

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

جواد امینی راستابی^{۱*}، علی نصیرپور^۲

۱- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۳)

چکیده

در این پژوهش اثر دمای خشک‌کن، تیمار حرارتی و غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن بر خواص عملکردی صمغ فارسی مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور، ابتدا محلول‌هایی با غلظت‌های ۳، ۴/۳/۵ و ۵ درصد از صمغ فارسی تهیه شدند. این محلول‌ها در ابتدا به مدت ۱ دقیقه تحت تأثیر تیمارهای حرارتی ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. سپس با استفاده از خشک‌کن پاششی در دماهای ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه سلسیوس خشک شدند. نتایج نشان داد که ویسکوزیته به شدت وابسته به دمای خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی بود؛ به گونه‌ای که با افزایش دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی ویسکوزیته به صورت خطی کاهش یافت. هیچ‌کدام از عوامل تیمار حرارتی، دمای خشک‌کن و غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت جذب آب صمغ فارسی نداشتند ($P < 0/05$)؛ اما با افزایش دمای خشک‌کن و افزایش دمای تیمار حرارتی حلالیت افزایش یافت. با کاهش دمای خشک‌کن، قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ فارسی بهبود یافت؛ اما تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی نداشت. نتایج همچنین نشان داد که در سطح $P < 0/05$ غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری بر خواص عملکردی اندازه‌گیری شده نداشت.

کلید واژگان: صمغ فارسی، دمای خشک‌کن، تیمار حرارتی، غلظت صمغ، خواص عملکردی

*مسئول مکاتبات: j.amini.r371@gmail.com

۱- مقدمه

در طول چند دهه اخیر، صنعت غذا به منظور پاسخگویی به گرایش‌های جدید مصرف‌کنندگان به طور فزاینده‌ای تکامل یافته است. یکی از تکنولوژی‌های به کار گرفته شده در این صنعت، استفاده از افزودنی‌های غذایی می‌باشد. صمغ‌ها پرمصرف‌ترین افزودنی‌ها در صنایع غذایی می‌باشند که می‌توان به برخی از کاربردهای آن‌ها از جمله عامل چسبندگی، عامل اتصال‌دهنده، عامل بافت دهنده، عامل بازدارنده تشکیل بلور، عامل تثبیت کف، عامل ژل کننده، عامل شکل‌دهنده، عامل محافظت‌کننده کلئید و عامل سوسپانسیون کننده اشاره نمود [۱].

اصولاً مصرف‌کننده‌ها تمایل بیشتری به استفاده از افزودنی‌های طبیعی نسبت به سنتزی دارند، از این رو، در سال‌های اخیر مطالعات بسیار زیادی روی صمغ‌های طبیعی از جمله صمغ‌های گیاهی انجام شده است. بادام‌کوهی با نام علمی آمیگدالوس اسکوپاریا اسپاچ (*Amygdalus scoparia Spach*)، درخت یا درختچه‌ای از خانواده گل‌سرخیان (*Rosaceae*) است که از تنه و شاخه‌های آن صمغی شفاف به نام صمغ فارسی یا صمغ زرد ترشح می‌شود [۲]. صمغ فارسی یک ترکیب قندی است که دارای مقادیر کمی پروتئین می‌باشد. صمغ فارسی از ۳۰٪ بخش محلول و ۷۰٪ درصد بخش نامحلول تشکیل شده و دارای pH اسیدی (حدود ۴/۴) می‌باشد [۳]. نتایج حاصل از HPLC و NMR حاکی از آن است که ستون فقرات صمغ فارسی از نسبت تقریبی ۱:۲ گالاکتوز: آرابینوز ساخته شده است [۳].

خالصی و همکاران (۱۳۹۰) خصوصیات امولسیفایری صمغ فارسی را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که صمغ فارسی دارای ویژگی‌های قوام دهنده، امولسیفایری و پایدارکنندگی امولسیون است و با افزایش غلظت این صمغ در امولسیون روغن در آب، میزان قابلیت تشکیل و پایداری امولسیون افزایش می‌یابد [۴]. در پژوهشی دیگر، خالصی و همکاران (۱۳۹۱) برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی صمغ فارسی را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، ویسکوزیته ظاهری صمغ فارسی در غلظت‌ها و دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها دریافتند که بیش‌ترین میزان ویسکوزیته در دمای ۲۴ درجه سلسیوس و pH=۷/۲ حاصل شد [۵]. رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) برخی ویژگی‌های

فیزیکوشیمیایی و ژل شوندگی صمغ فارسی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که صمغ فارسی یک صمغ اسیدی، چپ‌گرد، با مقدار ناچیزی چربی و حدود ۰/۲ درصد پروتئین است. ظرفیت جذب آب صمغ فارسی به نسبت بالا بوده و مقدار ژل نامحلول در آب سرد آن نیز قابل توجه می‌باشد [۶]. مارتینز^۱ و همکاران (۲۰۱۴) ویژگی‌های رئولوژیکی و عملکردی موسیلاژ آلونه‌ورا خشک‌شده با خشک‌کن پاششی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش درجه حرارت ورودی خشک‌کن و افزایش سرعت آمیزه کردن، ویسکوزیته موسیلاژ کاهش یافت و با افزایش سرعت جریان خشک‌کن، ویسکوزیته نمونه حاصل افزایش پیدا کرد [۷].

یامازاکی^۲ و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر حرارت (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۴ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه) بر روی هیدروکلئید برگ کورکوروس اولیتوریئوس^۳ دریافتند که ویسکوزیته آن زیر ۶۰ درجه سلسیوس تقریباً برگشت‌پذیر است و در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس ویسکوزیته کاهش می‌یابد که علت آن را تخریب حرارتی مولکول‌ها دانستند [۸]. چن^۴ و همکاران (۱۹۸۵) گزارش نمودند که محلول صمغ آلزینات باکتریایی پس از حرارت دهی در دمای ۷۵ درجه سلسیوس و سپس سرد کردن، قادر به بازیابی ویسکوزیته اولیه خود بود، اما حرارت دهی در دماهای بالاتر (۱۲۱ درجه سلسیوس) منجر به کاهش ویسکوزیته محلول آلزینات شد [۹].

تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است، بیشتر در زمینه تعیین ویژگی‌های عملکردی صمغ خام بوده و روی فیلتراسیون، رنگ‌بری، بوگیری، اثر خشک‌کردن و حرارت دهی روی خواص صمغ فارسی تحقیقاتی صورت نگرفته است؛ از آنجاکه برای تولید یک صمغ کاملاً صنعتی نیاز است تا اثر فرایندهای ذکر شده روی صمغ مشخص شود، بنابراین در این تحقیق سعی شد که اثر غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن، تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی صمغ فارسی بررسی شود. در تولید صنعتی یک صمغ، غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن از اهمیت بالایی برخوردار است،

1. Martinez
2. Yamazaki
3. Corchorus olitorius
4. Chen

۳-۲- 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. برای انجام تیمار حرارتی، نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه در حمام آب گرم تحت تأثیر دمای موردنظر قرار گرفتند. در ادامه 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 ۱۸۵ درجه سلسیوس خشک شدند. از آنجا که در دماهای کمتر از ۱۲۰ درجه سلسیوس خشک کردن نمونه‌ها به خوبی صورت 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 خشک کردن نمونه‌ها استفاده شد. در این پژوهش، از محلول صمغ خام آسیاب شده به‌عنوان نمونه شاهد و از محلول صمغ خام فیلترشده (محلول صمغی که به‌منظور جدا کردن ناخالصی‌ها از پارچه صافی عبور داده شده بود) به‌عنوان نمونه شاهد فیلتر شده، استفاده شد.

۴-۲- آزمون‌ها

۴-۲-۱- ویسکوزیته

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری از محلول ۰.۳٪ صمغ فارسی استفاده شد. هر یک از نمونه‌های صمغ فارسی خشک‌شده به‌آرامی به آب مقطر روی همزن مغناطیسی که حالت متلاطم داشت، اضافه شدند و حداقل دو ساعت مخلوط شدن ادامه داشت. برای اینکه هیدراته شدن ذرات نمونه به‌طور کامل صورت گیرد و ویسکوزیته به حداکثر مقدار خود برسد، نمونه‌ها به مدت یک شبانه‌روز درون یخچال نگهداری شدند. در ادامه از ویسکومتر بروکفیلد (مدل DVII، ساخت آمریکا) مجهز به Small sample adaptor و در سرعت ۲۰ دور در دقیقه برای اندازه‌گیری ویسکوزیته استفاده شد. اسپیندل مورد استفاده در این آزمایش شماره ۲۱ و مخصوص Small sample adaptor بود.

۴-۲-۲- حلالیت

برای اندازه‌گیری میزان حلالیت از روش بتانکور-آنکونا استفاده شد [۱۰]. بر اساس این روش، ابتدا ۳۰ میلی‌لیتر تعلیق

چراکه این غلظت باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که هم از لحاظ مصرف انرژی و جنبه اقتصادی مقرون به صرفه باشد و هم از لحاظ دستگامی و تکنولوژیکی امکان خشک کردن صمغ وجود داشته باشد. از آنجاکه برای تولید یک صمغ کاملاً بهداشتی باید فرایندهای حرارتی نظیر پاستوریزاسیون روی صمغ انجام گیرد، در این پژوهش اثر تیمار حرارتی روی خواص عملکردی صمغ فارسی بررسی شد. از طرفی دیگر صمغ‌های مورد استفاده در صنایع عمدتاً به‌صورت خشک شده و پودری هستند، بنابراین انتخاب یک دمای مناسب برای خشک کردن صمغ که هم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد و هم اثر سوء کمتری بر خواص عملکردی صمغ داشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

صمغ فارسی از درختان بادام کوهی با وارته *Amygdalus scoparia Spach* از جنگل‌های محافظت شده بادام کوهی در روستای ارجنک، واقع در استان چهارمحال و بختیاری، جمع‌آوری شدند و تا زمان انتقال به آزمایشگاه و انجام آزمایشات مربوطه در بسته‌های پلی‌پروپیلنی و در دمای یخچال نگهداری شدند.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها

بعد از جدا نمودن آلودگی‌های سطحی، نمونه‌هایی که دارای رنگ سفید و کیفیت بالا بودند با آسیاب کاملاً خرد و نرم شدند. پودر صمغ فارسی به‌آرامی به آب مقطر روی همزن مغناطیسی (RH22، ساخت آلمان) که حالت متلاطم داشت، اضافه شد و حداقل دو ساعت مخلوط شدن ادامه داشت. غلظت محلول‌های تهیه‌شده در محدوده ۰.۳٪ تا ۰.۵٪ بود و بر اساس طرح حاصل از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت، محلول‌ها در ۴ سطح ۰.۳٪، ۰.۳/۵٪، ۰.۴٪ و ۰.۵٪ تهیه شدند (تمامی آزمایش‌ها در قالب طرح RSM رویه D-OPTIMAL طراحی و انجام شدند). برای اینکه هیدراته شدن صمغ به‌طور کامل صورت گیرد، نمونه‌ها پس از تهیه به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال قرار گرفتند. به‌منظور جدا کردن ناخالصی‌ها، محلول صمغ فارسی از فیلتر پارچه‌ای عبور داده شد.

۲-۴-۵- بررسی خواص امولسیون‌کنندگی

در ابتدا محلول صمغ فارسی در غلظت‌های مختلف (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد) تهیه شد. برای اینکه ذرات صمغ کاملاً هیدراته شوند، محلول تهیه‌شده به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شد. در ادامه امولسیون موردنظر با مخلوط کردن ۲۰٪ روغن آفتابگردان و ۸۰٪ محلول صمغ فارسی تهیه شد. مخلوط فوق با استفاده از هموژنایزر آلتراتوراکس (مدل T18، ساخت شرکت آیکا آلمان) به مدت ۵ دقیقه در ۱۳۵۰۰ دور بر دقیقه کاملاً هموژن گردید. امولسیون تهیه‌شده به‌منظور پخش ماکرومولکول‌ها و پایداری سطح بین روغن و آب، به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شد. در ادامه ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی محلول تهیه‌شده موردبررسی قرار گرفت.

۲-۴-۵-۱- قابلیت امولسیون‌کنندگی^۱

برای اندازه‌گیری قابلیت امولسیون‌کنندگی، ۱۵ میلی‌لیتر از امولسیون تهیه‌شده درون فالكون درجه‌بندی‌شده ریخته شد. فالكون‌ها درون سانتریفیوژ قرار گرفته و به مدت ۵ دقیقه در ۱۳۰۰g سانتریفیوژ شدند. در ادامه برای اندازه‌گیری قابلیت امولسیون‌کنندگی، تمام حجم^۲ (WV) و حجم فاز امولسیونی^۳ (EPV) اندازه‌گیری شد و قابلیت امولسیون‌کنندگی طبق معادله‌ی ۵ محاسبه گردید [۱۱].

معادله ۵:

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

۲-۴-۵-۲- پایداری امولسیون^۴

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 معادله‌ی ۶ استفاده گردید [۱۱].

معادله ۶:

$$\text{Emulsion stability (\%)} = (\text{EPV} / \text{WV}) \times 100$$

۱٪ از صمغ تهیه شد. محلول‌های تهیه‌شده به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال نگهداری شدند تا ذرات صمغ کاملاً هیدراته شوند. سپس، محلول‌های تهیه‌شده به مدت ۳۰ دقیقه درون حمام آب گرم ۳۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و به‌طور مداوم هم زده شدند. محلول‌های حرارت دیده در ادامه در شتاب ۸۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول زلال فوقانی هر نمونه را برداشته و به آون ۱۰۵ درجه سلسیوس انتقال داده شد. بعد از اینکه نمونه‌ها به‌طور کامل خشک شدند و به وزن ثابت رسیدند، وزن آن‌ها ثبت شد. در نهایت، از معادله ۱ برای تعیین درصد حلالیت استفاده شد [۱۰].

$$100 \times 30 \times \text{وزن نهایی پس از خشک کردن} = \text{درصد حلالیت} \\ 10 \times \text{وزن نمونه اولیه}$$

۲-۴-۳- ظرفیت جذب آب

در اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب صمغ فارسی همانند روش قبل عمل شد؛ با این تفاوت که بعد از سانتریفیوژ کردن محلول، مایع زلال فوقانی حذف‌شده و ژل باقی‌مانده در کف فالكون وزن شد و به کمک معادله ۲ مقدار ظرفیت جذب آب برحسب g/g (گرم آب جذب شده به ازای هر گرم از صمغ) به دست آمد [۱۰].

$$\text{وزن نمونه اولیه} - \text{وزن ژل متورم} = \text{ظرفیت جذب آب} \\ \text{وزن نمونه اولیه}$$

۲-۴-۴- ارزیابی قدرت کف‌کنندگی و پایداری کف

ابتدا محلول‌هایی با غلظت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد از صمغ فارسی تهیه شد. محلول‌ها توسط هموژنایزر به مدت ۲ دقیقه با دور ۶۰۰۰ دور در دقیقه هموژن شدند. در ادامه هر یک مخلوط‌ها به استوانه مدرج منتقل‌شده و حجم کف حاضر در سطح بالای مایع درون استوانه مدرج مشخص شد، در نهایت، از معادلات ۳ و ۴ برای اندازه‌گیری درصد کف‌کنندگی و پایداری کف استفاده شد [۱۱].

$$100 \times \text{حجم کف} = \text{درصد کف‌کنندگی} \\ \text{حجم کف اولیه}$$

$$100 \times \text{حجم کف بعد از ۱۵ دقیقه} = \text{پایداری کف} \\ \text{حجم کف اولیه}$$

1. Emulsion ability
2. Whole volume
3. Emulsion phase volume
4. Emulsion stability

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

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

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویسکوزیته

ویسکوزیته یکی از مهم‌ترین عوامل در ارزیابی کیفیت صمغ فارسی محسوب می‌شود. تغییرات ویسکوزیته نمونه‌ها در غلظت ۳ درصد (وزنی-حجمی) و سرعت چرخشی ۲۰ دور بر دقیقه اندازه‌گیری شد و نتایج آن در شکل ۱ آورده شده است.

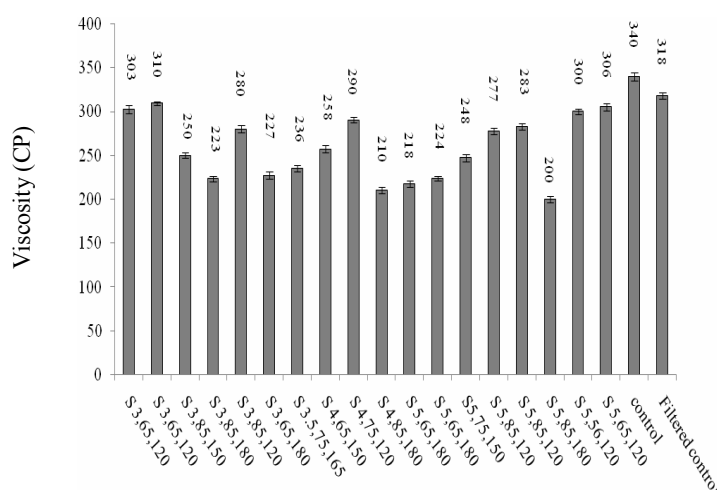


Fig 1 Viscosity of Farsi gum solutions (s_a, b, c: a= gum concentration, b= heat treatment, c= drying temperature)

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان ویسکوزیته مربوط به نمونه شاهد می‌باشد که مقدار آن با سایر نمونه‌ها اختلاف نسبتاً زیادی دارد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، صمغ فارسی از دو بخش محلول و نامحلول تشکیل شده است که بخش نامحلول آن توانایی زیادی در جذب آب و ایجاد ویسکوزیته دارد؛ اما در طی فرایند خالص‌سازی صمغ فارسی، مقداری از این بخش نامحلول همراه با سایر ناخالصی‌ها از محلول صمغ حذف گردید. بنابراین، یکی از علل کاهش ویسکوزیته نمونه‌های تیمار داده‌شده نسبت به نمونه شاهد را

می‌توان حذف بخشی از جزء نامحلول صمغ فارسی دانست. علت دیگر این کاهش ویسکوزیته را می‌توان تخریب ساختار ترکیبات در اثر حرارت و تشکیل ترکیبات جدید با وزن مولکولی کمتر و قابلیت جذب آب کمتر دانست. یامازاکی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر حرارت بر ویسکوزیته هیدروکلوئید برگ کورکوروس اولیتوریوس^۱ دریافتند که با افزایش دما به بیش از ۶۰ درجه سلسیوس، ویسکوزیته این هیدروکلوئید کاهش یافت و علت این پدیده را تخریب ساختار مولکولی ترکیبات آن دانستند [۸].

ویسکوزیته نمونه شاهد فیلترشده کمتر از ویسکوزیته نمونه شاهد و بیشتر از ویسکوزیته نمونه‌های تیمار شده بود. بیشتر بودن ویسکوزیته نمونه شاهد نسبت به نمونه شاهد فیلترشده به خوبی نشان می‌دهد که حذف بخشی از جزء نامحلول صمغ فارسی باعث کاهش ویسکوزیته نمونه‌ها شده است. از طرف دیگر بیشتر بودن ویسکوزیته نمونه شاهد فیلترشده نسبت به نمونه‌های تیمار شده نشان دهنده تأثیر حرارت خشک‌کردن و تیمار حرارتی بر کاهش ویسکوزیته صمغ فارسی است.

آنالیز داده‌های آزمایش مشخص کرد ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها با مدل زیر قابل تخمین است. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۹۷۴۲، ۰/۹۶۸۷ و ۰/۹۵۶۸ به دست آمد.

$$\text{viscosity} = 254.69 - (1.82 * \text{Concen}) - (8.41 * \text{Heat treat}) - (37.53 * \text{Drying tempe})$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که ویسکوزیته صمغ فارسی به شدت تحت تأثیر دمای خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی قرار گرفت ($P < 0/05$)؛ ولی غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری بر این فاکتور نداشت ($P < 0/05$). در شکل ۲ اثر متقابل تیمار حرارتی و درجه حرارت خشک‌کردن بر تغییرات ویسکوزیته نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دمای تیمار حرارتی و یا افزایش دمای خشک‌کردن، ویسکوزیته به صورت خطی کاهش یافت. البته باید به این نکته توجه کرد که دمای خشک‌کن نسبت به دمای تیمار حرارتی اثر بیشتری بر کاهش ویسکوزیته داشت. بیشترین میزان ویسکوزیته در پایین‌ترین میزان تیمار حرارتی و همچنین پایین‌ترین میزان دمای خشک‌کن حاصل شد. به تدریج با افزایش هم‌زمان دمای تیمار

1. Corchorus olitorius

نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد را می‌توان حذف بخشی از جزء نامحلول صمغ دانست. نمونه شاهد فیلتر شده نیز به‌خوبی این موضوع را توجیه می‌کند؛ چراکه ظرفیت جذب آب آن کمتر از نمونه شاهد بود و تنها فرایندی که روی نمونه شاهد فیلتر شده انجام شد، فیلتراسیون و حذف بخشی از جزء نامحلول صمغ بود. مطالعات انجام‌شده روی کتیرا نیز نشان داد که بخش زیادی از ظرفیت جذب آب آن توسط بخش نامحلول کتیرا (باسورین) صورت می‌گیرد که در صورت جداسازی آن از کتیرا، ظرفیت جذب آب آن به‌شدت کاهش می‌یابد [۱۳ و ۱۴].

بررسی‌های آماری نتایج به دست‌آمده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار شده مشاهده نشد ($P < 0/05$). به‌عبارت‌دیگر، می‌توان بیان نمود که دمای خشک‌کن، تیمار حرارتی و غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت جذب آب نمونه‌ها نداشتند. این در حالی است که مطالعات انجام‌شده توسط تورس^۱ و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با افزایش دما از ۲۰ به ۶۵ درجه سلسیوس، میزان ظرفیت جذب آب صمغ‌های زانتان، گوار، کربوکسی متیل سلولوز و کتیرا کاهش یافت. آن‌ها افزایش سطح انرژی مولکول‌های آب و در نتیجه، ضعیف شدن پیوندهای بین مولکول‌های آب و هیدروکلوئید را علت این پدیده دانستند [۱۵].

نتایج حاصل از اندازه‌گیری حلالیت نمونه‌های مختلف در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در جدول ۱ آورده شده است. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که میزان حلالیت نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد بسیار بیشتر بود. یکی از علت‌های این امر را می‌توان جداسازی بخشی از جزء نامحلول صمغ فارسی در طی فرایند جدا کردن ناخالصی‌ها دانست. علت دیگر این امر را می‌توان شکسته شدن پیوندهای بین مولکول‌های پلی‌ساکاریدی در اثر حرارت خشک‌کردن و تیمار حرارتی و قرار گرفتن در معرض گروه‌های OH آب دانست [۱۶]. میزان حلالیت نمونه شاهد فیلتر شده بیشتر از نمونه شاهد و کمتر از نمونه‌های تیمار شده بود. بیشتر بودن حلالیت نمونه شاهد فیلتر شده نسبت به نمونه شاهد به‌خوبی نشان می‌دهد که حذف بخشی از جزء نامحلول صمغ فارسی باعث افزایش حلالیت نمونه‌ها شده است. از طرف دیگر، کمتر بودن حلالیت نمونه

حرارتی و دمای خشک‌کن، از میزان ویسکوزیته کاسته شد؛ تا این‌که در بالاترین میزان تیمار حرارتی و بالاترین میزان دمای خشک‌کن، ویسکوزیته به کمترین مقدار خود رسید.

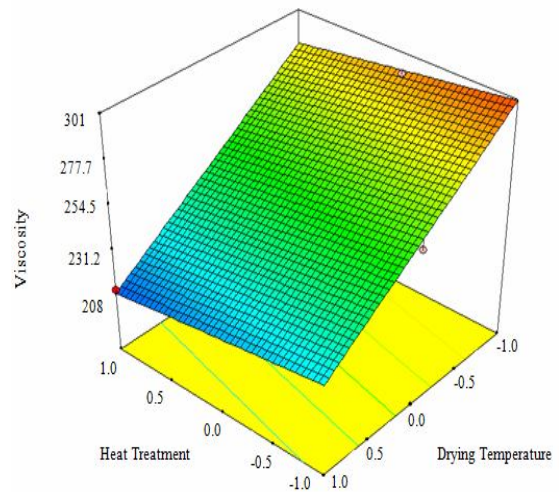


Fig 2 The effects of heat treatment and drying temperature on viscosity of 3% Farsi gum solutions in 20 rpm

علت این کاهش ویسکوزیته را می‌توان تخریب ساختارهای مولکولی و تشکیل ترکیبات جدید با قابلیت جذب آب کمتر دانست که منجر به کاهش ویسکوزیته شدند. در مطالعات انجام‌شده در مورد اثر دمای خشک‌کردن بر ویسکوزیته صمغ آلئوئورا نتایج مشابهی به دست‌آمد. تحقیقات انجام‌شده در زمینه اثر دمای خشک‌کن پاششی بر خصوصیات عملکردی موسیلاژ آلئوئورا نشان داد که با افزایش دمای خشک‌کردن، ویسکوزیته محلول حاصل از نمونه‌های تولیدی کاهش یافت [۷]. ضامنی و همکاران نیز (۲۰۱۴) اثر تیمار حرارتی بر ویژگی‌های صمغ دانه بالنگو را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که افزایش دما منجر به کاهش ویسکوزیته صمغ مربوطه می‌شود [۱۲].

۳-۲- حلالیت و ظرفیت جذب آب

در جدول ۱ ظرفیت جذب آب نمونه‌های مختلف در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ارائه شده است. بیشترین میزان ظرفیت جذب آب مربوط به نمونه شاهد بود که مقدار آن با سایر نمونه‌ها اختلاف بسیار زیادی داشت. همان‌طور که قبلاً گفته شد، صمغ فارسی از دو بخش محلول و نامحلول تشکیل شده است که بخش نامحلول آن توانایی زیادی در جذب آب دارد.

اما در طی فرایند خالص‌سازی صمغ فارسی مقداری از این بخش نامحلول همراه با سایر ناخالصی‌ها از محلول صمغ حذف گردید. بنابراین، یکی از علل کاهش ظرفیت جذب آب

ضرب تعین، ضرب تعین تعدیلی و ضرب تعین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۷۶۶۱، ۰/۶۳۸۵ و ۰/۵۴۴۱ به دست آمد.

$$\begin{aligned} \text{Solubility} = & 81.341 - (0.0325 * \text{Concen}) + \\ & (0.316 * \text{Heat treat}) + (0.828 * \text{Drying tempe}) - \\ & (0.117 * \text{Concen} * \text{Heat treat}) - \\ & (0.405 * \text{Concen} * \text{Drying tempe}) + (0.603 * \text{Heat} \\ & \text{treat} * \text{Drying tempe}) \end{aligned}$$

شاهد فیلتر شده نسبت به نمونه‌های تیمار شده نشان‌دهنده تأثیر حرارت خشک‌کردن و تیمار حرارتی بر افزایش حلالیت صمغ فارسی است.

آنالیز داده‌های آزمایش مشخص کرد، حلالیت صمغ فارسی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس با مدل زیر قابل تخمین است. مقادیر

Table 1 Solubility and water absorption of Farsi gum samples at 30°C

Water absorption	Solubility	Sample
4.481±0.45	80.5±0.71	S _{3,65,120}
4.762±0.52	80.25±1.06	S _{3,65,120}
4.510±0.46	82.00±0	S _{3,85,150}
4.573±0.21	82.75±0.35	S _{3,85,180}
4.550±0.66	79.50±0.71	S _{3,85,120}
4.647±0.18	81.50±0.71	S _{3,65,180}
5.598±0.21	82.25±1.06	S _{3,5,75,165}
4.540±0.69	80.25±0.35	S _{4,65,150}
4.587±0.98	81.25±0.35	S _{4,75,120}
4.495±0.47	83.00±0.71	S _{4,85,180}
4.500±0.93	81.25±0.35	S _{5,65,180}
4.578±0.76	81.25±0.35	S _{5,65,180}
4.577±0.62	80.00±1.06	S _{5,75,150}
4.601±0.11	81.00±0	S _{5,85,120}
5.442±0.91	80.25±1.06	S _{5,85,120}
4.240±0.53	82.50±0.71	S _{5,85,180}
4.432±0.37	81.25±0.35	S _{5,56,120}
5.032±0.11	81.50±0.71	S _{5,65,120}
15.852±0.92	57.75±0.35	Control
8.482±0.32	69.25±1.2	Filtered control

میزان حلالیت نیز کاهش پیدا کرد؛ تا این‌که در پایین‌ترین درجه حرارت خشک‌کن، حلالیت به کمترین مقدار خود رسید. این اثر را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که افزایش دمای خشک‌کن و افزایش شدت تیمار حرارتی منجر به کاهش برهم‌کنش بین زنجیره‌ای و شکستن ساختارهای مولکولی می‌شود و در نتیجه، هنگام مخلوط کردن نمونه در آب امکان ایجاد پیوند بیشتر بین آب و زنجیره پلی‌ساکاریدی میسر می‌گردد [۱۶].

بررسی داده‌ها نشان داد که میزان دمای خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی بر حلالیت صمغ فارسی اثرگذار بودند ($P < 0.05$)؛ اما غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری بر حلالیت صمغ فارسی نداشت. در شکل ۳ اثر متقابل تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر حلالیت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان حلالیت در بالاترین مقدار دمای خشک‌کن و بالاترین مقدار تیمار حرارتی حاصل شد و به تدریج با کاهش هم‌زمان دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی،

که دو فاز شدن را تسهیل می‌نماید درحالی‌که در غلظت‌های بالاتر هیدروکلوئید، به سبب قوی‌تر بودن برهم‌کنش‌های تپی سازی که از ویژگی ویسکوالاستیک قطرات امولسیون در یک شبکه شبه ژلی ناشی می‌شود، از جدا شدن چربی از امولسیون جلوگیری به عمل می‌آید [۱۸].

با آنالیز داده‌های مربوط به قابلیت امولسیون‌کنندگی در امولسیون‌های حاوی ۰/۵٪ صمغ فارسی مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها وجود نداشت و هیچ کدام از مدل‌ها قادر به توصیف این تغییرات نبودند اما؛ قابلیت امولسیون‌کنندگی در نمونه‌های دارای ۱٪ صمغ فارسی با مدل زیر قابل تخمین بود. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۷۶۸۲ و ۰/۲۵۸۴ به دست آمد.

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

در بحث پایداری امولسیون نیز همانند مبحث قابلیت امولسیون‌کنندگی مشاهده شد که در امولسیون‌های حاوی ۰/۵٪ صمغ فارسی اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها وجود نداشت و هیچ‌کدام از مدل‌ها قادر به توصیف این تغییرات نبودند اما؛ پایداری امولسیون در نمونه‌های دارای ۱٪ صمغ فارسی با مدل زیر قابل تخمین بود. مقادیر ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیلی و ضریب تعیین پیش‌بینی مدل به ترتیب ۰/۹۰۰۴، ۰/۸۴۶۱ و ۰/۴۶۶۹ به دست آمد.

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

با مقایسه میزان پایداری و قابلیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌ها با میزان ویسکوزیته محلول صمغ‌ها (شکل ۱) می‌توان به ارتباط مستقیم بین ویسکوزیته امولسیون و خواص امولسیفایری پی برد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین قابلیت امولسیون‌کنندگی مربوط به نمونه‌های S_{۳.۶۵.۱۲۰}، S_{۳.۸۵.۱۲۰}، S_{۴.۷۵.۱۲۰} و S_{۵.۶۵.۱۲۰} می‌باشد که این نمونه‌ها نیز از ویسکوزیته بیشتری نسبت به بقیه برخوردار هستند. در طرف مقابل نیز کمترین قدرت امولسیون‌کنندگی مربوط به نمونه‌های S_{۳.۶۵.۱۸۰}، S_{۴.۷۵.۱۸۰} و S_{۵.۶۵.۱۸۰} است که این نمونه‌ها نیز تقریباً ویسکوزیته کمتری را نسبت به سایر نمونه‌ها دارند.

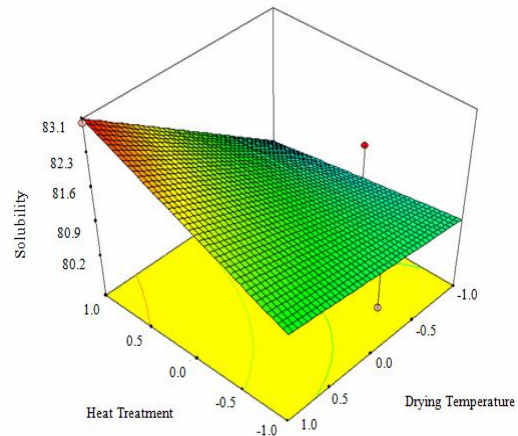


Fig 3 The effects of heat treatment and drying temperature on solubility of Farsi gum samples at 30°C

۳-۳- بررسی قابلیت کف‌کنندگی صمغ

فارسی

قابلیت کف‌کنندگی محلول صمغ فارسی در غلظت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد بررسی شد. در غلظت‌های کمتر از ۳ درصد، هیچ‌گونه تشکیل کفی در محلول مشاهده نشد. در غلظت‌های ۴ و ۵ درصد نیز به مقدار خیلی کمی کف تشکیل شد که همین مقدار ناچیز نیز سریعاً از بین رفت و قابل اندازه‌گیری نبود. عدم توانایی صمغ فارسی در تشکیل کف را می‌توان به ناچیز بودن پروتئین موجود در صمغ نسبت داد [۱۱].

۳-۴- خواص امولسیفایری

قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون در نمونه‌های مختلف اندازه‌گیری شده و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. در همه نمونه‌ها، به تدریج با افزایش غلظت صمغ فارسی قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون 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 (بررسی خواص امولسیفایری برای غلظت‌های بیشتر از ۱/۵ درصد نیز صورت گرفت ولی به دلیل این‌که در همه موارد میزان آن ۱۰۰ درصد بود، مقادیر آن در جدول ۲ آورده نشده است). با افزایش غلظت صمغ در محلول‌ها، میزان جذب آب افزایش یافته و ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین تحرک و جابه‌جایی ذرات چربی کاسته شده و امکان برخورد آن‌ها به همدیگر و ایجاد ناپایداری کاهش می‌یابد [۱۷]. در همین ارتباط دیکینسون^۱ و همکاران (۲۰۰۹) ثابت کردند که غلظت کم هیدروکلوئید در امولسیون دارای اثرات ناپایدارسازی است

1. Dickinson

Table 2 Emulsion ability and emulsion stability of Farsi gum emulsions (emulsion with 20% sunflower oil and different Farsi gum concentrations).

Emulsion stability			Emulsion ability		Sample
1.5%	1%	0.5%	1%	0.5%	Gum concentration
100±0.00	43.95±0.98	24.67±0.54	61.95±0.35	31.43±0.45	S _{3,65,120}
100±0.00	42.51±1.12	25.96±0.42	61.00±0.12	32.73±0.66	S _{3,65,120}
100±0.00	38.64±1.48	25.76±0.22	58.46±0.47	29.57±0.32	S _{3,85,150}
87.62±2.24	36.79±0.85	24.27±0.48	59.49±0.28	29.57±0.32	S _{3,85,180}
100±0.00	44.76±1.54	25.39±0.18	63.46±0.61	30.84±0.24	S _{3,85,120}
88.57±3.05	38.10±0.74	24.58±0.41	58.10±0.19	29.57±0.32	S _{3,65,180}
100±0.00	37.38±1.84	24.47±0.23	57.69±0.51	29.00±0.16	S _{3,5,75,165}
100±0.00	39.62±2.18	25.04±0.15	61.01±0.33	30.25±0.41	S _{4,65,150}
100±0.00	43.81±1.01	25.00±0.35	63.46±0.43	29.25±0.28	S _{4,75,120}
86.47±2.28	37.14±0.84	24.76±0.28	58.49±0.15	31.52±0.47	S _{4,85,180}
100±0.00	35.24±0.89	25.58±0.37	58.00±0.24	29.85±0.18	S _{5,65,180}
100±0.00	35.85±0.91	25.81±0.41	58.43±0.71	29.57±0.32	S _{5,65,180}
100±0.00	37.74±0.59	24.53±0.14	59.05±0.51	29.57±0.32	S _{5,75,150}
100±0.00	38.68±1.45	25.76±0.51	59.45±0.32	29.25±0.14	S _{5,85,120}
100±0.00	39.25±1.13	25.53±0.49	59.62±0.23	30.84±0.19	S _{5,85,120}
86.67±4.18	36.45±0.79	25.47±0.19	58.10±0.41	30.73±0.35	S _{5,85,180}
100±0.00	45.38±1.95	25.36±0.31	64.95±0.14	30.43±0.26	S _{5,56,120}
100±0.00	44.95±2.02	25.62±0.37	65.00±0.00	29.57±0.21	S _{5,65,120}
76.19±4.3	31.24±0.57	24.04±0.42	50.14±0.38	28.30±0.37	Control
100±0.00	54.06±1.1	25.61±0.18	70.25±1.20	30.50±0.59	Filtered control

خواص امولسیفایری کاهش یافت؛ ولی دمای خشک‌کن همچنان شدت اثرگذاری خود را داشت؛ تا این‌که در بیشترین میزان دمای خشک‌کن، قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون به حالت کمینه خود رسید. یکی از دلایل این امر را می‌توان دنا توره شدن پروتئین‌های موجود در ساختار صمغ در اثر افزایش حرارت دانست. به عبارت دیگر با افزایش حرارت، پروتئین‌ها دنا توره شده و خواص امولسیفایری خود را از دست می‌دهند. دلیل دوم را می‌توان به کاهش ویسکوزیته نمونه‌ها در اثر افزایش دما دانست. همان‌طور که در مبحث ویسکوزیته بررسی شد، با افزایش دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی، ویسکوزیته نمونه‌های تولیدی کاهش یافت. این کاهش ویسکوزیته باعث افزایش تحرک ذرات چربی شده و در نتیجه، احتمال برخورد ذرات به همدیگر و ناپایدار شدن سیستم افزایش می‌یابد [۱۹ و ۲۰].

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ فارسی به شدت تحت تأثیر دمای خشک‌کن بود ($P < 0/05$)؛ اما غلظت صمغ ورودی به خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی نداشتند ($P < 0/05$). اشکال 4 و 5 اثر متقابل تیمار حرارتی و دمای خشک‌کن بر خواص امولسیفایری امولسیون‌های حاوی ۱ درصد صمغ فارسی را نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دمای خشک‌کن و افزایش شدت تیمار حرارتی از قدرت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون‌ها کاسته شد. در پایین‌ترین میزان دمای خشک‌کن و پایین‌ترین میزان تیمار حرارتی خواص امولسیفایری حالت بیشینه را داشت؛ ولی به تدریج با افزایش هم‌زمان دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی از خواص امولسیفایری صمغ کاسته شد. در ادامه اثر تیمار حرارتی بر

۴- نتیجه گیری

برای تولید یک صمغ کاملاً صنعتی نیاز است تا اثر فرایندهایی نظیر فیلتراسیون، رنگ‌بری، بوگیری، تأثیر حرارت و اثر خشک‌کردن روی خواص صمغ مشخص شود بنابراین، در این تحقیق سعی شد تا اثر غلظت صمغ، تیمارهای حرارتی و دمای خشک‌کردن بر ویژگی عملکردی صمغ فارسی مشخص شود. نتایج نشان داد که ویسکوزیته محلول صمغ فارسی وابسته به دمای خشک‌کن و شدت تیمار حرارتی بود؛ به گونه‌ای که با افزایش دمای خشک‌کن و تیمار حرارتی ویسکوزیته به صورت خطی کاهش یافت. هیچ‌کدام از عوامل تیمار حرارتی، دمای خشک‌کن و غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن در سطح $P < 0.05$ تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت جذب آب صمغ فارسی نداشتند؛ اما با افزایش دمای خشک‌کن و افزایش دمای تیمار حرارتی، حلالیت افزایش یافت. علاوه بر این، با کاهش دمای خشک‌کن قابلیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون صمغ فارسی بهبود یافت؛ اما تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری بر خواص امولسیفایری صمغ فارسی نداشت. نتایج همچنین نشان داد که در سطح $P < 0.05$ غلظت محلول صمغ ورودی به خشک‌کن تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌کدام از فاکتورهای موردبررسی نداشت. از جمله دیگر نتایج این تحقیق، می‌توان به عدم توانایی محلول صمغ فارسی در تشکیل کف اشاره کرد. از آنجاکه صمغ فارسی دارای خواص امولسیفایری، ویسکوزیته، قابلیت جذب آب و پایداری حرارتی نسبتاً خوبی بود، می‌توان از آن به‌عنوان جایگزین (خصوصاً صمغ عربی) یا به‌صورت ترکیبی با برخی از صمغ‌ها به‌عنوان قوام دهنده و پایدارکننده امولسیون در بسیاری از محصولات غذایی استفاده کرد.

۵- منابع

- [1] 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.
- [2] Rahimi, S., Abbasi, S., Sahariand, M. A., and Azizi, M. H. 2013. Investigation on the emulsifying properties of Persian gum as a novel food emulsifier. 1st International e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013). Mashhad-Iran.

ویلیامز^۱ و همکاران (۲۰۰۶) و گارتی^۲ و همکاران (۱۹۹۹) رسوب بخش پروتئینی صمغ و همچنین کاهش ویسکوزیته در طی حرارت دهی را عامل شکستن امولسیون در تست پایداری امولسیون دانستند [۱۹ و ۲۰]. گارتی و همکاران (۱۹۹۹) توانستند امولسیون‌هایی حاوی ۰/۷ درصد صمغ و ۵ درصد روغن را تهیه کنند که طی یک سال نگهداری در دمای اتاق در برابر تجمع^۳ پایدار بود ولی حرارت دهی بلافاصله موجب بروز به‌هم‌پیوستگی^۴ در امولسیون‌ها گردید [۱۹].

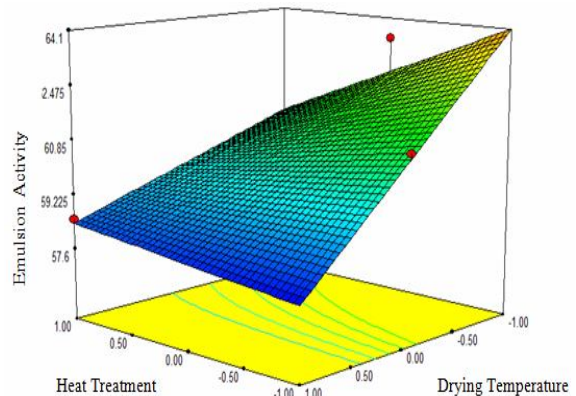


Fig 4 The effects of heat treatment and drying temperature on emulsion ability of Farsi gum (emulsion with 20% sunflower oil and 1% Farsi gum concentrations).

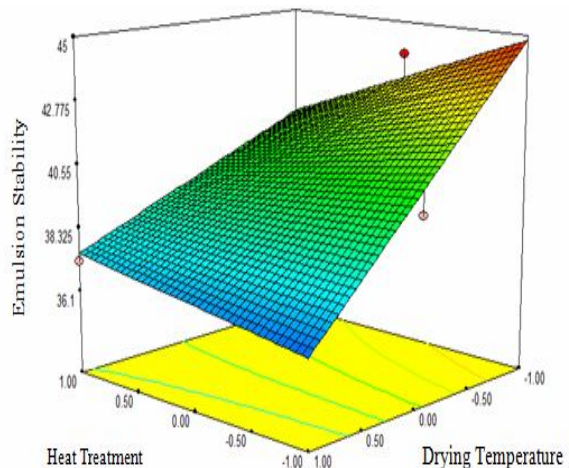


Fig 5 The effects of heat treatment and drying temperature on emulsion stability of Farsi gum (emulsion with 20% sunflower oil and 1% Farsi gum concentrations).

1. Williams
2. Garti
3. Flocculation
4. Coalescence

- [11] Amini, J., Nasirpour, A., and Keramat, J. 2016. Effect of gum concentration and drying temperature on functional properties of Farsi gum. *Novel Findings in Food industries and Healthy Nutrition*.
- [12] Zameni, A., Kashaninejad, M., Aalami, M., and Salehi, F. 2015. Effect of thermal and freezing treatments on rheological, textural and color properties of basil seed gum. *Journal of Food Science and Technology*. 52: 5914-5921.
- [13] Balaghi, S., Mohammadifar, M., Zargaraan, A., Gavlighi, H., and Mohammadi, M. 2011. Compositional analysis and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian Astragalus. *Food Hydrocolloid*. 25: 1775-1784.
- [14] Mohammadifar, M. A., Musavi, S., Kiumarsi, A., and Williams, P. A. 2006. Solution properties of targacanthin (water-soluble part of gum tragacanth exudate from *Astragalus gossypinus*). *International Journal of Biological Macromolecules*. 38: 31-39
- [15] Torres, M. D., Moreira, R., Chenlo, F., and Vazquez, M. J. 2012. Water adsorption isotherms of carboxymethyl cellulose, guar, locust bean, tragacanth and xanthan gums. *Carbohydrate Polymers*. 89: 592-598.
- [16] Sciarini, L., Maldonado, F., Ribotta, P., Perez, G., and Leon, A. 2009. Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. *Food Hydrocolloid*. 23: 306-313.
- [17] Dickinson, E. 2011. Mixed biopolymers at interfaces: competitive adsorption and multilayer structures. *Food Hydrocolloid*. 25: 1966-1983
- [18] Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloid*. 23: 1473-1482.
- [19] Garti, N. 1999. Hydrocolloids as emulsifying agents for oil-in-water emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 20: 327-355.
- [20] Williams, P., Phillips, G., Stephen, A., and Churms, S. 2006. *Gums and mucilages. Food polysaccharides and their applications*, 2nd edn. Taylor & Francis, Boca Raton, FL 455-495.
- [3] Rahimi, S., Abbasi, S., Azizi, M. H., and Sahari, M. A. 2013. Characterization of an unknown exudate gum from Iran: Persian gum. In 1st International e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013). Mashhad-Iran.
- [4] 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. 20th National Congress of Food Science and Technology. Sharif University of Technology.
- [5] Khalesi, H., Alizadeh, M., and Rezazad, M. 2012. Investigation on physicochemical and functional properties of Zedo gum extracted from *Amygdalus Scoparia* Spach in Meyan Jangal region of Farse province. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 8: 317-326.
- [6] Rahimi, S., and Abbasi, S. 2013. Investigation on physicochemical and jelation properties of Farsi gum. *New Science and Technology of Food Journal*. 1:13-27.
- [7] Yamazaki, E., Kurita, O., and Matsumura, Y. 2009. High viscosity of hydrocolloid from leaves of *Corchorus olitorius* L. *Food hydrocolloid*. 23: 655-660.
- [8] Chen, W. P., Chen, J. Y., Chang, S. C., and Su, C. L. 1985. Bacterial alginate produced by a mutant of *Azotobacter vinelandii*. *Applied and environmental microbiology*. 49: 543-546.
- [9] 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.
- [10] Betancur-Ancona, D., Lopez-Luna, J., and Chel-Guerrero, L. 2003. Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. *Food Chemistry*. 82:217-225.

Effect of drying temperature, heat treatment and gum concentration on functional properties of Farsi gum

Amini Rastabi, J. ^{1*}, Nasirpour, A. ²

1. MS.c. Graduate, Department of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology

(Received: 2018/02/16 Accepted:2018/09/04)

This study aimed at investigating effect of drying temperature, heat treatment and gum concentration on functional properties of Farsi gum. For this purpose, solutions with 3, 3.5, 4 and 5% concentration of Farsi gum were provided. These solutions were influenced by heat treatments at 65, 75 and 85 °C. Then, they were dried by spray dryer at 120, 150, 165 and 180 °C. The results showed that Farsi gum solutions viscosity was intensely depended on heat treatment and drying temperature, in such a way that viscosity decreased linearly as drying temperature and heat treatment increased. Thermal treatment, drying temperature and gum concentration had no significant effect ($p < 0.05$) on the water absorption capacity of Farsi gum, but by increasing the drying temperature and heat treatment, solubility increased. A decrease in drying temperature made improvement in the emulsion ability and emulsion stability of Farsi gum; but heat treatment had no significant effect on the emulsifying properties of Farsi gum ($p < 0.05$). The results also showed gum concentration had no significant effect on functional properties which were measured ($p < 0.05$).

Keywords: Farsi gum, Drying temperature, Heat treatment, Gum concentration, Functional properties

* Corresponding Author E-Mail Address: j.amini.r371@gmail.com