بررسی خصوصیات امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی صمغ آلوچه

رومینا محبی *[۱]، رضا فرهمندفر[۲]، رضا اسماعیل زاده کناری[۳]، جعفرمحمدزاده میلانی [۳]، جمشید فرمانی[۲]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی‌ساری
۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی‌ساری

نویسنده مسئول*[۱]: rominamohebi93@gmail.com

چکیده

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی خصوصیات سطحی صمغ آلوچه، محلول امولسیون و کف از محلول‌های ۰/۵ و ۱٪ (وزنی/ حجمی) صمغ تهیه‌شد. ظرفیت امولسیفایری و پایداری امولسیون‌ها پس از یک هفته و یک ماه در دمای اتاق و یخچال مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق نتایج افزایش غلظت صمغ سبب افزایش معنی‌دار ظرفیت امولسیفایری و پایداری امولسیون در طی مدت زمان نگهداری در هر دو دما ذکر شد. تصاویر میکروسکوپی امولسیون نشان داد که با افزایش غلظت صمغ، اندازه ذرات امولسیون کاهش یافته‌است. نتایج خصوصیات کف‌کنندگی نشان داد که افزایش غلظت صمغ آلوچه سبب افزایش ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف شد.

کلمات کلیدی: آلوچه، صمغ، خصوصیات امولسیون‌کنندگی، کف‌کنندگی

مقدمه و هدف

امولسیون‌ها و کف‌ها از نظر ترمودینامیکی ناپایدار هستند. پایداری آنها را با افزودن موادی مانند موادفعال سطحی می‌توان افزایش داد (جی و همکاران، ۱۹۹۶). امولسیون ها ممکن است به صورت روغن در آب (O/W) یا آب در روغن (W/O) یا به صورت امولسیون مرکب مثل W/O/W یا بالعکس باشند. بسیاری از موادغذایی برپایه چربی مانند انواع دسرها، خامه، شیر یا انواع سس‌ها حاوی چربی‌های امولسیون‌شده هستند که عمدتا به شکل امولسیون‌های روغن در آب (O/W) به‌کار گرفته می‌شوند (کارپ و همکاران،۲۰۱۹).کف در موادغذایی شامل پراکندگی حباب‌های گاز در داخل یک فاز مایع و یا یک فاز نیمه جامد پیوسته است. خاصیت

کف کنندگی معمولا در ایجاد خصوصیات رئولوژیکی مطلوب در موادغذایی از جمله بستنی، خامه زده شده، نان و کیک نقش مهمی دارد. بنابراین پایداری کف به عنوان یک معیار مهم در کیفیت موادغذایی دارای اهمیت است (اولادله و همکاران،۲۰۰۷).

هیدروکلوئیدها به طور گسترده‌ای به عنوان ترکیبات کاربردی در سیستم‌های غذایی و دارویی برای اهداف مختلفی استفاده می‌شوند (وانگ و همکاران،۲۰۱۸). آنها می‌توانند نقش‌های زیادی در کیفیت بافت غذا مانند امولسیون‌کننده (نوشیدنی‌ها)، تثبیت‌کننده و غلیظ‌کننده (محصولات لبنی)، پوشش‌دهی و بافت‌دهی (شیرینی سازی)، حجیم سازی (محصولات نانوایی) و غیره ایفا کنند. علاوه بر جنبه‌های فیزیکی، حسی و تغذیه‌ای ممکن است کیفیت غذاها با استفاده از هیدروکلوئیدها تغییر کند. همچنین هیدروکلوئیدهای غذایی به عنوان افزودنی‌های سالم موادغذایی شناخته می‌شوند. امروزه کاربرد هیدروکلوئیدها یک امر جدایی ناپذیر است بر اساس بازار جهانی هیدروکلوئیدها، ارزش آن در سال ۲۰۱۹ برابر با ۷.۶ بیلیون دلار بوده‌است که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ به ۸/۷ بیلیون دلار برسد (یوسفی و جعفری ۲۰۱۹).

اصطلاح "صمغ" گروهی از پلی ساکاریدها را تعریف می‌کند که قادر به تشکیل محلول‌های چسبناک و ممکن است توانایی تشکیل ژل را داشته باشد. این اصطلاح آنقدر گسترده‌است که حتی به عنوان مترادف برای "هیدروکلوئید" استفاده می‌شود (احمد و همکاران،۲۰۱۹). صمغ‌های طبیعی ترکیباتی هستند که از منابع گیاهی یا میکروبی به دست می‌آیند. با توجه به منشاء، ساختار آنها، وزن مولکولی، انشعاب و خواص عملکردی ناهمگن هستند. آنها را می توان به صمغ‌های گیاهی (مانند صمغ عربی)، صمغ‌های دانه‌ای (مانند صمغ بذر کتان)، صمغ‌های میکروبی (مانند صمغ زانتان)، صمغ‌های دریایی (مانند کاراگینان) تقسیم بندی کرد (شارما و همکاران،۲۰۱۸).

صمغ‌های مترشحه گیاهی درختان معمولاً توسط تنه، شاخه‌ها و میوه‌ها در نتیجه‌ی مکانیسم دفاعی در برابر صدمات میکروبی تولید می‌شوند. مطالعات قبلی در مورد ساختار شیمیایی بسیاری از صمغ های گیاهی نشان داد که صمغ ترشح شده از درخت عمدتاً از هتروپلی ساکاریدهایی با ساختار پیچیده و مونوساکاریدهای مختلف تشکیل شده‌است. کاربردهای صنعتی صمغ درختی به دلیل ظرفیت نگهداری آب آن در تولید ژل و توانایی آن در افزایش پایداری امولسیون‌ها است. به عنوان مثال صمغ عربی در صنایع غذایی به عنوان تثبیت کننده یا امولسیفایرهای طبیعی استفاده شده‌است (شی و همکاران،۲۰۱۹). خواص محلول صمغ‌های گیاهی عمدتاً با حلالیت آنها تعیین می‌شود که به نوبه خود بر کاربردهای غذایی مانند امولسیون کنندگی، کف کردن، تثبیت و تغلیظ شدن تأثیر می‌گذارد. حلالیت صمغ‌های گیاهی به ساختار، وزن مولکولی و نوع حلال مورد استفاده بستگی دارد (همدانی و همکاران،۲۰۱۹).

آلوچه با نام‌های علمی Prunus cerasifera و cherry plum از نظر گیاه‌شناسی متعلق به خانواده گل‌سرخیان است. میوه‌ای از خانواده‌ی آلوها که بومی اروپا و آسیا می‌باشد. گونه‌های وحشی آن دارای شاخه‌های بلند و درخت‌های کوچک هستند که بلندی آن‌ها به ۶ تا ۱۵ متر می‌رسد (صالحی و همکاران،۲۰۲۰). این میوه به واسطه داشتن ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها و ترکیبات

آنتی اکسیدانی دارای خاصیت درمانی است (جفری و همکاران،۲۰۱۸). صمغ درخت آلوچه[1] یک مایع ویسکوز با شفافیت بالا یا با رنگ زرد روشن است (شی و همکاران،۲۰۱۹).

در ایران به دلیل فراوانی منابع گیاهی به ویژه صمغ‌های بومی و همچنین صرف سالیانه مبالغ زیادی جهت واردات صمغ‌های تجاری به کشور و نقش مهم هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون محصولات غذایی محققان به فکر جایگزینی صمغ‌های گیاهی با صمغ‌های تجاری هستند. هدف از این پژوهش، بررسی خصوصیات امولسیون کنندگی و کف کنندگی صمغ درخت آلوچه، به عنوان یک صمغ بومی مقرون به صرفه و ناشناخته است که به توان به عنوان جایگزین مناسبی به جای صمغ‌های تجاری گران قیمت پیشنهاد نمود.

تئوری و پیشینه تحقیق

امیری و رادی (۱۳۹۲) در ارتباط با صمغ عربی امولسیون‌های روغن در آب حاوی صمغ عربی در غلظت‌های ۱/۰، ۵، ۱۰ و ۲۰٪ تهیه و ویسکوزیته آن‌ها را اندازه گیری کردند و پایداری امولسیون‌های پایدار شده با صمغ عربی را ارزیابی نمودند. ویسکوزیته امولسیون‌های حاوی صمغ عربی با افزایش غلظت صمغ افزایش پیدا کرد. افزودن صمغ عربی پایداری امولسیون‌های روغن در آب را به خوبی افزایش داد که این پایداری با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت.

سمائی و همکاران (۱۳۹۶) خصوصیات عملکردی صمغ درخت زردآلو را مورد بررسی قرار دادند. ترکیبات شیمیایی صمغ درخت زردآلو اندازه گیری شد و اثر دماهای مختلف (۲۵، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد) بر حلالیت و ظرفیت حفظ آب صمغ درخت زردآلو ارزیابی شد. اثر غلظت‌های مختلف (۱،۱/۵، ۰/۵درصد وزنی- حجمی) صمغ درخت زردآلو بر ظرفیت امولسیون-کنندگی‌و پایداری امولسیون روغن در آب بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش دما سبب افزایش حلالیت صمغ درخت زردآلو می‌شود با این وجود، ظرفیت حفظ آب به دلیل کاهش بخش نامحلول صمغ کاهش یافت. با افزایش غلظت صمغ زردآلو، ظرفیت امولسیون-کنندگی و پایداری امولسیون روغن در آب افزایش یافت.

کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر افزودن صمغ دانه قدومه را به عنوان یک پایدارکننده طبیعی بر خواص امولسیون‌کنندگی امولسیون‌های روغن در آب تولید شده با سانتریفوژ با دور بالا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار صمغ دانه قدومه از ۰/۲۵ به ۰/۷۵٪ وزنی/ حجمی، میانگین اندازه قطرات در امولسیون‌هایی که بلافاصله پس از تولید بررسی شدند، کاهش یافت. در واقع، افزایش ویسکوزیته سبب کاهش حرکت قطرات و فراهم کردن زمان لازم برای امولسیفایر جهت پوشش کامل لایه بین سطحی روغن-آب شد. بررسی پایداری امولسیون‌ها پس از یک ماه نگهداری نشان داد که امولسیون‌های ۰/۲۵ و ۰/۵٪ وزنی/ حجمی صمغ دانه قدومه، دارای اندازه قطرات بزرگتر و پایداری کمتر نسبت به امولسیون‌های حاوی ۰/۷۵٪ وزنی/ حجمی صمغ بودند. بررسی تصاویر میکروسکوپی امولسیون‌ها نشان داد که با افزایش مقدار صمغ الحاق و تجمع قطرات روغن کاهش یافت.

[1] Prunus Cerasifera tree gum (PG)

کیان و همکاران (۲۰۱۱) با انجام آزمایش بر تقسیم بندی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پلی‌ساکاریدهای صمغ هلو نشان دادند که به کسر قابل استخراج آب (WE) در آب در غلظت کم، دانه تشکیل داد. تمام فراکسیون‌های استخراج شده از ترشحات صمغ هلو ظرفیت امولسیونی و پایداری بهتری نسبت به صمغ عربی و شنبلیله نشان دادند که می‌تواند در صنایع غذایی برای جایگزینی یا جایگزینی جزئی صمغ عربی استفاده شود.

سئو و همکاران (۲۰۱۸) امولسیون‌کنندگی بخش محلول صمغ دانه‌ای مرو[2] مورد بررسی قرار دادند. تحلیل ظرفیت امولسیونی و پایداری نشان داد که صمغ دانه‌ای مرو (به ترتیب ۵۸٪ و ۵۶٪) خواص امولسیون‌کنندگی بهتری نسبت به استاندارد پکتین (به ترتیب ۴۶٪ و ۳۷٪) داشت.

همدانی و همکاران (۲۰۱۹) ضمن انجام آزمایش بر منابع، ساختار، خواص و فواید صمغ‌های گیاهی برای سلامتی نتایج نشان دادند با وجود آب دوستی، صمغ‌های گیاهی خواص سطحی قابل توجهی مانند امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی از خود نشان می‌دهند.. پراکندگی صمغ‌های آبی گیاهی ماهیتی اسیدی دارند و تغییرات زیادی در رفتار رئولوژیکی خود نشان می‌دهند. بسیاری از صمغ‌های به دست آمده از منابع گیاه شناسی دارای مزایای ارتقاء سلامتی هستند.

مواد و روش‌ها

تهیه مواداولیه

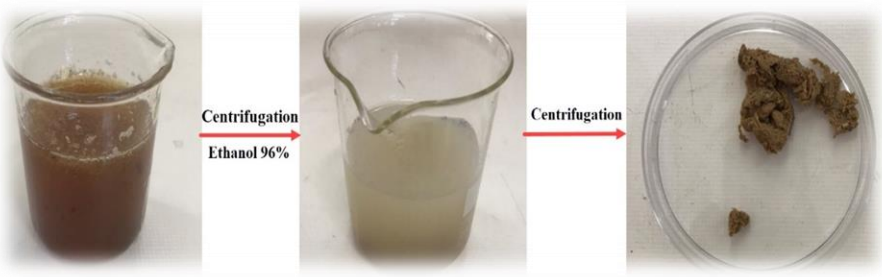
در این پژوهش صمغ ترشحی از تنه درخت درخت آلوچه واقع در مرکز آموزش فنی و حرفه‌ای تخصصی کشاورزی و شیلات زیبادشت کرج در فصل زمستان تهیه شد. در ادامه، به جهت خالص‌سازی آزمایشات از اتانول و همچنین از آب و روغن آفتابگردان برای بخش امولسیفایری به میزان لازم استفاده شد.

خالص‌سازی صمغ آلوچه

صمغ جداشده از تنه درخت ابتدا در دمای ۵۰ درجه‌ی سلسیوس خشک شد و سپس با استفاده از یک آسیاب آزمایشگاهی پودر شد. پودر حاصل از الک با مش ۴۰ گذرانده شد. در مرحله بعد محلول صمغ و آب مقطر (۲٪ وزنی/حجمی) و به مدت یک شب در یخچال قرار گرفت تا هیدراتاسیون به صورت کامل صورت گیرد. محلول حاصل در ۴۰۰۰g و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. به سوپرناتانت حاصل شده اتانول ۹۶ درجه اضافه شد (یک برابر حجم اولیه) و به مدت ۲ ساعت در یخچال قرار گرفت. در نهایت مخلوط

[2] soluble-sage seed gum

مورد نظر مجدا در ۴۰۰g و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و بخش رسوب یافته در آون ۵۰ درجه‌ی سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت خشک شد (قرقانی و همکاران، ۲۰۲۱).



شکل ۱- فرآیند خالص سازی صمغ آلوچه

خصوصیات امولسیونی و کف‌کنندگی صمغ آلوچه

تولید امولسیون

به‌منظور تولید امولسیون از صمغ، ۲۰ میلی‌لیتر از محلول‌های ۰/۵ و ۱٪ (وزنی/ حجمی) در آب مقطر تهیه شد. به‌منظور تسریع فرآیند هیدراتاسیون، پودر صمغ در مقادیر مشخص به آب اضافه شد و به مدت ۱۵دقیقه در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتیگراد قرار گرفت و سپس تا دمای اتاق خنک شد. در مرحله بعد، ۲۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان به آرامی و به‌صورت قطره‌قطره و تحت همزنی مداوم به محلول‌ها اضافه شد. در نهایت مخلوط حاصل، با استفاده از هموژنایزر اولتراتوراکس به مدت ۵ دقیقه و در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه هموژن شد. سپس امولسیون‌های بدست آمده به فالکون‌های ۱۰ میلی‌لیتری منتقل و به مدت ۳ دقیقه در ۳۰۰۰ g سانتریفیوژ شد (عمر عزیز و همکاران، ۲۰۲۰).

ظرفیت امولسیفایری[3] (EC) و پایداری امولسیون‌ها[4] (ES)

ظرفیت امولسیفایری (EC) و پایداری امولسیون‌ها (ES) پس از یک هفته و یک ماه در دمای اتاق و یخچال طبق فرمول زیر محاسبه شدند (قرقانی و همکاران، ۲۰۲۱).

[3] Emulsifying capacity
[4] Emulsion stability

$$EC\ \% = \frac{\text{حجم لایه‌ی امولسیون}}{\text{کل حجم}} \times 100 \qquad (1)$$

$$ES\ \% = \frac{\text{حجم لایه‌ی امولسیون باقی‌مانده}}{\text{حجم لایه‌ی امولسیون اولیه}} \times 100 \qquad (2)$$

به منظور بررسی ریزساختار امولسیون‌های تهیه شده پس از یک هفته، ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر از امولسیون‌ها با ۱۰ برابر آب مقطر رقیق شد. سپس یک قطره از محلول برروی یک لام شیشه‌ای قرار گرفت. عکس‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال درونی Nikon DXM 1200 در بزرگنمایی ۴۰ و در ۵ تکرار گرفته شد (قرقانی و همکاران، ۲۰۲۱).

خصوصیات کف‌کنندگی نمونه‌ها شامل ظرفیت کف‌کنندگی[5](FC) و پایداری کف[6](FS)

خصوصیات کف‌کنندگی نمونه‌ها شامل ظرفیت کف‌کنندگی (FC) و پایداری کف (FS) بررسی شد. ابتدا محلول ۱٪ (وزنی/حجمی) از نمونه‌ها تهیه شد و به مدت ۱۲ ساعت درون یخچال قرار گرفت تا هیدراتاسیون کامل صورت گیرد. سپس نمونه‌ها مجددا به دمای محیط رسانده شدند و به مدت ۳ دقیقه با استفاده از اولتراتوراکس هم زده شد. ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف پس از ۳۰ دقیقه به ترتیب با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (عمر عزیز و همکاران، ۲۰۲۰).

$$FC\ \% = \frac{V_T - V_0}{V_0} \times 100 \qquad (3)$$

$$FS\ \% = \frac{V_t - V_0}{V_T - V_0} \times 100 \qquad (4)$$

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج آزمایشات براساس طرح آماری (one-way) و با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس مورد مقایسه قرار گرفت. داده‌ها به صورت انحراف استاندارد ± میانگین بیان شده و اختلاف میان میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح اطمینان ۵٪ با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۸ مقایسه شد. تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

[5] Foaming capacity
[6] Foam stability

نتایج و بحث

خصوصیات بین سطحی صمغ آلوچه

ظرفیت تولید و پایداری امولسیون

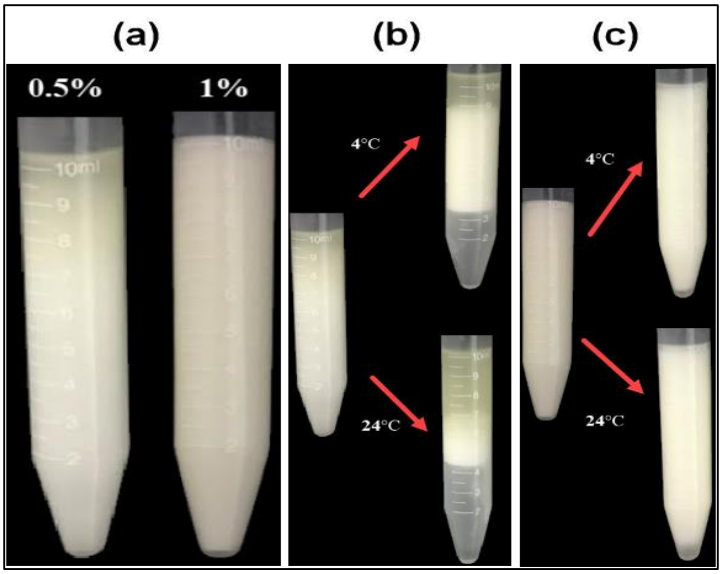
در بسیاری از فرآیندهای تولید محصولات غذایی، تشکیل امولسیون به‌عنوان یک مرحله میانی شناخته می‌شود. بسیاری از مواد غذایی برپایه چربی نظیر انواع سس، خامه، شیر، دسرها و غیره حاوی چربی‌های امولسیون‌شده هستند که عمدتا به شکل امولسیون‌های روغن در آب (O/W) به‌کار گرفته می‌شوند. امولسیون از دو فاز غیر قابل اختلاط تشکیل شده‌است که عموما یک فاز (فاز پراکنده) در دیگری (فاز پیوسته) به فرم قطرات کوچک پراکنده می‌شود. به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که تمامی امولسیون‌های غذایی از نظر ترمودینامیکی ناپایدار هستند، بنابراین احتمال ناپایدار شدن آن‌ها با گذشت زمان و افزایش دما بالا است. بنابراین، به‌منظور افزایش پایداری سیستم‌های غذایی حاوی امولسیون، ترکیباتی نظیر امولسیفایرها به آن‌ها اضافه می‌شود (کلینکسورن، ۲۰۱۳). امولسیفایرها عمدتا پلیمرهای طبیعی نظیر صمغ‌ها و پروتئین‌های دوگانه‌دوست دارای خصوصیات فعالیت سطحی می‌باشند که با قرارگیری در میان دو فاز غیرقابل اختلاط امولسیون سبب اتصال و برهمکنش میان آن‌ها می‌شوند (مک‌کلمنت، ۲۰۰۴).

یکی از خصوصیات عملکردی صمغ‌ها، خصوصیات امولسیفایری آن‌ها می‌باشد. در این پژوهش نیز خصوصیات سطحی (امولسفایری و کف‌کنندگی) صمغ آلوچه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج خصوصیات امولسیفایری صمغ آلوچه در غلظت‌های مختلف در شکل ۲ و جدول ۱ آورده شده‌است. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عنوان کرد که افزایش غلظت صمغ سبب افزایش معنی دار ظرفیت امولسیفایری می‌شود ($p < 0/05$)، به طوری‌که با افزایش غلظت محلول صمغ از ۰/۵ به ۱، ظرفیت امولسیفایری و از ۱/۲ ± ۷۵/۹ به ۰/۰ ± ۱۰۰ افزایش یافت. علاوه بر این، نتایج پایداری امولسیون پس از یک هفته و یک ماه نیز نشان داد که افزایش غلظت صمغ از ۰/۵ درصد به ۱ درصد سبب افزایش معنی‌دار پایداری امولسیون می‌شود. حسینی و همکاران (۲۰۱۵) و پال (۱۹۹۶) بیان داشتند که افزایش ویسکوزیته محلول صمغ می‌تواند سبب محدود شدن حرکت آزاد، تجمع، لخته شدن، و ادغام ذرات روغن شود و به نوبه خود میزان جدا شدن فاز و ناپایداری امولسیون را کاهش دهد.

نکته حائز اهمیت در رابطه با پایداری امولسیون‌ها، اثر دما بر میزان پایداری امولسیون پس از گذشت مدت زمان نگهداری امولسیون می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پایداری امولسیون در دماهای پایین (۴ درجه سانتی‌گراد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از پایداری امولسیون در دمای محیط است. بینکس و روچر (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش دمای نگهداری امولسیون با کاهش دادن ویسکوزیته، با افزایش تحرک قطرات امولسیون سبب افزایش تجمع و الحاق قطرات امولسیون شده و در نتیجه پایداری امولسیون را کاهش می‌دهد. شایان ذکر است که نتایج مشابهی در رابطه با خصوصیات امولسیون تهیه شده توسط سمائی و همکاران (۱۳۹۶) و خالصی و همکاران (۲۰۱۲) که به‌ترتیب به بررسی خصوصیات عملکردی صمغ مترشحه از درخت زردآلو و صمغ زدو (فارسی) پرداخته بودند، به‌دست آمد. علاوه بر این، میرحسینی و همکاران (۲۰۰۸) و ناکائوما و همکاران (۲۰۰۸) نتایج مشابهی با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش گزارش کردند.

جدول ۱- نتایج ظرفیت امولسیفایری و پایداری امولسیون در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد در دماهای ۴ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد

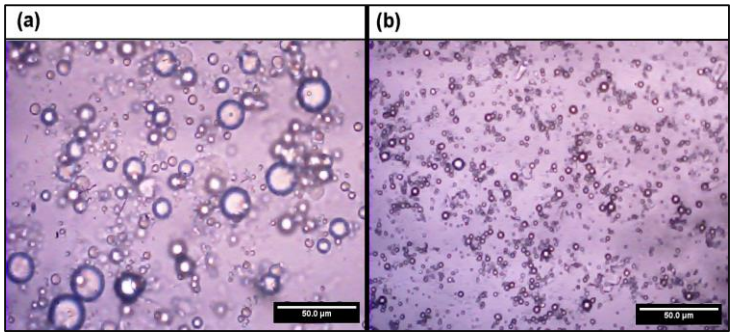
غلظت محلول (٪ وزنی/حجمی)	ظریفت امولسیفایری (٪)	پایداری امولسیون (٪)			
		یک هفته		یک ماه	
		۴	۲۴	۴	۲۴
۰/۵	۷۵/۹ ± ۱/۲ ^{B}	۸۷/۳ ± ۲/۲ ^{B}	۴۷/۷ ± ۳/۶ ^{B}	۶۲/۱ ± ۳/۳^{B}	۱۶/۷ ± ۱/۳^{B}
۱	۱۰۰ ± ۰/۰^{A}	۱۰۰ ± ۰/۰^{A}	۱۰۰ ± ۰/۰^{A}	۱۰۰ ± ۰/۰^{A}	۹۶/۸ ± ۰/۷^{A}



شکل ۲- نتایج ظرفیت امولسیفایری (a)، پایداری امولسیون پس از گذشت یک هفته (b)، پایداری امولسیون پس از گذشت یک ماه (c) در دماهای نگهداری ۴ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد

در رابطه با اندازه ذرات امولسیون، همان‌طور که در شکل ۳ و جدول ۲ مشاهده می‌شود، افزایش غلظت صمغ سبب کاهش معنی‌دار اندازه ذرات می‌شود ($p < 0/05$)، که احتمالا ناشی از افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و در نتیجه ممانعت از الحاق و اتصال قطرات روغن به هم‌دیگر و افزایش اندازه قطرات می‌باشد (قرقانی و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج اندازه ذرات مطابق با نتایج حاصل از پژوهش هوانگ و همکاران (۲۰۰۱) بود، که بیان داشتند افزایش غلظت محلول صمغ شنبلیله سبب کاهش معنی‌دار اندازه ذرات امولسیون خواهد شد. اگرچه این نتایج، در مورد صمغ زانتان صادق نبود، و با افزایش ویسکوزیته و غلظت محلول صمغ، اندازه ذرات

امولسیون افزایش یافت که این احتمالا ناشی از اثر ممانعت کنندگی گرانروی بالای صمغ در برابر فرآیند هموژنیزاسیون امولسیون می‌باشد (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۳- اندازه ذرات امولسیون محلول صمغ آلوچه ۰/۵ درصد (a) و محلول صمغ ۱ درصد (b)

جدول ۲- نتایج اندازه ذرات امولسیون حلول صمغ آلوچه ۰/۵ درصد و محلول صمغ ۱ درصد

غلظت محلول (درصد وزنی-حجمی)	Mean	D_{32}
۰/۵	۱۵/۳۲۰ ± ۱/۲۱۸ ^{B}	۱۱/۲۱۷ ± ۰/۸۲ ^{B}
۱	۵/۰۶۷ ± ۰/۶۸۱ ^{A}	۳/۵۸۳ ± ۰/۵۲ ^{A}

خصوصیات کف‌کنندگی صمغ آلوچه

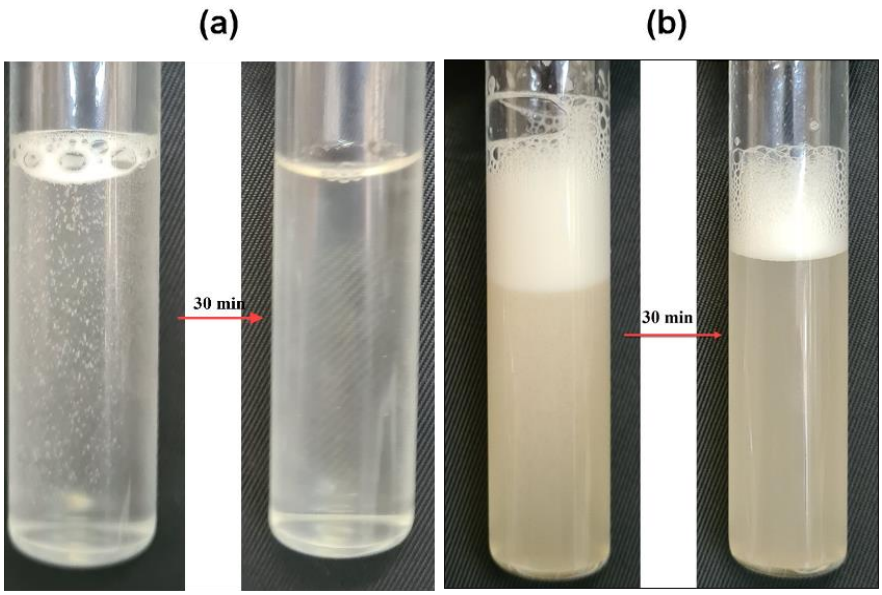
کف، سیستمی تشکیل شده از دو فاز مجزا (یک فاز گازی به شکل حباب پراکنده شده در فاز مایع یا نیمه مایع به‌عنوان فاز پیوسته) می‌باشد (گوتیرز، ۲۰۱۸). وجود هوا در برخی محصولات غذایی نظیر خامه و بستنی، سبب ایجاد بافت مطلوب در آن‌ها می‌شود (فوگدینگ و همکاران، ۲۰۰۶). در این پژوهش به‌منظور بررسی خصوصیات کف‌کنندگی صمغ آلوچه، آزمون‌های ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف تهیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

به‌طور کلی ظرفیت تولید کف و پایداری کف به‌ترتیب بیان کننده‌ی توانایی ایجاد کف توسط محلول هیدروکلویید و توانایی کف در حفظ ویژگی‌های اولیه خود مانند اندازه حباب‌ها و حجم کف تولید شده در مدت زمان نگهداری است (ناجی و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف محلول صمغ آلوچه در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد در جدول ۳ و شکل ۴ آورده شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در غلظت پایین محلول صمغ توانایی تشکیل کف و پایداری کف تولید شده بسیار پایین بود. درحالی‌که

با افزایش غلظت محلول صمغ از ۰/۵ درصد به ۱ درصد، پارامترهای ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف به ترتیب از ۱/۱۲ ± ۴/۳۵ ٪ به ۲/۴۹ ± ۵۰/۶۹ ٪ و از ۰٪ به ۳/۸۹ ± ۷۰/۶۲٪ افزایش یافت. با توجه به پژوهش صورت گرفته توسط قرقانی و همکاران (۲۰۲۱)، می‌توان عنوان کرد که علت افزایش پایداری کف ناشی از افزایش غلظت صمغ، افزایش ویسکوزیته محلول و در نتیجه کاهش تحرک و تجمع حباب‌های هوا می‌باشد.

جدول۳-نتایج ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف محلول‌های صمغ آلوچه در غلظت‌های ۱ درصد و ۰/۵ درصد

غلظت محلول (درصد وزنی-حجمی)	ظرفیت کف‌کنندگی (FC)	پایداری کف (FS)
محلول ۱٪ (وزنی/حجمی)	٪ ۵۰/۶۹ ± ۲/۴۹^{A}	٪ ۷۰/۶۲ ± ۳/۸۹^{A}
محلول ۰/۵٪ (وزنی/حجمی)	٪ ۴/۳۵ ± ۱/۱۲^{B}	٪ ۰۰/۰۰ ± ۰۰/۰۰^{B}



شکل ۴- نتایج خصوصیات کف محلول‌های صمغ آلوچه در غلظت‌های ۰/۵ درصد (a) و ۱ درصد (b)

به‌طورکلی می‌توان عنوان کرد که قابلیت تشکیل کف و امولسیون توسط صمغ‌ها، وابسته به خصوصیات بین سطحی آن‌ها می‌باشد. عمده پلی‌ساکاریدها به دلیل خصوصیات کاملا آب‌دوستی ساختارشان، فاقد ارائه خصوصیات بین سطحی می‌باشند و بروز برخی از خصوصیات امولسیفایری در برخی از آن‌ها به‌دلیل وجود ترکیبات هیدروفوب نظیر پروتئین‌ها در ساختارشان می‌باشد. بنابراین،

حدس زده می‌شود بروز ویژگی‌های امولسیفایری و کف‌کنندگی صمغ آلوچه مشابه با صمغ‌هایی نظیر زردآلو (سمائی و همکاران، ۱۳۹۶) و صمغ دانه شاهی، قدومه شهری، قدومه شیرازی و مرو (رضوی و همکاران، ۱۳۹۰) ناشی از وجود ترکیبات هیدروفوب (پروتئین) در ساختارشان می‌باشد.

نتیجه گیری

صمغ آلوچه به عنوان منبع هیدروکلوئیدی مناسب و جدید و یک صمغ بومی مقرون به صرفه است. در این پژوهش با هدف بررسی خصوصیات سطحی صمغ آلوچه آزمون‌های پایداری و اندازه ذرات امولسیون و ظرفیت تولید و پایداری کف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که افزایش غلظت صمغ از ۰/۵٪ به ۱٪ سبب افزایش معنی‌دار ظرفیت تولید امولسیون از ۷۵/۹٪ به ۱۰۰٪ شد. همچنین پایداری امولسیون در هر دو دمای نگهداری ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان‌های نگهداری ۱ هفته و یک ماه نیز با افزایش غلظت صمغ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در رابطه با اندازه ذرات امولسیون‌ها نیز مشاهده شد که افزایش غلظت صمغ سبب کاهش معنی‌دار اندازه ذرات امولسیون شده‌است، به‌طوریکه در غلظت محلول صمغ ۰/۵٪ و ۱٪، اندازه ذرات به‌ترتیب مقادیر ۱۵/۳۲۰ میکرومتر و ۵/۰۶۷ میکرومتر به‌دست آمد. علاوه بر این نتایج ظرفیت تولید کف و پایداری کف حاکی از آن بود که افزایش غلظت صمغ اثر معنی‌داری بر افزایش هر دو پارامتر ذکر شده داشت. در نهایت، با توجه به ویژگی‌های سطحی و بین سطحی مناسب صمغ درخت آلوچه، می‌توان از آن در کاربردهای گسترده در صنایع مختلف خصوصا صنعت غذا به‌عنوان تغلیظ‌کننده و امولسیون‌کننده استفاده نمود.

منابع

[۱] رضوی، سیدمحمدعلی، بستان، آرام، نیک نیا، سمیه و رزمخواه، سمیه، بررسی خواص عملکردی عصاره خام هیدروکلوئیدی برخی دانه‌های بومی ایران، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۱ شماره ۳، مهر۱۳۹۰،صفحات ۳۸۹-۳۷۹.

[۲] سمائی، سیده پریا، قربانی، محمد، صادقی ماهونک، علیرضا، جعفری، سیدمهدی، بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی صمغ درخت زردآلو. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، شماره ۶۵ ، دوره ۱۴، تیر ۱۳۹۶، صفحات ۳۴۲-۳۳۵.

[۳] امیری، صدیقه و رادی، محسن. مقایسه رفتار رئولوژیک محلول‌ها و امولسیون‌های روغن در آب پایدارشده توسط صمغ عربی مجله علوم غذایی و تغذیه، شماره ۳ ، سال دهم ، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۴-۵.

[4] *Ahmad S, Ahmad M, Manzoor K, Purwar R, Ikram S. A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. International journal of biological macromolecules. 2019 Sep 1;136:870-90.*

[5] *Bette J., Leal-Colderon F. Surfactant stabilized emulsions. curr opin. colloids Inter.Sci.1996, 1: 746-751.*
[6] *Binks BP, Rocher A. Effects of temperature on water-in-oil emulsions stabilised solely by wax microparticles. Journal of colloid and interface science. 2009 Jul 1;335(1):94-104.*
[7] *Foegeding EA, Luck PJ, Davis JP. Factors determining the physical properties of protein foams. Food hydrocolloids. 2006 Mar 1;20(2-3):284-92.*
[8] *Gharaghani M, Mousavi M, Khodaiyan F, Yarmand MS, Omar-Aziz M, Hosseini SS. Octenyl succinylation of kefiran: Preparation, characterization and functional properties. International Journal of Biological Macromolecules. 2021 Jan 1;166:1197-209.*
[9] *Gutiérrez TJ. Polymers for food applications: News. InPolymers for food applications 2018 (pp. 1-4). Springer, Cham.*
[10] *Hamdani AM, Wani IA, Bhat NA. Sources, structure, properties and health benefits of plant gums: A review. International journal of biological macromolecules. 2019 Aug 15;135:46-61.*
[11] *Hosseini A, Jafari SM, Mirzaei H, Asghari A, Akhavan S. Application of image processing to assess emulsion stability and emulsification properties of Arabic gum. Carbohydrate polymers. 2015 Aug 1;126:1-8.*
[12] *Huang X, Kakuda Y, Cui W. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. Food hydrocolloids. 2001 Jul 11;15(4-6):533-42.*
[13] *Jaffri SB, Ahmad KS. Prunus cerasifera Ehrh. fabricated ZnO nano falcates and its photocatalytic and dose dependent in vitro bio-activity. Open Chemistry. 2018 Jan 1;16(1):141-54.*
[14] *Karp S, Wyrwisz J, Kurek MA. Comparative analysis of the physical properties of o/w emulsions stabilised by cereal β-glucan and other stabilisers. International journal of biological macromolecules. 2019 Jul 1;132:236-43.*
[15] *Khalesi H, Alizadeh M, Bari MR. Physicochemical and functional properties of Zedo gum exudating from Amygdalus scoparia spach trees in the Miyan Jangal area of the Fars Province. Iranian Food Science & Technology Research Journal. 2012;8(3).*
[16] *Klinkesorn U. The role of chitosan in emulsion formation and stabilization. Food Reviews International. 2013 Oct 2;29(4):371-93.*
[17] *Koocheki A, Kadkhodaee R, Mortazavi SA, Shahidi F, Taherian AR. Influence of Alyssum homolocarpum seed gum on the stability and flow properties of O/W emulsion prepared by high intensity ultrasound. Food Hydrocolloids. 2009 Dec 1;23(8):2416-24.*
[18] *McClements DJ. Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC press; 2004 Dec 16.*
[19] *Mirhosseini H, Tan CP, Hamid NS, Yusof S. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ-potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2008 Feb 15;315(1-3):47-56.*
[20] *Naji S, Razavi SM, Karazhiyan H. Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (Lepidium sativum) and xanthan gums: A comparative study. Food Hydrocolloids. 2012 Jul 1;28(1):75-81.*
[21] *Nakauma M, Funami T, Noda S, Ishihara S, Al-Assaf S, Nishinari K, Phillips GO. Comparison of sugar beet pectin, soybean soluble polysaccharide, and gum arabic as food emulsifiers. 1. Effect of concentration, pH, and salts on the emulsifying properties. Food Hydrocolloids. 2008 Oct 1;22(7):1254-67.*
[22] *Oladele AK, Aina JO. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (Cyperus esculentus). African Journal of Biotechnology. 2007;6(21).*

[23] *Omar-Aziz M, Yarmand MS, Khodaiyan F, Mousavi M, Gharaghani M, Kennedy JF, Hosseini SS. Chemical modification of pullulan exopolysaccharide by octenyl succinic anhydride: Optimization, physicochemical, structural and functional properties. International Journal of Biological Macromolecules. 2020 Dec 1;164:3485-95.*
[24] *Pal R. Effect of droplet size on the rheology of emulsions. AIChE Journal. 1996 Nov;42(11):3181-90.*
[25] *Qian HF, Cui SW, Wang Q, Wang C, Zhou HM. Fractionation and physicochemical characterization of peach gum polysaccharides. Food Hydrocolloids. 2011 Jul 1;25(5):1285-90.*
[26] *Salehi A, Ghiasi P, Torabi Mazrae Maleki A, Hemmat A. Investigation on physical and mechanical behavior of Cherry Plum fruit and analysis of its physical properties using ANN and regression models. Journal of food science and technology (Iran). 2020 Apr 10;17(99):15-29.*
[27] *Seo SY, Kang YR, Lee YK, Lee JH, Chang YH. Physicochemical, molecular, emulsifying and rheological characterizations of sage (Salvia splendens) seed gum. International journal of biological macromolecules. 2018 Aug 1;115:1174-82.*
[28] *Sharma G, Sharma S, Kumar A, Ala'a H, Naushad M, Ghfar AA, Mola GT, Stadler FJ. Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review. Carbohydrate polymers. 2018 Nov 1;199:534-45.*
[29] *Shi Z, Jia C, Wang D, Deng J, Xu G, Wu C, Dong M, Guo Z. Synthesis and characterization of porous tree gum grafted copolymer derived from Prunus cerasifera gum polysaccharide. International journal of biological macromolecules. 2019 Jul 15;133:964-70.*
[30] *Wang L, Liu HM, Xie AJ, Wang XD, Zhu CY, Qin GY. Chinese quince (Chaenomeles sinensis) seed gum: Structural characterization. Food Hydrocolloids. 2018 Feb 1;75:237-45.*
[31] *Yousefi M, Jafari SM. Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties. Trends in Food Science & Technology. 2019 Jun 1;88:468-83.*

Investigation of emulsifying and foaming properties of cherry plum gum (prunus cerasifera)

Romina Mohebbi[1 *] ,Reza Farahmand Far [2] ,Reza Esmaeilzadeh Kenari [3], Jafar Mohammadzadeh Milani [3], Jamshid Farmani [2]

[1]M.Sc.Student, Department of Food Science and Technology,Sari Agriculture Sciences and Natural University,iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology,Sari Agriculture Sciences and Natural University, iran
[3]Professor, Department of Food Science and Technology,Sari Agriculture Sciences and Natural University, iran

[1]***Corresponding Author's E-mail: rominamohebi93@gmail.com**

Abstract

In this research, in order to evaluate the surface properties of cherry plum gum, emulsion solution and foam were prepared from 0.5% and 1% (weight/volume) gum solutions. The emulsifying capacity and stability of the emulsions were evaluated after one week and one month at room and refrigerator temperatures. According to the results, the increase in gum concentration caused a significant increase in the emulsifying capacity and emulsion stability during storage time at both temperatures. The microscopic images of the emulsion showed that the size of the emulsion particles decreased with the increase in gum concentration. The results of the foaming properties showed that increasing the concentration of cherry plum gum increased the foaming capacity and stability of the foam.

Key words: Cherry plum (prunus cerasifera); gum ; properties emulsifying; foaming