>۳</sup> (EPV) اندازه‌گیری و قابلیت امولسیون‌کنندگی طبق رابطه ۱ محاسبه شد (Amini et al., 2016).

$$\text{Emulsion ability (\%)} = (\text{EPV} / \text{WV}) \times 100 \quad (1)$$

1- Emulsion ability

3- Emulsion phase volume

5- Creaming index

2- Whole volume

4- Emulsion stability

همدیگر و ایجاد ناپایداری کاهش می‌یابد (Dickinson, 2011). در همین ارتباط دیکینسون (Dickinson, 2009) ثابت کرد که غلظت کم هیدروکلوئید در امولسیون اثر ناپایداری دارد که دو فاز شدن را آسان می‌کند در حالی که در غلظت‌های بالاتر هیدروکلوئید، به سبب قوی‌تر بودن برهم‌کنش‌های تهی سازی که از ویژگی ویسکوالاستیک قطره‌های امولسیون در شبکه شبه ژلی ناشی می‌شود، از جدا شدن چربی از امولسیون جلوگیری می‌کند.

نمونه شاهد اگرچه نسبت به نمونه شاهد فیلتر شده و سایر نمونه‌ها دارای ویسکوزیته بیشتری بود؛ ولی ویژگی امولسیفایری آن نسبت به ویژگی امولسیفایری نمونه شاهد فیلتر شده و دیگر نمونه‌ها کمتر بود، علت این امر را می‌توان جدا شدن بخشی از جزء انحلال‌ناپذیر صمغ فارسی در مرحله فیلتراسیون دانست. همان‌طور که قبلاً گفته شد، صمغ فارسی از دو بخش انحلال‌پذیر و انحلال‌ناپذیر تشکیل شده است که بخش انحلال‌ناپذیر آن توانایی زیادی در جذب آب و ایجاد ویسکوزیته دارد؛ اما در فرایند خالص‌سازی صمغ فارسی، مقداری از این بخش انحلال‌ناپذیر همراه با سایر ناخالصی‌ها از محلول صمغ حذف شد؛ بنابراین، علت کاهش ویسکوزیته نمونه فیلتر شده نسبت به نمونه شاهد را می‌توان حذف بخشی از جزء انحلال‌ناپذیر صمغ فارسی دانست. بیشتر بودن ویژگی‌های امولسیفایری در نمونه شاهد فیلتر شده، نسبت به نمونه شاهد، نشان‌دهنده این است که جزء انحلال‌ناپذیر صمغ فارسی نه تنها قابلیت امولسیون‌کنندگی ندارد، بلکه باعث شکست امولسیون و تشدید جدا شدن فاز چربی نیز می‌شود. در همین ارتباط، عباسی و محمدی (Abbasi & Mohammadi, 2013) با بررسی قدرت

ذرات حساس است، بنابراین برای بررسی الحاق به‌هنگام نگهداری امولسیون‌ها، از اندیس حجمی استفاده شد (Golkar et al., 2015). لازم است یادآوری شود که اندازه ذرات در کلیه تیمارها در ۳ تکرار به دست آمد و میانگین آنها مبنای گزارش قرار گرفت.

### تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایش‌ها در قالب طرح Response Surface Methodology (RSM) رویه D-OPTIMAL اجرا شدند. داده‌ها با رویه تجزیه و تحلیل واریانس (Anova) و با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 7.00 تجزیه و تحلیل شدند. سطح معنی‌دار مورد استفاده در این مطالعه ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و آزمایش‌ها در سه تکرار دنبال شدند.

### نتایج و بحث

#### قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون در نمونه‌های مختلف اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. در همه نمونه‌ها، با افزایش غلظت صمغ فارسی، قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون به تدریج افزایش یافت تا اینکه قابلیت امولسیون‌کنندگی در غلظت ۱/۵ درصد و پایداری امولسیون در غلظت ۲-۱/۵ درصد به میزان ۱۰۰ درصد رسید (ویژگی‌های امولسیفایری برای غلظت‌های بیشتر از ۱/۵ درصد نیز بررسی شد ولی به دلیل اینکه در همه موارد میزان آن ۱۰۰ درصد بود، مقادیر آن در جدول ۱ آورده نشده است). با افزایش غلظت صمغ در محلول‌ها، میزان جذب آب افزایش و ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین، تحرک و جابه‌جایی ذرات چربی کاسته می‌شود و امکان برخورد آنها به

امولسیون‌کنندگی صمغ فارسی در امولسیون شیر- آب پرتقال به این نتیجه رسیدند که بخش انحلال‌پذیر صمغ فارسی در غلظت ۱ درصد باعث پایداری کامل امولسیون می‌شود اما بخش انحلال‌ناپذیر آن تا غلظت ۱/۸ درصد نیز هیچ‌گونه پایداری در امولسیون ایجاد نمی‌کند.

با آنالیز داده‌های مربوط به قابلیت امولسیون‌کنندگی در امولسیون‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ فارسی مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها وجود ندارد و هیچ‌یک از مدل‌ها قادر به توصیف این تغییرات نیست اما قابلیت امولسیون‌کنندگی در نمونه‌های دارای ۱ درصد صمغ فارسی با مدل زیر (رابطه ۲) قابل تخمین‌زدن است. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۷۶۸۲ و ۰/۲۵۸۴ به دست آمد.

$$\begin{aligned} \text{Emulsion ability} = & 60.203 + \\ & (0.0562 * \text{Concen}) - (0.646 * \text{Heat treat}) - \\ & (2.212 * \text{Drying tempe}) - \\ & (0.663 * \text{Concen} * \text{Heat treat}) + \\ & (0.269 * \text{Concen} * \text{Drying tempe}) + \\ & (1.029 * \text{Heat treat} * \text{Drying tempe}) \end{aligned} \quad (2)$$

در بحث پایداری امولسیون نیز مانند مبحث قابلیت امولسیون‌کنندگی مشاهده شد که در امولسیون‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ فارسی اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها وجود ندارد و هیچ‌یک از مدل‌ها قادر به توصیف این تغییرات نیست اما پایداری امولسیون در نمونه‌های دارای ۱ درصد صمغ

فارسی با مدل زیر (رابطه ۳) قابل تخمین‌زدن است. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۹۰۰۴، ۰/۸۴۶۱ و ۰/۴۶۶۹ به دست آمد.

$$\begin{aligned} \text{Emulsion stability} = & 39.871 - \\ & (0.869 * \text{Concen}) - (0.611 * \text{Heat treat}) - \\ & (3.079 * \text{Drying tempe}) - \\ & (0.509 * \text{Concen} * \text{Heat treat}) + \\ & (0.130 * \text{Concen} * \text{Drying tempe}) + \\ & (1.261 * \text{Heat treat} * \text{Drying tempe}) \end{aligned} \quad (3)$$

با مقایسه میزان پایداری و قابلیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌ها با میزان ویسکوزیته امولسیون‌ها (جدول ۱) می‌توان به ارتباط مستقیم بین ویسکوزیته امولسیون و ویژگی‌های امولسیفایری پی برد. با افزایش ویسکوزیته امولسیون، میزان تحرک و جابه‌جایی ذرات چربی کاهش می‌یابد و در نتیجه احتمال برخورد ذرات به همدیگر و افزایش اندازه و به دنبال آن جدا شدن فاز چربی از امولسیون کاهش می‌یابد (Dickinson, 2009).

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین قابلیت امولسیون‌کنندگی مربوط به نمونه‌های S<sub>۳.۶۵.۱۲۰</sub>، S<sub>۳.۸۵.۱۲۰</sub>، S<sub>۴.۷۵.۱۲۰</sub> و S<sub>۵.۶۵.۱۲۰</sub> است که این نمونه‌ها نیز نسبت به بقیه ویسکوزیته بیشتری دارند. در طرف مقابل نیز کمترین قدرت امولسیون‌کنندگی مربوط به نمونه‌های S<sub>۳.۶۵.۱۸۰</sub>، S<sub>۵.۸۵.۱۸۰</sub> و S<sub>۵.۶۵.۱۸۰</sub> است که این نمونه‌ها نیز تقریباً ویسکوزیته کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند.

جدول ۱- قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون در امولسیون‌های صمغ فارسی (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و غلظت‌های مختلف صمغ فارسی)

نمونه	ویسکوزیته امولسیون		قابلیت امولسیون‌کنندگی		پایداری امولسیون	
	۱ درصد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد
S 3,65,120	۷۸/۴±۲/۱۵	۳۱/۴۳±۰/۴۵	۶۱/۹۵±۰/۳۵	۲۴/۶۷±۰/۵۴	۴۳/۹۵±۰/۹۸	۱۰۰±۰/۰۰
S 3,65,120	۷۸/۲±۱/۱۰	۳۲/۷۳±۰/۶۶	۶۱/۰۰±۰/۱۲	۲۵/۹۶±۰/۴۲	۴۲/۵۱±۱/۱۲	۱۰۰±۰/۰۰
S 3,85,150	۷۴/۱±۳/۲۵	۲۹/۵۷±۰/۳۲	۵۸/۴۶±۰/۴۷	۲۵/۷۶±۰/۲۲	۳۸/۶۴±۱/۴۸	۱۰۰±۰/۰۰
S 3,85,180	۶۵/۳±۱/۸۰	۲۹/۵۷±۰/۳۲	۵۹/۴۹±۰/۲۸	۲۴/۲۷±۰/۴۸	۳۶/۷۹±۰/۸۵	۸۷/۶۲±۲/۲۴
S 3,85,120	۷۹/۶±۱/۵۵	۳۰/۸۴±۰/۲۴	۶۳/۴۶±۰/۶۱	۲۵/۳۹±۰/۱۸	۴۴/۷۶±۱/۵۴	۱۰۰±۰/۰۰
S 3,65,180	۶۶/۲±۲/۰۲	۲۹/۵۷±۰/۳۲	۵۸/۱۰±۰/۱۹	۲۴/۵۸±۰/۴۱	۳۸/۱۰±۰/۷۴	۸۸/۵۷±۳/۰۵
S 3,5,75,165	۷۲/۰۰±۱/۸۵	۲۹/۰۰±۰/۱۶	۵۷/۶۹±۰/۵۱	۲۴/۴۷±۰/۲۳	۳۷/۳۸±۱/۸۴	۱۰۰±۰/۰۰
S 4,65,150	۷۲/۰۰±۱/۵۰	۳۰/۲۵±۰/۴۱	۶۱/۰۱±۰/۳۳	۲۵/۰۴±۰/۱۵	۳۹/۶۲±۲/۱۸	۱۰۰±۰/۰۰
S 4,75,120	۷۹/۱±۲/۲۵	۲۹/۲۵±۰/۲۸	۶۳/۴۶±۰/۴۳	۲۵/۰۰±۰/۳۵	۴۳/۸۱±۱/۰۱	۱۰۰±۰/۰۰
S 4,85,180	۶۵/۰۱±۰/۷۵	۳۱/۵۲±۰/۴۷	۵۸/۴۹±۰/۱۵	۲۴/۷۶±۰/۲۸	۳۷/۱۴±۰/۸۴	۸۶/۴۷±۲/۲۸
S 5,65,180	۶۵/۵±۳/۰۲	۲۹/۸۵±۰/۱۸	۵۸/۰۰±۰/۲۴	۲۵/۵۸±۰/۳۷	۳۵/۲۴±۰/۸۹	۱۰۰±۰/۰۰
S 5,65,180	۶۵/۳±۱/۶۶	۲۹/۵۷±۰/۳۲	۵۸/۴۳±۰/۷۱	۲۵/۸۱±۰/۴۱	۳۵/۸۵±۰/۹۱	۱۰۰±۰/۰۰
S 5,75,150	۷۱/۲±۱/۵۰	۲۹/۵۷±۰/۳۲	۵۹/۰۵±۰/۵۱	۲۴/۵۳±۰/۱۴	۳۷/۷۴±۰/۵۹	۱۰۰±۰/۰۰
S 5,85,120	۷۶/۰۰±۱/۱۲	۲۹/۲۵±۰/۱۴	۵۹/۴۵±۰/۳۲	۲۵/۷۶±۰/۵۱	۳۸/۶۸±۱/۴۵	۱۰۰±۰/۰۰
S 5,85,120	۷۵/۹±۱/۰۰	۳۰/۸۴±۰/۱۹	۵۹/۶۲±۰/۲۳	۲۵/۵۳±۰/۴۹	۳۹/۲۵±۱/۱۳	۱۰۰±۰/۰۰
S 5,85,180	۶۵/۸±۲/۱۵	۳۰/۷۳±۰/۳۵	۵۸/۱۰±۰/۴۱	۲۵/۴۷±۰/۱۹	۳۶/۴۵±۰/۷۹	۸۶/۶۷±۴/۱۸
S 5,56,120	۷۵/۰۰±۲/۸۵	۳۰/۴۳±۰/۲۶	۶۴/۹۵±۰/۱۴	۲۵/۳۶±۰/۳۱	۴۵/۳۸±۱/۹۵	۱۰۰±۰/۰۰
S 5,65,120	۷۵/۴±۱/۲۵	۲۹/۵۷±۰/۲۱	۶۵/۰۰±۰/۰۰	۲۵/۶۲±۰/۳۷	۴۴/۹۵±۲/۰۲	۱۰۰±۰/۰۰
شاهد	۹۰/۷±۳/۵۵	۲۸/۳۰±۰/۳۷	۵۰/۱۴±۰/۳۸	۲۴/۰۴±۰/۴۲	۳۱/۲۴±۰/۵۷	۷۶/۱۹±۴/۳
شاهد فیلتر شده	۸۴/۵±۲/۷۵	۳۰/۵۰±۰/۵۹	۷۰/۲۵±۱/۲۰	۲۵/۶۱±۰/۱۸	۵۴/۰۶±۱/۱	۱۰۰±۰/۰۰

SA, B, C نمونه‌ای است که در آن A, B و C به ترتیب نشان‌دهنده غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن، دمای تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن هستند.

- نتایج به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف از میانگین گزارش شده است.

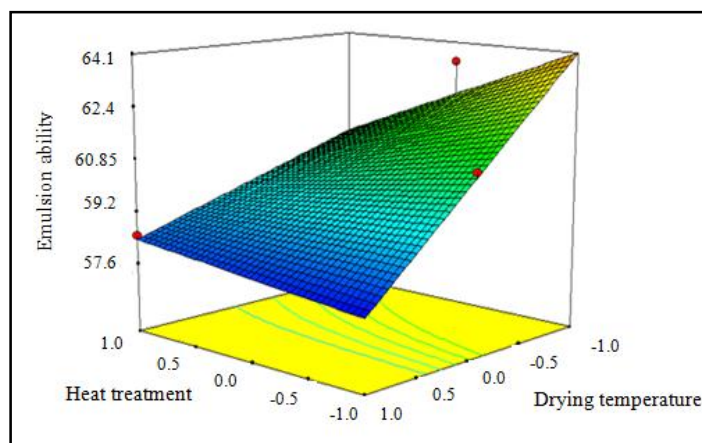
پایداری امولسیون‌ها کاسته شده است. در پایین‌ترین میزان دمای خشک‌کن و پایین‌ترین میزان تیمار حرارتی، ویژگی‌های امولسیفایری حالت بیشینه را دارند، ولی به تدریج با افزایش همزمان دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی، از ویژگی‌های امولسیفایری صمغ کاسته می‌شود. اثر تیمار حرارتی بر ویژگی‌های امولسیفایری کاهش یافته ولی دمای خشک‌کن همچنان شدت اثرگذاری خود را دارد تا اینکه در بیشترین میزان دمای خشک‌کن، قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون به حالت کمینه خود می‌رسد. یکی از دلایل این امر می‌تواند واسرشتگی (دنا توره شدن) پروتئین‌های موجود در

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ فارسی به شدت تحت تأثیر دمای خشک‌کن و اثر متقابل دمای خشک‌کن - تیمار حرارتی ( $P < 0.05$ ) است، اما غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر ویژگی‌های امولسیفایری صمغ فارسی ندارند. شکل‌های ۱ و ۲ اثر متقابل تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن را بر ویژگی‌های امولسیفایری امولسیون‌های حاوی ۱ درصد صمغ فارسی نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دمای خشک‌کن و افزایش شدت تیمار حرارتی، از قدرت امولسیون‌کنندگی و

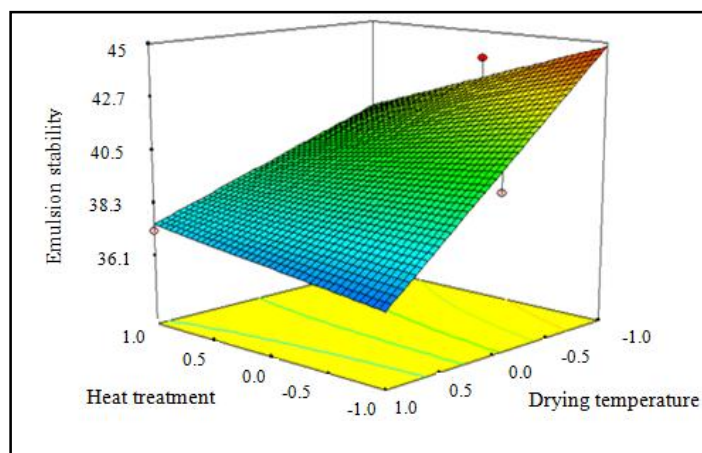


سیستم افزایش می‌یابد (Williams *et al.*, 2009). ویلیامز و همکاران (Williams *et al.*, 2009) رسوب بخش پروتئینی صمغ و کاهش ویسکوزیته به‌هنگام حرارت دهی را عامل شکستن امولسیون در تست پایداری امولسیون می‌دانند. گارتی (Garti, 1999) توانست امولسیون‌هایی حاوی ۰/۷ درصد صمغ و ۵ درصد روغن را تهیه کند که طی یک سال نگهداری در دمای اتاق در برابر تجمع<sup>۱</sup> پایدار بود ولی حرارت دهی بلافاصله موجب بروز به‌هم‌پیوستگی<sup>۲</sup> در امولسیون‌ها گردید.

ساختار صمغ در اثر افزایش حرارت دانست. به‌عبارت‌دیگر، با افزایش دما، پروتئین‌ها واسرشت (دنا توره) می‌شوند و ویژگی‌های امولسیفایری خود را از دست می‌دهند. دلیل دوم را می‌توان کاهش ویسکوزیته نمونه‌ها در اثر افزایش دما دانست. همان‌طور که پیشتر گفته شد، با افزایش دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی، ویسکوزیته امولسیون‌های تولیدی کاهش می‌یابد. این کاهش ویسکوزیته باعث افزایش تحرک ذرات چربی می‌شود و در نتیجه، احتمال برخورد ذرات به همدیگر و ناپایدار شدن



شکل ۱- تأثیر تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر قابلیت امولسیون‌کنندگی صمغ فارسی (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و ۱ درصد صمغ فارسی)



شکل ۲- تأثیر تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر پایداری امولسیون‌های صمغ فارسی (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و ۱ درصد صمغ فارسی)

## پایداری در برابر جدا شدن چربی

جدا شدن فاز چربی یکی از مهم‌ترین ناپایداری‌های سیستم‌های امولسیون محسوب می‌شود که در آن ذرات چربی به تدریج به سطح امولسیون مهاجرت می‌کنند و باعث شکستن امولسیون می‌شوند. جدا شدن فاز چربی از جمله ناپایداری‌هایی است که به دلیل جدا شدن گرانشی اتفاق می‌افتد. پایداری در برابر جدا شدن فاز چربی برای امولسیون‌های حاوی غلظت‌های مختلف صمغ فارسی و ۲۰ درصد روغن طی یک هفته اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. در امولسیون‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ فارسی، بعد از گذشت یک هفته همه نمونه‌ها دچار ناپایداری شدند. با افزایش غلظت صمغ فارسی پایداری در برابر جدا شدن فاز چربی نیز افزایش یافت، به گونه‌ای که در غلظت ۱ درصد همه نمونه‌ها غیر از نمونه شاهد به حداکثر پایداری رسیدند. با افزایش دوباره غلظت صمغ به ۱/۵ درصد علاوه بر نمونه‌های تیمار شده، نمونه شاهد هم به حداکثر پایداری رسید.

پایداری در برابر جدا شدن فاز چربی علاوه بر یک هفته در طول دو هفته تا یک ماه نیز اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. امولسیون‌های حاوی غلظت ۰/۵ درصد صمغ به دلیل اینکه بعد از گذشت یک هفته ناپایدار شدند، در طول دو هفته میزان جدا شدن چربی آنها اندازه‌گیری نشد. در غلظت ۱ درصد صمغ فارسی بعد از گذشت دو هفته در اکثر نمونه‌ها به جز S ۴.۷۵.۱۲۰ و S ۵.۶۵.۱۲۰ جدا شدن چربی اتفاق افتاد ولی در غلظت ۱/۵ درصد صمغ فارسی، کلیه نمونه‌های تیمار شده دارای پایداری ۱۰۰ درصد بودند. نمونه‌های با غلظت ۱/۵ درصد صمغ فارسی به دلیل اینکه طی دو هفته کاملاً پایدار بودند، پایداری آنها برای مدت یک ماه نیز

اندازه‌گیری شد. بعد از گذشت یک ماه در برخی از نمونه‌ها مانند S ۳.۸۵.۱۸۰، S ۳.۶۵.۱۸۰، S ۴.۸۵.۱۸۰، S ۵.۸۵.۱۸۰ و نمونه شاهد جدا شدن چربی اتفاق افتاد، اما با افزایش غلظت صمغ فارسی تا ۲ درصد کلیه نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد به پایداری کامل رسیدند و خامه‌ای شدن در هیچ‌یک از نمونه‌ها مشاهده نشد.

با مقایسه اندیس خامه‌ای شدن نمونه‌ها با ویسکوزیته امولسیون‌ها (جدول ۱) می‌توان به ارتباط بین ویسکوزیته و اندیس خامه‌ای شدن پی برد، به گونه‌ای که هرچه ویسکوزیته نمونه‌ها بیشتر باشد، به دلیل کم شدن جابه‌جایی ذرات و جلوگیری از حرکت آنها به سطح، از میزان خامه‌ای شدن کاسته می‌شود و اندیس خامه‌ای شدن افزایش می‌یابد. در مطالعات پیشین نیز نتایج مشابهی در مورد اندیس خامه‌ای شدن صمغ فارسی به دست آمده بود. گلکار و همکاران (Golkar et al., 2013) مشاهده کردند که در غلظت‌های بیشتر از ۱/۵ درصد صمغ فارسی خامه‌ای شدن اتفاق نمی‌افتد.

این محققان همچنین به این نکته اشاره می‌کنند که در امولسیون صمغ عربی در غلظت ۱۵ درصد بعد از گذشت یک هفته خامه‌ای شدن کاملاً مشهود است به گونه‌ای که میزان آن حتی از غلظت ۰/۵ درصد صمغ فارسی نیز بیشتر است که علت این امر را کمتر بودن ویسکوزیته صمغ عربی نسبت به ویسکوزیته صمغ فارسی دانسته‌اند. در مبحث قابلیت امولسیون‌کنندگی مطرح شد که امولسیون‌های حاوی نمونه شاهد اگرچه نسبت به سایر امولسیون‌ها ویسکوزیته بیشتری دارد، اما وجود بخش انحلال‌ناپذیر صمغ فارسی در این امولسیون باعث شکست امولسیون می‌شود و خامه‌ای شدن در آن سریعاً اتفاق می‌افتد.

آنالیز داده‌های آزمایش مشخص می‌کند که شاخص خامه‌ای شدن در امولسیون‌های دارای ۱ درصد صمغ فارسی بعد از گذشت دو هفته با مدل زیر (رابطه ۴) قابل تخمین زدن است. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۸۱۳۱، ۰/۷۱۱۲ و ۰/۴۲۳۹ به دست آمد.

$$\begin{aligned} \text{Creaming index} = & +86.47 - (2.31 * \\ & \text{Concen}) - (2.55 * \text{Heat treat}) - \\ & (5.09 * \text{Drying tempe}) - \\ & (1.13 * \text{Concen} * \text{Heat treat}) - \\ & (3.15 * \text{Concen} * \text{Drying tempe}) + \\ & (3.95 * \text{Heat treat} * \text{Drying tempe}) \end{aligned} \quad (۴)$$

در جدول ۲ مشاهده می‌شود که هر چهار نمونه تیمار شده‌ای که دچار ناپایداری شدند در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس، یعنی بیشترین میزان دمای خشک‌کن، خشک شده بودند. واسرشتی (دنا توره شدن) بخش پروتئینی صمغ و شکسته شدن زنجیره‌های کربوهیدراتی در اثر دمای بالا را می‌توان علت این امر دانست زیرا با شکسته شدن زنجیره‌های کربوهیدراتی ویسکوزیته کاهش می‌یابد و در اثر کاهش ویسکوزیته امکان جابه‌جایی ذرات چربی و انتقال آنها به سطح امولسیون افزایش پیدا می‌کند و همین امر باعث تشدید جدا شدن فاز چربی می‌شود (Garti, 1999).

جدول ۲- اندیس خامه‌ای شدن در امولسیون‌های صمغ فارسی پس از ۷، ۱۴ و ۳۰ روز (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و غلظت‌های مختلف صمغ فارسی)

نمونه	روز هفتم	روز چهاردهم		روز سی‌ام	غلظت صمغ
	۱ درصد	۱/۵ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد	
S 3,65,120	۴۰/۳۸±۰/۳۲	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 3,65,120	۴۰/۰۵±۰/۱۱	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 3,85,150	۳۸/۸۹±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 3,85,180	۳۸/۵۳±۰/۲۵	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۸۰/۰۲±۳/۴	
S 3,85,120	۴۰/۹۱±۰/۱۸	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 3,65,180	۳۹/۰۹±۰/۱۵	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۹۰/۰۰±۵/۴	
S 3,5,75,165	۳۹/۰۹±۰/۱۵	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 4,65,150	۴۰/۰۰±۰/۴۱	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 4,75,120	۴۱/۲۸±۰/۱۷	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 4,85,180	۳۹/۰۹±۰/۲۳	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۸۷/۶۲±۳/۶	
S 5,65,180	۳۸/۸۹±۰/۳۱	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 5,65,180	۳۸/۵۳±۰/۲۴	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 5,75,150	۳۹/۶۴±۰/۱۲	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 5,85,120	۳۹/۰۹±۰/۴۱	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 5,85,120	۳۹/۶۰±۰/۱۵	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 5,85,180	۳۸/۱۸±۰/۴۳	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۸۸/۶۴±۱/۲	
S 5,56,120	۴۰/۶۸±۰/۱۶	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
S 5,65,120	۴۰/۳۲±۰/۳۲	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	
شاهد	۳۵/۲۷±۰/۵۵	۷۶/۱۹±۴/۳	۴۸/۴۰±۵/۴۰	۶۹/۵۷±۴/۲	
شاهد فیلتر شده	۵۱/۱۳±۰/۶۵	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	

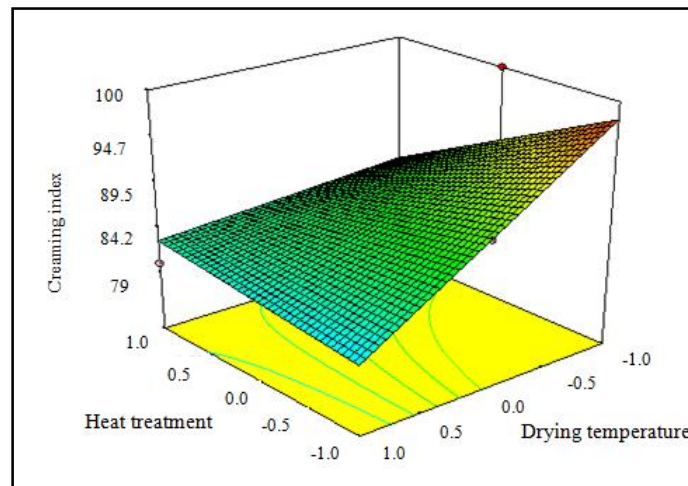
S<sub>A, B, C</sub> نمونه‌ای است که در آن A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن، دمای تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن هستند.

نتایج به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف از میانگین گزارش شده است.

امولسیون صمغ فارسی کاسته شده است. در ادامه نیز به تدریج از اثر تیمار حرارتی بر شدت خامه‌ای شدن امولسیون کاسته شده ولی دمای خشک‌کن همچنان شدت اثرگذاری خود را دارد تا اینکه در بیشترین میزان دمای خشک‌کن، پایداری امولسیون و اندیس خامه‌ای شدن به کمترین و خامه‌ای شدن به حداکثر مقدار رسیده است.

پیش‌تر گفته شد که افزایش دمای خشک‌کن از طریق واسرشت کردن (دنا توره کردن) بخش پروتئینی و شکستن زنجیره‌های کربوهیدراتی باعث کاهش ویسکوزیته نمونه‌های تولیدی می‌شود و در نتیجه با کاهش ویسکوزیته امکان جابه‌جایی ذرات چربی و انتقال آنها به سطح امولسیون افزایش می‌یابد و همین امر باعث تشدید خامه‌ای شدن و کاهش اندیس خامه‌ای شدن می‌شود (Garti, 1999).

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که اندیس خامه‌ای شدن در امولسیون صمغ فارسی به شدت تحت تأثیر ( $P < 0.05$ ) دمای خشک‌کن و اثر متقابل دمای خشک‌کن - تیمار حرارتی است؛ اما غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر ویژگی‌های امولسیفایری صمغ فارسی ندارند. در شکل ۳ اثر متقابل تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر اندیس خامه‌ای شدن امولسیون‌های حاوی ۱ درصد صمغ فارسی آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در پایین‌ترین میزان دمای خشک‌کن و پایین‌ترین میزان تیمار حرارتی، امولسیون‌ها بیشترین میزان اندیس خامه‌ای شدن یا به عبارت دیگر کمترین میزان ناپایداری و خامه‌ای شدن را دارند. به تدریج با افزایش همزمان دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی از اندیس خامه‌ای شدن



شکل ۳- تأثیر تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر اندیس خامه‌ای شدن در امولسیون‌های صمغ فارسی (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و ۱ درصد صمغ فارسی)

ذرات کوچک‌تر پایداری بهتری در مقابل دو فاز شدن و توده‌ای شدن دارند زیرا انرژی حرکت براونی نسبت به جاذبه‌ای که موجب دو فاز شدن می‌شود

**بررسی اندازه ذرات امولسیون صمغ فارسی**  
اندازه ذرات نقش مهمی در ظاهر و پایداری سیستم‌های پخش شونده دارد. امولسیون‌ها با اندازه

فارسی از ۰/۵ درصد به ۲ - ۱/۵ درصد، به تدریج از میانگین اندازه ذرات کاسته شده است؛ اما با افزایش بیشتر غلظت صمغ فارسی تا ۳ درصد، میانگین اندازه ذرات افزایش یافته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نمونه‌های S<sub>۳.۶۵.۱۲۰</sub>، S<sub>۳.۸۵.۱۲۰</sub>، S<sub>۴.۶۵.۱۵۰</sub>، S<sub>۴.۷۵.۱۲۰</sub> و S<sub>۵.۷۵.۱۵۰</sub> در غلظت ۱/۵ درصد میانگین اندازه ذرات به کمترین مقدار خود رسیده اما در نمونه‌های S<sub>۵.۸۵.۱۸۰</sub> و S<sub>۴.۸۵.۱۸۰</sub> حداقل اندازه ذرات در غلظت ۲ درصد اتفاق افتاده است.

چشمگیرتر است (Huang *et al.*, 2001). برای بررسی توانایی تولید امولسیون پایدار صمغ فارسی، میانگین اندازه ذرات امولسیون بررسی شد. در جدول (۳) میانگین اندازه ذرات امولسیون‌ها بلافاصله پس از تولید آورده شده است. از آنجا که تعداد نمونه‌ها زیاد بودند و باید ارزیابی‌ها در غلظت‌های مختلف انجام می‌شد، امکان ارزیابی همه نمونه‌ها وجود نداشت و از بین بیست نمونه، هشت مورد از آنها برای بررسی اندازه ذرات انتخاب شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در هر نمونه با افزایش غلظت صمغ

جدول ۳- میانگین اندازه ذرات (میکرومتر) در امولسیون‌های صمغ فارسی بلافاصله پس از تولید (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و غلظت‌های مختلف صمغ فارسی)

غلظت صمغ					
نمونه	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد	۳ درصد
S <sub>3.65.120</sub>	۳۴/۱۴±۳/۶۱	۱۶/۶۸±۲/۵۵	۷/۸۸±۱/۷۰	۲۷/۹۵±۱/۰۲	۷۰/۱۱±۲/۹۰
S <sub>3.85.120</sub>	۳۰/۸۴±۰/۵۹	۱۵/۵۶±۰/۶۷	۷/۴۰±۰/۸۳	۲۳/۷۲±۱/۵۰	۶۷/۴۱±۲/۳۷
S <sub>4.65.150</sub>	۳۴/۸۹±۳/۴۷	۲۱/۷۶±۱/۳۱	۹/۶۷±۱/۴۲	۲۰/۶۵±۲/۱۲	۵۲/۲۱±۱/۸۸
S <sub>4.75.120</sub>	۲۹/۵۴±۱/۸۶	۱۶/۲۷±۱/۳۴	۶/۲۷±۰/۵۶	۲۶/۳۲±۱/۴۷	۶۲/۸۷±۴/۷۶
S <sub>4.85.180</sub>	۳۵/۶۰±۱/۱۵	۲۷/۴۴±۱/۶۴	۱۶/۵۳±۱/۳۳	۱۰/۰۴±۱/۵۹	۴۳/۰۵±۱/۱۲
S <sub>5.75.150</sub>	۲۸/۹۴±۲/۴۵	۲۲/۷۱±۲/۷۷	۹/۹۵±۰/۶۵	۲۰/۷۶±۲/۱۲	۵۸/۳۵±۷/۸۳
S <sub>5.85.180</sub>	۳۶/۷۴±۶/۸۷	۲۶/۵۴±۱/۶۵	۱۵/۹۲±۱/۶۳	۹/۴۰±۲/۰۶	۴۶/۳۲±۲/۱۵
شاهد	۳۵/۷۷±۱/۴۴	۳۰/۴۵±۱/۰۴	۱۸/۳۲±۱/۱۵	۲۰/۵۰±۱/۲۵	۴۷/۱۹±۱/۱۸

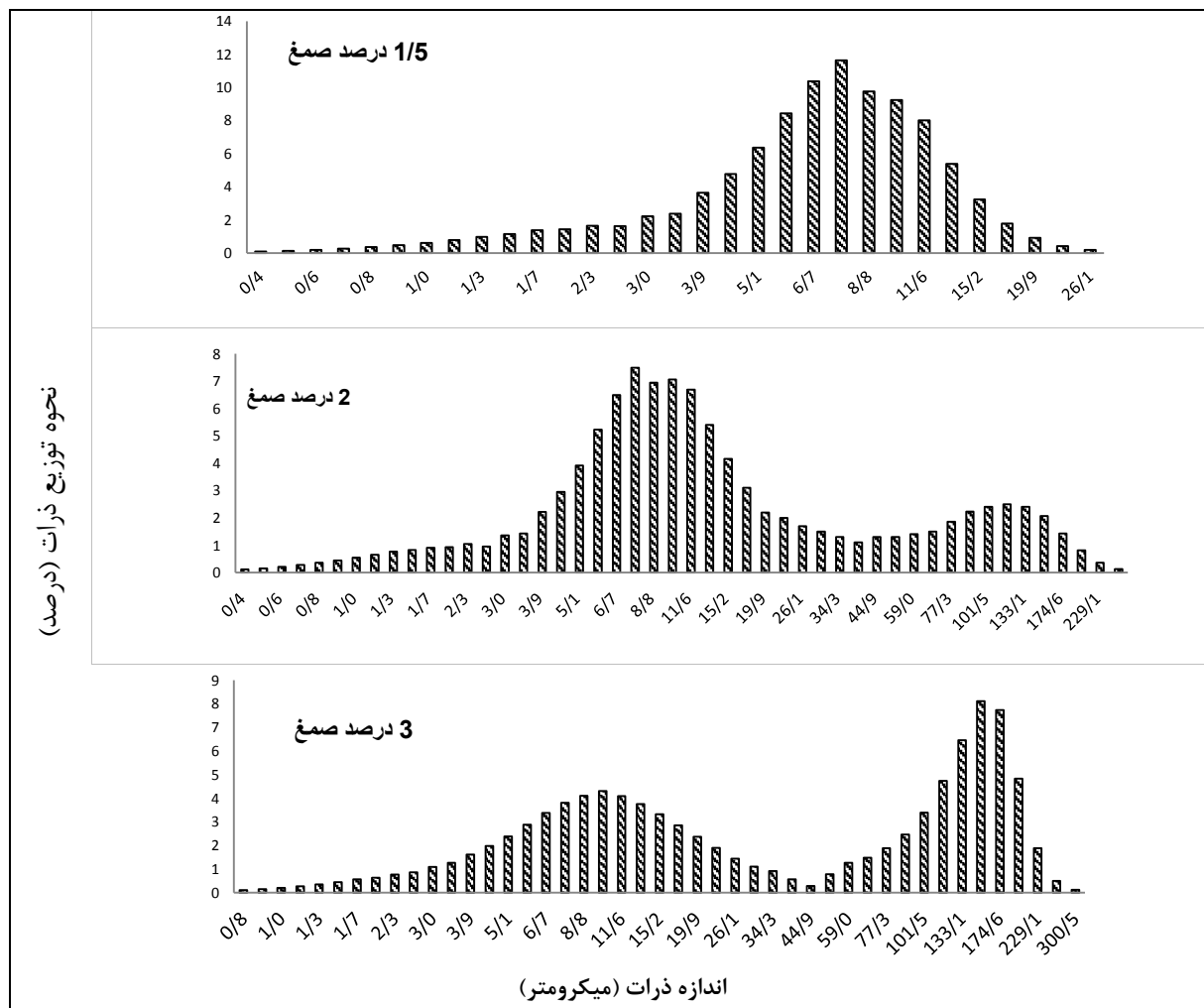
S<sub>A, B, C</sub> نمونه‌ای است که در آن A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن، دمای تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن هستند.

درشت بودن اندازه ذرات در غلظت‌های ۱-۰/۵ درصد احتمالاً به دلیل حضور ناکافی صمغ به‌عنوان عامل امولسیون کننده یا پایدارکننده و نپوشاندن تمامی قطره‌های چربی است، زیرا بسیاری از قطره‌ها بدون پوشش باقی‌مانده‌اند که با پیوستن به یکدیگر گستره بزرگی از اندازه ذرات را در امولسیون ایجاد می‌کنند (Dickinson, 2009). با افزایش تدریجی غلظت صمغ به ۲ - ۱/۵ درصد، عامل امولسیون کننده یا پوشش‌دهنده ذرات به حد کافی می‌رسد و به همین دلیل اندازه ذرات هم در این غلظت‌ها به حداقل مقدار خود می‌رسد. در همین ارتباط هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2001)

قطر میانگین امولسیون حاوی صمغ شنبلیله را با قطر میانگین امولسیون حاوی صمغ‌های دیگری مانند زانتان، پکتین، متیل سلولوز و صمغ عربی مقایسه کردند و قطر میانگین بسیار کمتر امولسیون تهیه‌شده با صمغ شنبلیله (۰/۷۵ میکرون در مقایسه با ۲۰ میکرون) را دلیل توانایی بالای امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون حاوی آن دانستند. به نظر می‌رسد بالا بودن ویسکوزیته فاز پیوسته در غلظت‌های بالای صمغ فارسی (۳ درصد) باعث شده است که اندازه ذرات چربی بزرگ‌تر شود که مربوط به میزان انرژی موردنیاز برای شکست ذرات چربی طی همگن کردن (هموژنیزاسیون) است.

همگن شدن (هموژنیزاسیون) کاهش یافته و باعث تولید ذرات چربی درشت شده است. توزیع اندازه ذرات به صورت دو پیکی در بررسی های هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2001) برای برخی هیدروکلوئیدها مانند صمغ زانتان نیز مشاهده می شود. نکته دیگر این است که حداقل اندازه ذرات امولسیون در نمونه های تیمار شده در محدوده ۱۰-۶ میکرون است اما برای نمونه شاهد حداقل اندازه ۱۸ میکرون و بیشتر از اندازه ذرات امولسیون در سایر نمونه ها است که نشان دهنده قابلیت کمتر صمغ شاهد در ایجاد امولسیون است.

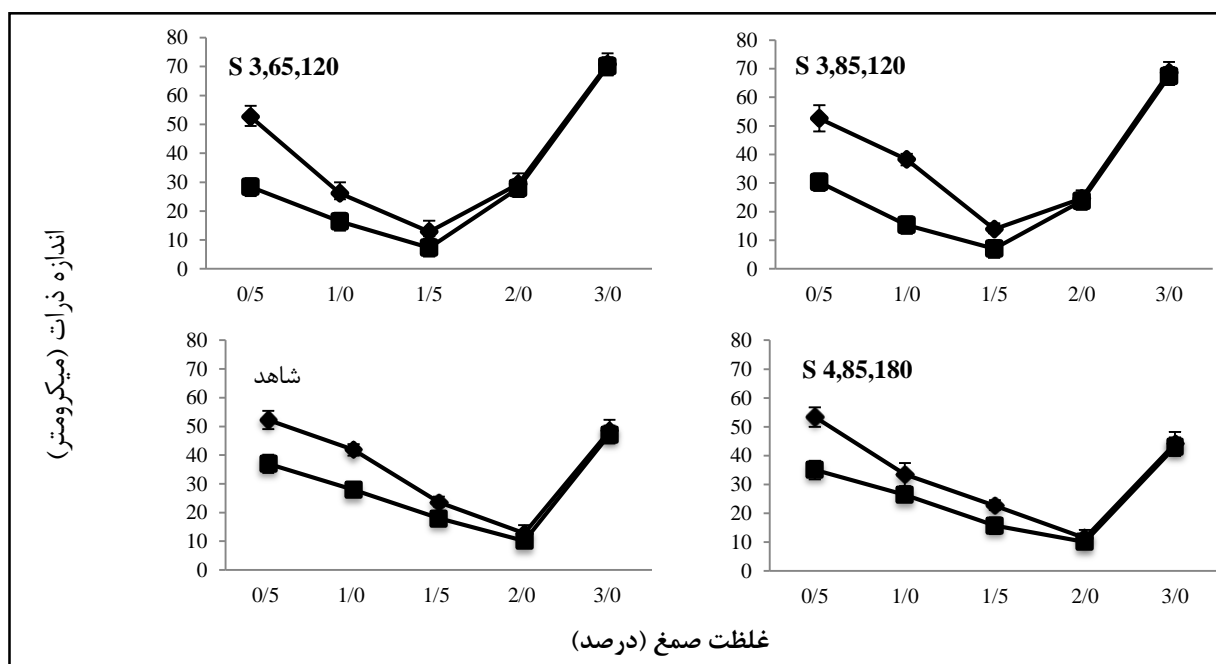
به عبارت دیگر می توان گفت که در غلظت های بالای صمغ فارسی، عملکرد همگن کردن (هموژنیزاسیون) کاهش یافته و همگن کننده (هموژنایزر) قادر نبوده است که ذرات را به اندازه کافی ریز کند. هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2001) نیز این اثر را برای صمغ زانتان مشاهده کردند. گفتنی است که نمودار توزیع اندازه ذرات امولسیون های صمغ فارسی در غلظت های کمتر از ۱/۵ درصد به صورت تک پیکی و در غلظت های بیشتر از ۱/۵ درصد به صورت دو پیکی است (شکل ۴) که احتمالاً به دلیل بالا بودن ویسکوزیته امولسیون حاصل از آن، عملکرد فرایند



شکل ۴- نحوه توزیع اندازه ذرات در امولسیون های صمغ فارسی با غلظت های ۱/۵، ۲ و ۳ درصد صمغ و ۲۰ درصد روغن آفتابگردان

شدند و توزیع اندازه ذرات بار دیگر اندازه‌گیری و میانگین آنها نسبت به قبل مقایسه شد. در شکل ۵ نتایج حاصل از این اندازه‌گیری برای ۴ مورد از نمونه‌ها آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمترین قطر ذرات امولسیون مربوط به نمونه‌های دارای غلظت ۲ - ۱/۵ درصد صمغ فارسی است، اما نکته مهم این است که بین اندازه ذرات امولسیون‌ها بلافاصله پس از تولید و بعد از یک هفته نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس اختلاف وجود دارد. میزان این اختلاف اندازه در غلظت ۰/۵ درصد نسبتاً زیاد است اما به تدریج با افزایش غلظت میزان این اختلاف کاهش می‌یابد تا اینکه در غلظت‌های ۲-۳ درصد تغییرات اندازه بسیار ناچیز می‌شود. این کاهش اختلاف اندازه‌ها در اثر افزایش غلظت صمغ ویسکوزیته امولسیون‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس نسبت داد زیرا با افزایش ویسکوزیته امولسیون میزان جابه‌جایی ذرات چربی کاهش می‌یابد و در نتیجه احتمال برخورد ذرات به همدیگر و افزایش اندازه کاهش می‌یابد (Dickinson, 2009).

علت اصلی ناپایداری امولسیون‌ها شامل جدا شدن فاز چربی، توده‌ای شدن و بزرگ شدن قطره‌های چربی، به هم پیوستن قطره‌های چربی است. زمانی که قطره‌های امولسیون توده‌ای می‌شوند، اندازه آنها افزایش می‌یابد و معمولاً منجر به جدا شدن فاز چربی می‌شود، جدا شدن فاز چربی می‌تواند ناشی از تشکیل امولسیون ضعیف باشد که در این شرایط قطره‌های بزرگ چربی بلافاصله پس از همگن کردن (هموژن کردن) در امولسیون وجود دارد. توده‌ای شدن و جدا شدن فاز چربی به دلیل افزایش زمان تماس بین قطره‌های چربی می‌تواند موجب شود قطره‌های چربی به هم بپیوندند و قطره‌های بزرگ‌تر تشکیل دهند. به همین دلیل بزرگ شدن قطره‌های چربی آخرین مرحله ناپایداری امولسیون است که با اندازه‌گیری اندازه ذرات در واقع این مرحله نهایی ناپایداری اندازه‌گیری می‌شود (Huang *et al.*, 2001). برای بررسی شاخص پایداری امولسیون، امولسیون‌های تولیدشده به مدت یک هفته در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری



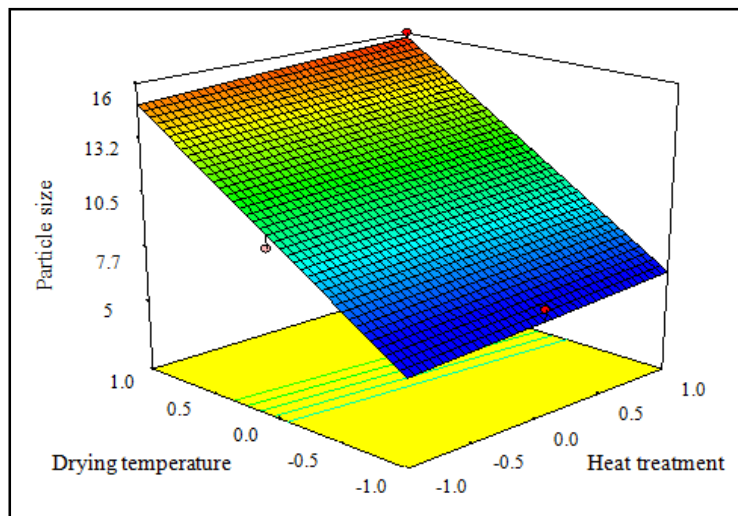
شکل ۵- اندازه قطر ذرات در امولسیون‌های صمغ فارسی بلافاصله پس از تولید (●) و پس از یک هفته نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس (■)

اندازه ذرات امولسیون صمغ فارسی اثرگذار بوده است. اثر دمای خشک‌کن بر اندازه ذرات امولسیون در شکل ۶ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش شدت دمای خشک‌کن، اندازه ذرات امولسیون صمغ فارسی نیز به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. احتمالاً واسرشت شدن (دنا توره شدن) بخش پروتئینی صمغ و کاهش ویسکوزیته صمغ حاصل از خشک‌کردن در دماهای بالا علت این پدیده باشد زیرا با واسرشت شدن (دنا توره شدن) پروتئین‌ها و کاهش ویسکوزیته توانایی صمغ فارسی در ایجاد امولسیون با اندازه ذرات کوچک‌تر و پایدارتر کاهش می‌یابد (Garti, 1999).

آنالیز داده‌های آزمایش مشخص می‌کند که میانگین اندازه ذرات در امولسیون‌های دارای ۱/۵ درصد صمغ فارسی با مدل خطی زیر (رابطه ۵) قابل تخمین‌زدن است. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۹۸۱۳، ۰/۹۶۲۶ و ۰/۸۶۶۹ به دست آمد.

$$\begin{aligned} \text{Particle size} = & +10.74 - \\ & (1.07 * \text{Concen}) + \\ & (0.41 * \text{Heat treat}) + \\ & (4.63 * \text{Drying tempe}) \end{aligned} \quad (5)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد از بین عوامل مورد بررسی، تنها عامل دمای خشک‌کن بر



شکل ۶- تأثیر تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر اندازه ذرات در امولسیون‌های صمغ فارسی (امولسیون‌های حاوی ۲۰ درصد روغن آفتابگردان و ۱/۵ درصد صمغ فارسی)

صمغ، تیمارهای حرارتی و دمای خشک‌کردن بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی مشخص شود. نتایج بررسی‌ها نشان داد از بین عوامل مورد بررسی در سطح  $(P < 0.05)$ ، تنها دمای خشک‌کن بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی اثرگذار است. تیمار

### نتیجه‌گیری

برای تولید صمغ کاملاً صنعتی نیاز است تا اثر فرایندهایی مانند فیلتراسیون، رنگ‌بری، بوگیری، تأثیر حرارت و اثر خشک‌کردن روی خواص صمغ مشخص شود. در این تحقیق سعی شد تا اثر غلظت



حرارتی نیز تا حدودی بر ویژگی‌های مورد بررسی اثرگذار بوده اما در سطح ( $P < 0.05$ ) این اثرگذاری معنی‌دار نبوده است. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان داد که غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیری بر ویژگی‌های امولسیفایری صمغ فارسی ندارد. از آنجا که صمغ فارسی دارای خواص

امولسیفایری و پایداری حرارتی نسبتاً خوبی است، می‌توان از آن به‌عنوان جایگزین (خصوصاً به جای صمغ عربی) یا به‌صورت ترکیبی با برخی از صمغ‌ها به‌عنوان قوام‌دهنده و پایدارکننده امولسیون در بسیاری از محصولات غذایی استفاده کرد.

### تعارض منافع

نویسندگان در انتشار این مقاله از اخلاق نشر تبعیت کرده و از موارد سوء اخلاق از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافع تجاری در این راستا وجود ندارد.

### مراجع

- Abbasi, S. and Mohammadi, S. 2013. Stabilization of milk–orange juice mixture using Persian gum: Efficiency and mechanism. *Food Bioscience*. 2, 53-60.
- Amini, J., Nasirpour, A. and Keramat, J. 2016. Effect of drying temperature and heating treatment on functional properties of farsi gum. *Proceeding of Novel Findings in Food industries & Healthy Nutrition Conference*. 17-18 August, Iran. (in Persian)
- Cervantes-Martinez, C., Medina-Torres, L., Gonzalez-Laredo, R., Calderas, F., Sanchez-Olivares, G., Herrera-Valencia, E., Infant, J., Rocha-Guzman, N. and Rodriguez-Ramirez, J. 2014. Study of spray drying of the Aloe vera mucilage (*Aloe vera barbadensis* Miller) as a function of its rheological properties. *LWT- Food Science and Technology*. 55, 426-435.
- Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*. 23(6):1473-1482.
- Dickinson, E. 2011. Mixed biopolymers at interfaces: Competitive adsorption and multilayer structures. *Food Hydrocolloids*. 25(8): 1966-1983.
- Fadavi, G., Mohammadifar, M. A., Zargarran, A., Mortazavian, A. M. and Komeili, R. 2014. Composition and physicochemical properties of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Carbohydrate Polymers*. 101, 1074-1080.
- Garti, N. 1999. Hydrocolloids as emulsifying agents for oil-in-water emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 20 (1-2): 327-355.

- Golkar, A., Nasirpour, A. and Keramat, J. 2015.  $\beta$ -lactoglobulin-Angum gum (*Amygdalus Scoparia Spach*) complexes: Preparation and emulsion stabilization. Journal of Dispersion Science and Technology, 36(5): 685-694.
- Golkar, A., Nikbakht, M., Amiri, S. and Nasirpour, A. 2013. Investigating emulsifying properties of arabic gum in comparison with persian gum, 21<sup>th</sup> National Congress of Food Science and Technology, October 29. Shiraz, Iran (in Persian)
- Huang, X., Kakuda, Y. and Cui, W. 2001. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. Food Hydrocolloids. 15 (4-6): 533-542.
- Khalesi, H., Alizadeh, M., Rezazad, M. and Sharifi, M. 2011. Investigation on the emulsifying properties of Zode (Farsi) gum and the composition of gum exudate. 20<sup>th</sup> National Congress of Food Science and Technology. 22 November. Sharif University of Technology, Tehran, Iran. (in Persian)
- Kok, M. S., Hill, S. E. and Mitchell, J. R. 1999. A comparison of the rheological behavior of crude and refined locust bean gum preparations during thermal processing. Carbohydrate Polymers. 38(3): 261-265.
- Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A. R. and Ramaswamy, H. S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. Food Research International. 34(8): 695-703.
- Naji, S., Razavi, S. M. A. and Karazhiyan, H. 2012. Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (*Lepidium sativum*) and xanthan gums: A comparative study. Food Hydrocolloids. 28(1): 75-81.
- Rahimi, S., Abbasi, S., Azizi, M. H. and Sahari, M. A. 2013b. Characterization of an unknown exudate gum from Iran: Persian gum. Proceeding of 1<sup>st</sup> International e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013). Mashhad, Iran. (in Persian)
- Rahimi, S., Abbasi, S., Azizi, M. H. and Sahari, M. A. 2013c. Separation and determination of some chemical and functional properties of soluble and insoluble fractions of mountain almond tree gum. Journal of Food Science and Technology. 10(40): 1-10. (in Persian)
- Rahimi, S., Abbasi, S., Sahari and, M. A. and Azizi, M. H. 2013. Investigation on the emulsifying properties of Persian gum as a novel food emulsifier. Proceeding of 1<sup>st</sup> International e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013). Mashhad, Iran. (in Persian)

- Rahimi, S. and Abbasi, S. 2013a. Investigation on physicochemical and jelation properties of Farsi gum. *New Science and Technology of Food Journal*. 1(4):13-27. (in Persian)
- Williams, P., Phillips, G., Stephen, A. and Churms, S. 2006. *Gums and Mucilages. Food polysaccharides and their applications*, 2<sup>nd</sup> edn. Taylor & Francis, Boca Raton, pp. 455-495.



Original Research

## Effect of Drying Temperature, Heat Treatment and Gum Concentration on Emulsifying Properties of Farsi Gum

J. Amini Rastabi, A.Nasirpour\* and J. Keramat

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology, Esfahan, Iran. Email: [ali.nasirpour@cc.iut.ac.ir](mailto:ali.nasirpour@cc.iut.ac.ir)

Received: 13 January 2019, Accepted: 29 January 2021

[http://doi: 10.22092/fooder.2021.124518.1188](http://doi:10.22092/fooder.2021.124518.1188)

### Abstract

This study aimed at investigating the effects of drying temperature, heat treatment and gum concentration on emulsifying properties of Farsi gum, extracted from *Amygdalus scoparia* Spach. For this purpose, solutions of 3, 3.5, 4 and 5% concentration of Farsi gum were prepared. These solutions were heat treated at 65, 75 and 85 °C for 1 minute. Then, they were dried by spray dryer at 120, 150, 165 and 180 °C. The 20% sunflower oil emulsions were prepared at 0.5, 1, 1.5, 2 and 3% concentration of Farsi gum. The results showed that a decrease in drying temperature made improvement in the emulsion ability and emulsion stability of Farsi gum; but heat treatment and gum concentration had no significant effect ( $p < 0.05$ ) on the emulsifying properties of Farsi gum. Emulsions contained 1% Farsi gum were stabled after a week and creaming was not observed, also after a month, emulsion contained 2% Farsi gum was stabled. By increasing the drying temperature, creaming index decreased but gum concentration and heat treatment had no significant effect ( $p < 0.05$ ) on creaming index. The average size of droplets of emulsion decreased with increasing concentrations of Farsi gum from 0.5% to 1.5%-2% but with increasing concentrations of Farsi gum to 3%, the average size of droplets of emulsion increased. Among the factors involved, only drying temperature had significant effect ( $p < 0.05$ ) on size of droplets of the emulsions. Consequently, the average size of droplets increased with increasing drying temperature.

Keywords: Emulsion ability, Emulsion stability Functional properties, Heat treatment, Spray dryer.