

جداسازی و تعیین برخی ویژگی‌های شیمیایی و کاربردی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ ترواشی درخت بادام کوهی (صمغ فارسی)

سمیه رحیمی^۱، سلیمان عباسی^{۲*}، محمدعلی سحری^۳، محمدحسین عزیزی^۲

۱- دانش‌آموخته دکترای علوم و صنایع غذایی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

۲- دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

۳- استاد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۲۳)

چکیده

در این تحقیق، پس از جداسازی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی برخی ویژگی‌های شیمیایی نظیر خاکستر، پروتئین، چربی، عناصر معدنی و pH اندازه‌گیری شدند. سپس، برخی ویژگی‌های عملکردی نظیر توانایی در پایدارسازی امولسیون و تولید فیلم خوراکی مورد بررسی قرار گرفت. برای تهیه امولسیون روغن در آب، از بخش محلول صمغ در غلظت‌های گوناگون نسبت به روغن و برای تهیه فیلم خوراکی نیز از غلظت ۳٪ (w/v) بخش‌های محلول، نامحلول و کامل صمغ فارسی به همراه گلیسرول (تا ۸٪ وزنی / وزنی بر مبنای وزن صمغ) در pH ۸ استفاده شد. مطابق نتایج به دست آمده، این صمغ به‌طور متوسط حاوی ۷۰٪ بخش نامحلول و ۳۰٪ بخش محلول بود. در ضمن، هر دو بخش حاوی مقدار ناچیزی پروتئین (به ترتیب ۰/۰۶۲٪ و ۰/۱۴۶٪) بودند. در ضمن، امولسیون E4 (حاوی ۲٪ بخش محلول صمغ و ۱٪ روغن) دارای بیشترین پایداری امولسیونی (ESI) تا ۵ هفته پس از تهیه (تقریباً ۹۹٪ در دمای اتاق) و حتی بیش از صمغ عربی، به‌عنوان نمونه شاهد، بود که اندازه‌گیری چگالی نوری و توزیع اندازه ذرات امولسیون نیز این یافته‌ها را تایید نمودند. فیلم خوراکی تهیه شده با غلظت ۳٪ (w/v) از بخش محلول صمغ فارسی و ۴٪ (w/w) گلیسرول در pH ۸ دارای ویژگی‌های ظاهری و مکانیکی مطلوبی بود.

کلید واژگان: صمغ فارسی، بادام کوهی، ویژگی‌های شیمیایی، امولسیون‌کنندگی، فیلم خوراکی.

۱- مقدمه

بادام کوهی با نام علمی *Amygdalus scoparia* Spach درخت یا درختچه‌ای از خانواده گلسرخیان (*Rosaceae*) است که در ایران به‌طور وحشی و خودرو در مناطق ایرانی-تورانی و زاگرسی می‌روید. از تنه و شاخه‌های این درخت نوعی صمغ تراوش می‌شود که آن را صمغ فارسی، زدو یا صمغ شیرازی می‌نامند. هر متر مربع از تاج پوشش درخت بادام کوهی حدود ۵۰-۲۰ گرم صمغ تولید می‌کند که به‌غیر از مصارف طب سنتی، سالیانه مقادیر زیادی از آن با قیمت ناچیز به بسیاری از کشورها صادر می‌شود [۱]. گونه‌های خانواده گلسرخیان توانایی ترشح مقادیر معتدله‌ای از صمغ تراوشی را دارند که معمولاً به علت صمغ‌زایی قارچی (*fungalgummosis*) و یا به واسطه حفاظت در برابر صدمات مکانیکی بر تنه این درختان ظاهر می‌شوند [۲-۳].

صمغ‌ها، ترکیباتی ناهمگن (*heterogeneous*) هستند که معمولاً حاوی یک بخش محلول و یک بخش نامحلول (تا حدودی قابل حل در آب داغ) می‌باشند [۶]. صمغ‌های طبیعی محلول در آب، به عنوان گروهی از هیدروکلوئیدها، به علت توانایی آن‌ها در امولسیفیه کردن، ریزکپسوله کردن، ایجاد قوام، پایدارسازی و موارد مشابه دارای ویژگی‌های کاربردی بسیار گسترده و مطلوبی در صنعت غذا هستند [۴-۵]. به همین دلیل، امروزه محققان پیوسته تلاش می‌کنند تا منابع جدیدی از هیدروکلوئیدها را با خواص عملکردی مطلوب به صنایع غذایی معرفی نمایند [۳].

محمدی و همکاران در سال ۱۳۸۹ به بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف انواع صمغ‌های تجاری از جمله صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن بر پایداری فیزیکی، رئولوژیکی و حسی مخلوط شیر-آب پرتقال پرداختند [۷]. عباسی و همکاران (۱۳۹۰) نیز طی پژوهشی به امکان جایگزینی بخشی از ژلاتین موجود در پاستیل میوه‌ای با صمغ فارسی، بخش‌های محلول و نامحلول آن و یا کندر پرداخته و اثرات آن‌ها را بر ویژگی‌های مکانیکی و حسی بررسی کردند [۸]. بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته، به‌غیر از موارد فوق، تاکنون هیچ تحقیق جدی در مورد بررسی ویژگی‌های شیمیایی و کاربردی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی از قبیل توانایی آن‌ها در پایدارسازی امولسیون‌ها و یا تشکیل فیلم خوراکی انجام نشده است. البته منابع اندکی در مورد صمغ

تراوشی سایر درختان این خانواده از قبیل هلو و شلیل وجود دارند؛ به‌عنوان نمونه، در تحقیقی در سال ۲۰۰۸ ساختار پلی‌ساکاریدی صمغ‌های تنه و میوه درخت هلو با نام علمی *Prunus persica* استخراج و با یکدیگر مقایسه شدند [۹]. Simas-Tosin و همکاران هم در سال ۲۰۰۹، پلی‌ساکارید به‌دست‌آمده از صمغ تنه درخت شلیل را استخراج و با صمغ هلو مورد مقایسه قرار دادند [۱۰]؛ آن‌ها هم‌چنین در تحقیق دیگری به مطالعه خواص رئولوژیکی و ساختاری صمغ تراوشی درخت هلو پرداختند [۲]. Qian و همکاران نیز در سال ۲۰۱۱، علاوه بر جداسازی پلی‌ساکاریدهای مختلف صمغ هلو بر مبنای حلالیت آن‌ها در حلال‌های گوناگون، خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی آن‌ها از جمله ویژگی امولسیون‌کنندگی را مورد بررسی قرار دادند؛ آن‌ها نشان دادند که صمغ هلو قادر است امولسیون‌های بسیار پایداری از صمغ عربی تولید نماید (شاخص پایداری ۹۵٪ در مقایسه با ۶۵٪) که آن را به وزن مولکولی بالا و ساختار بسیار منشعب پلی‌ساکارید صمغ هلو نسبت دادند [۳].

با توجه به موارد گفته شده و با توجه کمبود اطلاعات مستند در رابطه با ویژگی‌های بالقوه این صمغ و نظر به صرف سالیانه مبالغ هنگفت جهت واردات صمغ‌های تجاری به کشور، در این پژوهش سعی شد تا با مطالعه و شناخت برخی از ویژگی‌های کاربردی مهم صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن، به‌عنوان یک صمغ بومی و ناشناخته، بتوان آن را به‌عنوان جایگزینی مناسب به جای صمغ‌های با منشأ میکروبی و وارداتی گران‌قیمت پیشنهاد نمود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- جمع‌آوری، جداسازی ظاهری و آسیاب

کردن صمغ فارسی

طی ماه‌های مرداد و شهریور ۱۳۸۸، صمغ‌های تراوش‌شده از تنه و شاخه درختان بادام کوهی از دشت‌های اطراف شهرستان‌های لارستان و جهرم به‌طور دستی جمع‌آوری و پس از بسته‌بندی در کیسه‌های نایلونی به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌دلیل تنوع زیاد رنگ صمغ فارسی (سفید تا قرمز قهوه‌ای)، در این تحقیق تنها از صمغ‌های کاملاً سفید رنگ استفاده شد که پس از جداسازی، طی دو مرحله به‌وسیله آسیاب‌های *Falling*

شعله‌ای Jenway clinical (7 PFP، انگلستان) استفاده شد [۱۱].

۲-۳- تهیه امولسیون‌های روغن در آب

نخست برای تعیین محدوده توانایی امولسیون‌کنندگی صمغ کامل و بخش‌های محلول و نامحلول آن، امولسیون‌هایی حاوی غلظت‌های مختلفی (۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) از هرکدام از اجزای مذکور با نسبت ثابتی از روغن (۵ درصد) در pH ۷ تهیه شدند. در ابتدا بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی، مطابق با روش ذکر شده در بخش ۲-۲، از یکدیگر جداسازی شدند (لازم به ذکر است که بافر با pH ۷ برای تهیه تعلیق استفاده شد) و در ادامه، بخش محلول صمغ در تبخیرکننده گردان Heidolph (4000 Laborota، آلمان) در دمای زیر ۴۰ °C تغلیظ گردید. نتایج آزمون‌های اولیه بیانگر عدم توانایی بخش نامحلول و یا صمغ کامل فارسی جهت تهیه امولسیون بودند؛ لذا در ادامه مطابق جدول ۱ فقط از بخش محلول در غلظت‌های مختلف (۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) برای تهیه امولسیون استفاده شد (CTL نمونه شاهد و حاوی صمغ عربی است). برای تهیه امولسیون‌ها، بخش محلول غلیظ‌شده بر مبنای ماده خشک توزین سپس با افزودن بافر با pH ۷ به حجم mL ۱۵۰ رسانیده شد و در ادامه با کمک همزن Janke & Kunkel (RW 20، آلمان) کاملاً مخلوط گردید. سپس روغن خالص آفتابگردان تجاری (ایرانی) به صورت قطره قطره به فاز آبی حاوی بخش محلول صمغ فارسی اضافه و به وسیله دیسپرسر IKA (UltraTurrax، آلمان) در سرعت ۲۱۵۰۰rpm به مدت ۱ دقیقه همگن شد تا پیش‌امولسیون تهیه شود سپس این پیش‌امولسیون‌ها با کمک دستگاه همگن‌ساز APV (200، دانمارک) تحت فشارهای ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بار به صورت یک مرحله‌ای کاملاً همگن گردیدند.

بلافاصله پس از تهیه امولسیون‌ها، توزیع اندازه ذرات به وسیله دستگاه تجزیه‌کننده اندازه ذرات (Mastersizer 2000، Malvern انگلستان) و چگالی نوری (OD) امولسیون‌های رقیق‌شده نیز با اسپکتروفتومتر (UVS-2100، Scinco کره جنوبی) در طول موج ۵۰۰ nm اندازه‌گیری شد پس از ۵ هفته نگهداری چگالی نوری مجدداً ارزیابی گردید. برای تعیین پایداری امولسیون در برابر حرارت دهی (ESH)، بلافاصله پس از امولسیون‌سازی، ۱۵ mL از نمونه‌ها در ۸۰ °C برای ۳۰ دقیقه حرارت داده شدند سپس در سرعت ۱۶۰۰rpm به مدت

Agromatic AG (Box 5101) number AB (سوئد) و (AQC 109، آلمان) پودر شد. پودرهای جمع‌آوری شده از الک با شماره مش ۶۰ (دماوند، ایران، ASTM E:11) در کلیه آزمون‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲- جداسازی بخش‌های محلول و نامحلول

صمغ فارسی و تعیین برخی ویژگی‌های

شیمیایی آن‌ها

نخست تعلیق‌های آبی ۴٪ (w/v) پودر صمغ تهیه و پس از جذب آب حداقل برای یک شب، در سرعت ۱۴۰۰۰rpm به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ (Sigma مدل 3-30 K)، سپس به‌طور دستی از یکدیگر جداسازی و توزین شدند. در ادامه، به کمک pH سنج Metrohm (مدل 827، سوئیس)، مقدار pH هر یک از بخش‌های جداسازی شده اندازه‌گیری و برای تعیین درصد ماده خشک (بیان‌کننده نسبت وزنی هر یک از بخش‌ها در صمغ کامل) مقدار مشخصی از آن‌ها توزین سپس به آون Memmert (آلمان) ۱۰۵ °C منتقل شدند تا به وزن ثابت برسند [۷-۸] که در ادامه از ماده خشک هر یک از بخش‌ها، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی استفاده شد. برای اندازه‌گیری خاکستر، مقدار ۲ گرم از نمونه درون بوتله‌های چینی توزین و پس از سوختن روی شعله مستقیم، به کوره Heraeus (آلمان) ۵۵۰ °C برای حداقل ۵ ساعت منتقل شد تا خاکستر کاملاً سفید رنگی تهیه شود. در ضمن، به وسیله دستگاه سوکسله اتوماتیک Foss (soxtec 2050، سوئیس) و حلال هگزان نرمال (Merck، آلمان)، چربی نمونه‌ها استخراج و محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری درصد نیتروژن نیز از دستگاه میکروکلدال Foss (TecatorTM، آلمان) استفاده گردید که طی آن، پس از توزین ۰/۳ گرم از نمونه‌ها و ترکیب آن‌ها با یک عدد قرص کاتالیست Foss (Kjeltab Cu/1.5) و ۷ mL اسید سولفوریک غلیظ (Merck، آلمان)، این مخلوط به بلوک هضم انتقال و به مدت حداقل ۲ ساعت با افزایش تدریجی دما تا ۴۰۰ °C هضم شد. پس از اندازه‌گیری درصد نیتروژن و ضرب آن در ضریب ۶/۲۵، مقدار پروتئین محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عناصر معدنی مانند روی، کلسیم و منیزیم از اسپکتروفتومتر جذب اتمی (Shimadzu AA-670، ژاپن) و برای سدیم و پتاسیم نیز از اسپکتروفتومتر نشر

تجمع (flocculation)، امولسیون به دو یا سه فاز تقسیم خواهد شد که بیان‌کننده پدیده خامه‌ای شدن و شاخص پایداری امولسیون (ESI) است که بر اساس رابطه زیر محاسبه شد [۱۳]:

$$ESI = \frac{(\text{ارتفاع بخش پدیدارگره} + \text{ارتفاع لایه خامه‌ای}) - \text{ارتفاع امولسیون اولیه}}{\text{ارتفاع امولسیون اولیه}} \times 100$$

۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردیدند که مقدار ESH از تقسیم ارتفاع لایه امولسیونی به ارتفاع کل به دست آمد [۱۲]. برای نظارت بر پدیده خامه‌ای شدن (creaming) از زمان تهیه امولسیون تا پس از ۵ هفته نگهداری، حجم ثابتی از امولسیون‌ها به لوله‌های آزمایش منتقل و در شرایط دمایی (۴، ۲۵ و ۵۰ °C) نگهداری شدند. در اثر ائتلاف (coalescence) و یا

جدول ۱ ترکیب امولسیون‌های تهیه شده از بخش محلول صمغ فارسی

CTL	E5	E4	E3	E2	E1	کد امولسیون
(صمغ عربی)	(بخش محلول)	(بخش محلول)	(بخش محلول)	(بخش محلول)	(بخش محلول)	نوع و مقدار
۱	۱	۲	۱	۰/۵	۰/۲۵	صمغ (w/v/%)
۱	۲	۱	۱	۱	۱	مقدار روغن (w/v/%)

۲-۵- روش تجزیه آماری

برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS 16 تحت ویندوز و روش تجزیه واریانس یکطرفه (one-way ANOVA)، و در صورت معنی‌داری اختلاف میان نمونه‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p < 0/05$)، از آزمون دانکن (Duncan) استفاده شد. برای ترسیم نمودارها نیز نرم‌افزار Excel 2007 تحت ویندوز به کار گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی

همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود pH بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی اسیدی بوده و تفاوت معنی‌داری نیز با یکدیگر دارند البته نتایج قبلی نگارندگان نیز مؤید اسیدی بودن pH تعلیق‌های آبی صمغ کامل فارسی می‌باشد (مابین ۴/۳۰ تا ۴/۶۲). در همین ارتباط، برخی پژوهشگران اختلاف در pH را به تفاوت در میزان جذب آب ماده حل‌شونده، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ترمودینامیکی سامانه نسبت می‌دهند [۱۲]. در ضمن، در میان صمغ‌های تراوشی مختلف، صمغ‌های اسیدی بسیاری از جمله صمغ *Acacia senegal* زیرگونه *senegal* [۱۵-۱۴]،

۲-۴- تهیه فیلم خوراکی

چون طبق مشاهدات اولیه، فیلم‌های تهیه شده از صمغ کامل فارسی و یا بخش نامحلول آن دارای ویژگی‌های ظاهری و مکانیکی مناسبی نبودند لذا پس از جداسازی بخش‌های محلول و نامحلول و توزین بخش محلول غلیظ شده (بر مبنای ماده خشک) برای تهیه غلظت ۳٪ (w/v) و به حجم رسانیدن آن با آب مقطر تا ۸۰ mL از گلیسرول به‌عنوان پلاستی‌سایزر در مقادیر ۰ تا ۸٪ (w/w) (بر مبنای وزن صمغ) استفاده شد، سپس pH برابر با ۸ تنظیم و پس از حذف حباب‌های موجود در مخلوط به‌کمک حمام اولتراسونیک (Elma TP690/H، آلمان) برای مدت زمان ۱ دقیقه، مخلوط به‌وسیله اسپریدر Desaga Heidelberg (آلمان) روی صفحه پلکسی‌گلاس ۳۰×۲۰ سانتی‌متر با ضخامت ۱ mm گسترده و سپس برای ۲۴ ساعت در ژرمیناتور IKH.RH (ایران) با دمای ۲۵ °C و رطوبت نسبی ۵۰٪

باقی گذاشته شد. پس از گذشت این مدت، فیلم‌های خوراکی به دقت از سطح صفحه جدا و برای ۴۸ ساعت دیگر در ژرمیناتور تحت شرایط فوق آماده‌سازی شدند که در نهایت قابلیت تشکیل فیلم و هم‌چنین ویژگی‌های ظاهری آن‌ها از قبیل رنگ، شفافیت، زبری، کشسانی و شکنندگی به صورت غیر دستگاهی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مختلف بسیار متغیر است به‌عنوان نمونه، مقدار نیتروژن *Acacia senegal* زیرگونه *senegal* مابین ۱/۴۲-۲۵٪ w/w گزارش شده است [۱۴] درحالی‌که پروتئین نمونه‌های صمغ عربی جمع‌آوری شده از دره Central Rift در کشور اتیوپی، معادل ۲/۳۱٪ گزارش شده است [۱۵]. برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی-شیمیایی صمغ‌های *Acacia senegal* جمع‌آوری شده مابین سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۹۹ در کشور سودان به‌ترتیب شامل ۱۰/۷۵٪ رطوبت، ۳/۷٪ خاکستر، ۰/۳۳٪ نیتروژن و pH ۴/۶۶ بودند [۱۹]. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق León de Pinto و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان داد که درصد خاکستر، نیتروژن و پروتئین صمغ *Acacia senegal* به ترتیب معادل ۰/۰۷٪، ۰/۳۳٪ و ۲/۰۶٪ بود [۲۰].

در رابطه با مقادیر عناصر مختلف اندازه‌گیری شده در بخش‌های مختلف صمغ فارسی نیز اگرچه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما روند کمی آن‌ها تا حدودی متفاوت بود، به‌نحوی‌که برای بخش محلول و نامحلول به‌ترتیب رندهای $Zn > Mg > K > Na$ و $Zn > K > Mg > Ca > Na$ دیده شد. اصولاً ترکیب یون‌های فلزی در صمغ‌ها نشان‌دهنده خاکی است که گیاه در آن رشد کرده است و حتی بعضاً ممکن است میان نمونه‌هایی که از گونه‌های یکسان هستند نیز ترکیب و مقدار یون‌ها متفاوت باشد [۲۱].

صمغ‌های جنس *Albizia* [۶]، صمغ‌های گونه‌های *Acacia pseudofistula*، *Sterculia quinqueloba* و *Dichrostachys cinerea* [۱۶] گزارش شده‌اند.

یافته‌های بررسی حاضر نشان داد که صمغ فارسی در غلظت‌های کم‌تر از ۵٪ به یک بخش محلول و شفاف و یک بخش نامحلول کدر و خمیری‌شکل (ژل ضعیف) تقسیم می‌شود که با اعمال نیروی سانتریفیوژ، به سبب ضعیف بودن ساختار شبکه و یا ضعیف بودن پیوندهای موجود مابین آب و شبکه ژلی، بخش محلول از نامحلول به‌راحتی قابل جداسازی است [۷]. در ضمن، مطابق یافته‌های این بررسی میزان ۳۰٪ از صمغ فارسی را بخش محلول و ۷۰٪ آن را بخش نامحلول تشکیل می‌دهد که با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز مطابقت دارد [۷]؛ محققان دیگری نیز سهم هر یک از بخش‌های محلول و نامحلول در صمغ کنیرا را به‌ترتیب تقریباً برابر با ۳۵٪ و ۶۵٪ گزارش کرده‌اند [۱۸-۱۷].

در رابطه با مقدار خاکستر نیز مشاهده شد که میزان خاکستر بخش محلول کم‌تر از بخش نامحلول بود. نمونه‌های آزمون‌شده از لحاظ مقدار چربی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند درحالی‌که از نظر مقدار نیتروژن و پروتئین دارای تفاوت معنی‌داری بودند به طوری‌که مقدار نیتروژن و به تبع آن مقدار پروتئین در بخش محلول بیشتر از بخش نامحلول بود که البته واضح است که پروتئین سهم ناچیزی در ساختار این صمغ تراوشی داراست. مقدار نیتروژن و یا پروتئین در صمغ‌های

جدول ۲ ویژگی‌های شیمیایی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی*

pH	خاکستر کل (%)	چربی (%)	نیتروژن (%)	پروتئین (%)	روی (mg/۱۰۰g)	منیزیم (mg/۱۰۰g)	کلسیم (mg/۱۰۰g)	سدیم (mg/۱۰۰g)	پتاسیم (mg/۱۰۰g)	
۴٫۹۳±۰٫۰۰ ^b	۰٫۸۷±۰٫۰۶ ^a	۰٫۲۰±۰٫۰۳ ^a	۰٫۰۳۳±۰٫۰۰۲ ^b	۰٫۱۲۶±۰٫۰۱۳ ^b	۱۱٫۶۵±۰٫۶۸ ^a	۳٫۵۴±۰٫۰۹ ^a	۱٫۸۷±۰٫۰۴ ^a	۱٫۱۹±۰٫۰۷ ^a	۴٫۶۶±۰٫۱۰ ^a	بخش محلول
۴٫۸۶±۰٫۰۰ ^a	۱٫۸۲±۰٫۰۲ ^b	۰٫۱۷±۰٫۰۴ ^a	۰٫۰۱۰±۰٫۰۰۰ ^a	۰٫۰۶۲±۰٫۰۰۰ ^a	۸۳±۰٫۵۸ ^a	۳٫۰۶±۰٫۰۳ ^a	۱٫۶۱±۰٫۰۱ ^a	۱٫۱۹±۰٫۰۶ ^a	۲٫۶۷±۰٫۰۰ ^a	بخش نامحلول

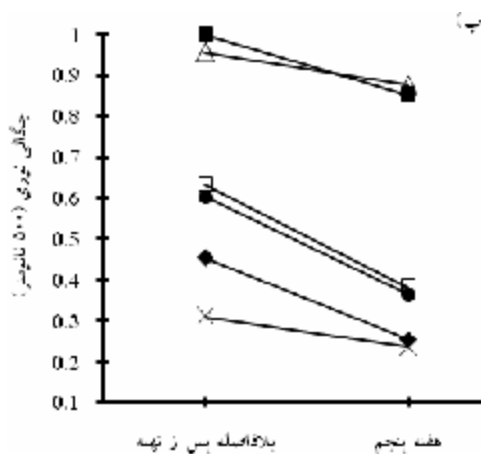
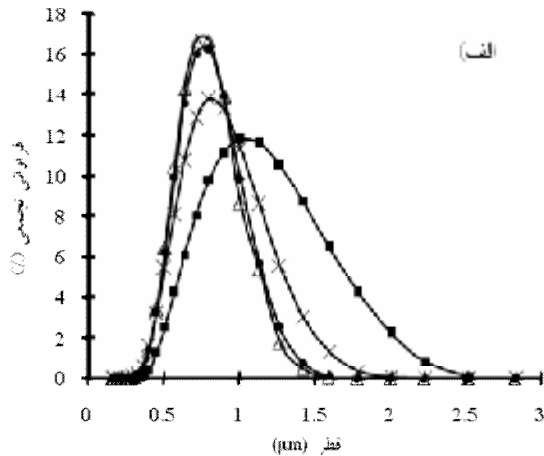
*حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است (p<0.05).

حاوی مقادیر بالایی از فاز روغنی (۵/۷٪ w/v) بخش محلول و (۵/۷٪ w/v) روغن) و بالتبع نسبت‌های کم‌تر از آن را نیز امولسیفیه نماید؛ اگرچه امولسیون فوق، پس از یک روز نگهداری در دمای یخچال تا حدودی ناپایدار و دوفاز گردید ولی این نتیجه به‌خوبی بر توانایی بخش محلول صمغ فارسی در امولسیفیه

۲-۳- ویژگی امولسیون‌کنندگی

نتایج اولیه برای تعیین محدوده توانایی صمغ فارسی و یا بخش‌های محلول و نامحلول آن در امولسیفیه کردن روغن یا پایدارسازی امولسیون، نشانگر این مطلب بودند که صمغ فارسی و به‌ویژه بخش محلول آن قادر است تا امولسیون‌های

طبق نتایج به دست آمده، از آنجایی که هیچ یک از امولسیون‌ها پس از حرارت‌دهی و سانتریفوژ دو فاز نشدند و دارای بافت همگنی بودند، لذا ESH تمامی نمونه‌ها برابر با ۱۰۰٪ ارزیابی گردید درحالی‌که ESH امولسیون شاهد (CTL) تقریباً برابر با ۸۸٪ برآورد شد که احتمالاً به سبب دناتورده شدن پروتئین صمغ عربی در



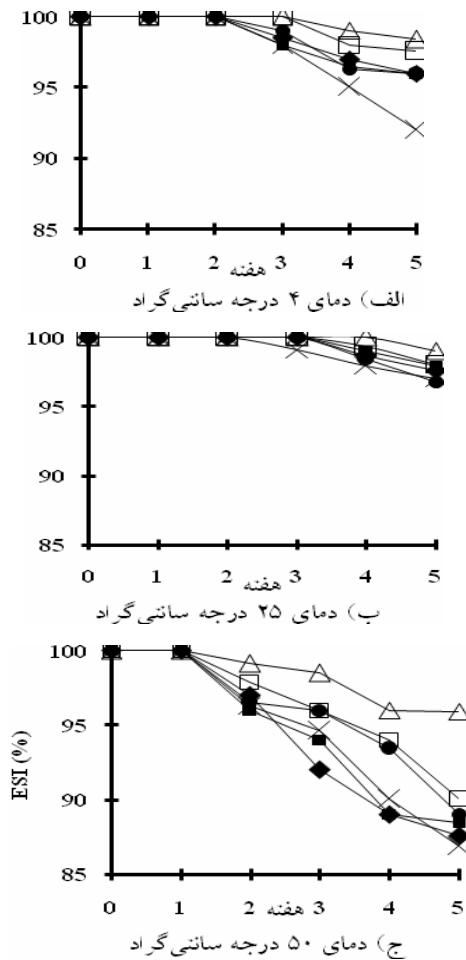
شکل ۱ تاثیر نسبت بخش محلول صمغ فارسی در برابر روغن (E1: \bullet ، E2: \blacklozenge ، E3: \square ، E4: \blacktriangleright ، E5: \blacksquare و CTL: \bullet مطابق جدول ۱) روی الف) توزیع اندازه ذرات امولسیون بلافاصله پس از تهیه و ب) چگالی نوری امولسیون بلافاصله پس از تهیه و پس از ۵ هفته نگهداری در دمای محیط

اثر تیمار حرارتی است که با تحقیقات Williams و همکاران (۲۰۰۶) و Garti و همکاران (۱۹۹۹) مبنی بر رسوب بخش پروتئینی طی حرارت‌دهی و کاهش گرانروی محلول مطابقت دارد [۲۳-۲۴]؛ علاوه بر این، Garti و همکاران (۱۹۹۹) توانستند امولسیون‌هایی حاوی ۷٪ وزنی صمغ گیاه *Portulaca oleraceae* L. و ۵٪ وزنی روغن را تهیه

کردن روغن در نسبت‌های بالا (تا ۱۰ برابر در شرایط مذکور) دلالت می‌نمود.

براساس اطلاعات توزیع اندازه ذرات (شکل ۱-الف)، امولسیون E5 به دلیل میزان بالای روغن موجود در آن نسبت به سایر نمونه‌ها، دارای نموداری پهن‌تر و هم‌چنین بزرگ‌ترین قطر میانگین برابر با $1/13 \mu\text{m}$ بود؛ از سوی دیگر، نمودار توزیع اندازه ذرات امولسیون‌های E4 و CTL مشابه یکدیگر بوده و دارای قطر میانگینی معادل $0/8 \mu\text{m}$ بودند که این نتایج نشان‌گر توانایی امولسیون‌کنندگی یا پایدارکنندگی بخش محلول صمغ فارسی در قیاس با صمغ عربی به‌عنوان یک امولسیون‌کننده تجاری می‌باشد. علاوه بر این، قابل ذکر است که افزایش نسبت فاز روغنی به فاز آبی در امولسیون E5 (نسبت ۱:۲ بخش محلول صمغ فارسی به روغن در امولسیون E4 و ۲:۱ در امولسیون E5)، احتمالاً به جهت حضور ناکافی صمغ به عنوان عامل امولسیون‌کننده یا پایدارکننده و عدم پوشاندن تمامی قطرات روغن، بسیاری از قطرات بدون پوشش باقی ماندند که با پیوستن به یکدیگر گستره بزرگی از اندازه ذرات را در این امولسیون ایجاد نموده‌اند. در همین ارتباط Huang و همکاران، قطر میانگین امولسیون حاوی صمغ شنبلیله را با صمغ‌های دیگری نظیر زانتان، پکتین، متیل سلولوز و صمغ عربی مقایسه نموده و قطر میانگین بسیار کمتر امولسیون تهیه شده با صمغ شنبلیله ($0/75 \mu\text{m}$ در مقایسه با $20 \mu\text{m}$) را دلیل توانایی بالای امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون حاوی آن عنوان کردند [۲۲].

شکل ۱-ب هم نشان می‌دهد که مقدار چگالی نوری در تمامی امولسیون‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد؛ علاوه بر این، با افزایش مقدار صمغ در برابر مقدار ثابت روغن در امولسیون‌های E1 تا E4، چگالی نوری افزایش یافته است هم‌چنان‌که امولسیون‌های E3 و CTL که دارای نسبت یکسانی از فاز آبی در برابر فاز روغنی هستند، چگالی نوری یکسانی را نشان می‌دهند. در همین راستا سایر پژوهشگران گزارش کردند که افزایش یکنواخت در چگالی نوری با توجه به غلظت صمغ نشان‌دهنده افزایش در فعالیت امولسیون‌کنندگی و هم‌چنین سطوح جانبی قطره‌هاست [۲۳]، پس می‌توان استنتاج کرد که بخش محلول صمغ فارسی احتمالاً می‌تواند جایگزین مناسبی برای صمغ عربی در تهیه امولسیون‌های روغن در آب محسوب شود.



شکل ۲. تاثیر نسبت‌های مختلف بخش محلول صمغ فارسی در برابر روغن (E1: ×, E2: ◆, E3: □, E4: r, E5: ■, CTL: ● مطابق جدول ۱) و دمای نگهداری (الف) ۴، (ب) ۲۵ و (ج) ۵۰ درجه روی میزان شاخص پایداری امولسیون (ESI) در طی ۵ هفته

۳-۳- تهیه فیلم خوراکی

طبق نتایج به دست آمده، فیلم‌های عاری از گلیسرول از لحاظ مکانیکی استقامت مناسبی نداشته و به راحتی خرد می‌شدند. Lai و Chen نیز طی تحقیقی مشاهده کردند که صمغ برگ‌های گیاه Hsian-tsao، بدون افزودن پلاستی‌سایزر قابلیت تشکیل فیلم ندارد که این مساله را به ماهیت یونی صمغ نسبت دادند [۲۸]؛ هم‌چنین، نشان داده شد که فیلم‌های تهیه شده از صمغ کهور (mesquite gum) به تنهایی، بسیار چسبنده هستند درحالی‌که افزودن ایزوله پروتئینی آب پنیر به آن، خصوصیات فیلم را بهبود داد [۲۹]. معمولاً حضور پلاستی‌سایزر در فیلم‌های خوراکی برای فائق آمدن بر شکنندگی فیلم‌ها که به واسطه نفوذ آن‌ها در فضاهای بین مولکولی زیست‌بسط‌ساز موجود در فیلم میسر می‌شود، الزامی

نمایند که طی یک سال نگهداری در دمای اتاق، در برابر تجمع (flocculation) پایدار بود ولی حرارت‌دهی بلافاصله موجب بروز ائتلاف (coalescence) در امولسیون‌ها گردید [۲۳]. علیرغم تمامی این‌ها، Dickinson و همکاران (۱۹۸۸) ارتباط محدودی مابین محتوای نیتروژن صمغ عربی و فعالیت سطحی آن یافتند [۲۵] و بر مبنای این حقایق می‌توان اظهار داشت که علت احتمالی بالا بودن ESH امولسیون‌های حاوی بخش محلول صمغ فارسی، مرتبط با محتوای پروتئین آن، که بسیار ناچیز است، نبوده بلکه احتمالاً به واسطه اثرات آن بر افزایش گرانروی ماتریکس امولسیون و ویژگی‌های ساختاری و حضور برخی گروه‌های شیمیایی خاص در ساختار آن باشد؛ چراکه در همین ارتباط عنوان شده است که برخی خواص صمغ‌ها نظیر شاخص آبدوستی/آبگریزی، شاخص اسیدی/بازی و حضور گروه‌های شیمیایی خاص نظیر گروه‌های جانبی متیل و استیل بر ویژگی جذب‌شوندگی صمغ‌ها در امولسیون اثرگذار هستند [۲۶].

در رابطه با شاخص پایداری امولسیون (ESI) نیز، مقدار این شاخص در تمامی نمونه‌ها حتی پس از گذشت ۵ هفته قابل توجه بود که البته نمونه‌های امولسیون نگهداری شده در دمای اتاق پایدارتر از سایر نمونه‌ها بوده و از میان آن‌ها نیز، امولسیون E4، با نسبت ۲:۱ روغن: بخش محلول دارای بالاترین ESI حتی بیش از نمونه شاهد بود (شکل ۲). Dickinson و همکاران (۲۰۰۹) ثابت کردند که غلظت بسیار کم هیدروکلوئید در امولسیون دارای اثرات ناپایدارسازی به دلیل پدیده تهی‌سازی (depletion flocculation) است که دوفاز شدن را تسهیل می‌نماید در حالی که در غلظت‌های بالاتری از هیدروکلوئید، به سبب قوی‌تر بودن برهم‌کنش‌های تهی‌سازی که از ویژگی ویسکو الاستیک قطرات امولسیون در یک شبکه شبه ژلی ناشی می‌شود، از خامه‌ای شدن جلوگیری به عمل می‌آید [۲۷]. محمدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در ارتباط با قدرت پایدارسازی صمغ فارسی گزارش کردند که صمغ کامل فارسی و بخش محلول آن به ترتیب با غلظت‌های ۲/۲٪ و ۱٪ قادرند نوشیدنی شیر-آب‌پرتقال را برای یک ماه پایدار نمایند درحالی‌که بخش نامحلول آن تا غلظت ۱/۸٪، علاوه بر ناپایداری سیستم، موجب ایجاد بافت نامطلوب شد [۷].

film formers and emulsifiers of orange peel-oil. *Food Hydrocolloids*, 23: 708–713.

- [5] Jahanbin, K., Moini, S., Gohari, A. R., Emam-Djomeh, Z. and Masi, P. (2012). Isolation, purification and characterization of a new gum from *Acanthophyllum bracteatum* roots. *Food Hydrocolloids*, 27: 14–21.
- [6] Mhinzi, G. S. (2002). Properties of gum exudates from selected *Albizia* species from Tanzania. *Food Chemistry*, 77: 301–304.
- [7] Mohammadi, S., Abbasi, S., & Hamidi, Z. (2011). Effects of hydrocolloids on physical stability, rheological and sensory properties of milk–orange juice mixture. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 5: 1–12.
- [8] Abbasi, S., Mohammadi, S., & Rahimi, S. (2011). Partial substitution of gelatin with Persian gum and use of olibanum for production of functional pastille. *Biosystem Engineering Journal*, 42: 20–32.
- [9] Simas, F. F., Gorin, P. A. J., Wagner, R., Sasaki, G. L., Bonkerner, A. and Iacomini, M. (2008). Comparison of structure of gum exudate polysaccharides from the trunk and fruit of the peach tree (*Prunus persica*). *Carbohydrate Polymers*, 71: 218–228.
- [10] Simas-Tosin, F. F., Wagner, R., Santos, E. M. R., Sasaki, G. L., Gorin, P. A. J. and Iacomini, M. (2009). Polysaccharide of nectarine gum exudates: composition with that of peach gum. *Carbohydrate Polymer*, 76: 485–487.
- [11] Horwitz, W. (2002). *Official Methods of Analysis* (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Inc. : Gaithersburg, USA.
- [12] Iwe, M. O., Obaje, P. O., and Akpapunam, M. A. (2004). Physicochemical properties of *Cissus* gum powder extracted with the aid of edible starches. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59: 161–168.
- [13] Mirhosseini, H., Tan, C. P., Aghlara, A., Hamid, N. S. A., Yusof, S., and Chern, B. H. (2008). Influence of pectin and CMC on physical stability, turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage. *Carbohydrate Polymers*, 73: 83–91.
- [14] Mhinzi, G. S. (2003). Intra- species variation of the properties of gum exudates from *Acacia senegal* var. *senegal* and *Acacia seyal* var. *fistula* from Tanzania. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 17: 67–74.

است [۲۸ و ۳۰]، به همین دلیل، فیلم‌های تهیه‌شده از بخش محلول صمغ فارسی با غلظت ۳٪ (w/v) همراه با گلیسرول دارای انعطاف‌پذیری مطلوبی بوده، به طوری که فیلم تهیه شده حاوی ۴٪ (w/w) گلیسرول با pH ۸، دارای ویژگی‌های ظاهری، سطحی و مکانیکی بهینه در بین تمامی فیلم‌ها بود. Rao و همکاران نیز در سال ۲۰۱۰، توانستند فیلم‌های ترکیبی همگن، نازک و انعطاف‌پذیری را از مخلوط کیتوزان و صمغ گوار تهیه نمایند که از لحاظ ویژگی‌های ظاهری نیز بی‌رنگ و نیم‌شفاف بودند [۳۱].

۴- نتیجه‌گیری

صمغ فارسی متشکل از دو بخش محلول و نامحلول (به ترتیب ۳۰٪ و ۷۰٪) می‌باشد که بخش محلول از لحاظ مقدار پروتئین غنی‌تر از بخش نامحلول بود؛ در ضمن، این بخش علاوه بر دارا بودن پروتئین، به دلیل ساختار ویژه، حضور احتمالی گروه‌های جانبی خاص و هم‌چنین توانایی افزایش گرانیروی، قابلیت‌های عملکردی بالقوه‌ای در پایدارسازی امولسیون‌های روغن در آب از خود نشان داد. علاوه بر این، بخش محلول صمغ فارسی قادر به تولید فیلم‌های خوراکی مطلوب با ویژگی‌های ظاهری و مکانیکی مناسب بود.

۵- منابع

- [1] Abbasi, S., & Rahimi, S. (2008). Introduction of unknown native plant gum: gum Zedu. *Monthly Flour and Food Magazine*, 4: 46–50.
- [2] Simas-Tosin, F. F., Barraza, R. R., Petkowicz, C. L. O., Silveira, J. L. M., Sasaki, G. L., Santos, E. M. R., Gorin, P. A. J. and Iacomini, M. (2010). Rheological and structural characteristics of peach tree gum exudates. *Food Hydrocolloids*, 24: 486–493.
- [3] Qian, H. F., Cui, S. W., Wange, Q., Wange, C., and Zhou, H. M. (2011). Fractionation and physicochemical characterization of peach gum polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 25: 1285–1290.
- [4] Román-Guerrero, A., Orozco-Villafuerte, J., Pérez-Orozco, J. P., Cruz-Sosa, F., Jiménez-Alvarado, R. and Vernon-Carter, E. J. (2009). Application and evaluation of mesquite gum and its fractions as interfacial

- [24] Williams, P. A., Phillips, G. O., Stephen, A. M., and Churms, S. C. (2006). Gums and mucilages. *In* "Food Polysaccharides and Their Applications", eds. A. M. Stephen, G. O. Phillips and P. A. Williams, second edition, CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, 469.
- [25] Castellani, O., Al-Assaf, S., Axelos, M., Phillips, G. O., and Anton, M. (2010). Hydrocolloids with emulsifying capacity. Part 2- Adsorption properties at the n-hexadecane-Water interface. *Food Hydrocolloids*, 24: 121-130.
- [26] Bergenståhl, B., Fäldt, P., and Malmsten, M. (1995). Surface structures and surface-active components in food emulsions. *In* "Food Macromolecules and Colloids", eds. E. Dickinson and D. Lorient, The Royal Society of Chemistry: UK, 201-214.
- [27] Dickinson, E. (2009). Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 23: 1437-1482.
- [28] Chen, C. H., & Lai, L. S. (2008). Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch/decolorized hsian-tso leaf gum films in the presence of plasticizer. *Food Hydrocolloids*, 22: 1584-1595.
- [29] Osés, J., Fabregat-Vázquez, M., Pedroza-Islas, R., Tomás, S. A., Cruz-Orea, A. and Maté, J. I. (2009). Taylor & Francis Group: Boca Raton, 469. Development and characterization of composite edible films based on whey protein isolate and mesquite gum. *Journal of Food Engineering*, 92: 56-62.
- [30] Chen, C. H., Kuo, W. S., & Lai, L. S. (2009). Rheological and physical characterization of film-forming solutions and edible films from tapioca starch/ decolorized hsian-tso leaf gum. *Food Hydrocolloids*, 23: 2132-2140.
- [31] Rao, M. S., Kanatt, S. R., Chawla, S. P. and Sharma, A. (2010). Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydrate Polymer*, 82: 1243-1247.
- [15] Yebeyen, D., Lemenih, M. and Feleke, S. (2009). Characteristics and quality of gum arabic from naturally grown *Acacia senegal* (Linne) Willd. trees in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Food Hydrocolloids*, 23: 175-180.
- [16] Mbuna, J. J. and Mhinzi, G. S. (2003). Evaluation of gum exudates from three selected plant species from Tanzania for food pharmaceutical applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 142-146.
- [17] Mohammadifar, M. A., Musavi, S. M., 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.
- [18] Azarikia F, Abbasi S, Azizi MH. (2009). Investigation of the efficiency and mechanisms of some hydrocolloids on the stabilization of Doogh. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 4: 11-22.
- [19] Karamalla, K. A. (2000). Gum arabic-quality and quantity assured. *In* "Gum and Stabilisers, for the Food Industry 10", eds. P. A. Williams and G. O. Phillips, The Royal Society of Chemistry, 37-52.
- [20] León de Pinto, G., Martínez, M. and Sanabria, L. (2001). Structure features of the polysaccharide gum from *Acacia glomerosa*. *Food Hydrocolloids*, 15: 461-467.
- [21] Obreque-Sliver, E., Peña-Neira, A., López-Solís, R., Ramírez-Escudero, C. and Zamora-Marín, F. (2009). Phenolic characterization of commercial enological tannins. *European Food Research and Technology*, 229: 859-866.
- [22] Huang, X., Kakuda, Y., and Cui, W. (2001). Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloids*, 15: 533-542.
- [23] Garti, N., Slavin, Y., and Aserin, A. (1999). Surface and emulsification properties of a new gum extracted from *Portulaca oleracea* L. *Food Hydrocolloids*, 13: 145-155.

Separation and determination of some chemical and functional properties of soluble and insoluble fractions of mountain almond tree gum (Persian gum)

Rahimi, S.¹, Abbasi, S.^{2*}, Sahari, M. A.³, Azizi, M. H.²

1. PhD graduated, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares.
2. Associate Prof, University, Tehran–Iran, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.
3. Prof, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.

(Received: 88/11/6 Accepted: 89/6/23)

In present study, the chemical (ash, protein, fat, minerals, and pH) and functional (ability in stabilizing emulsions and producing edible films) properties of the soluble and insoluble fractions of Persian gum were evaluated. The O/W emulsions were prepared using the soluble fraction at various concentrations *vs.* oil content. In order to prepare edible films, the soluble and insoluble fractions as well as whole gum were used at constant concentration (3 w/v%) in the presence of glycerol (up to 8 wt % based on the gum weight) at pH 8. According to the findings, the Persian gum was consisted of 70 and 30 wt% of insoluble and soluble fractions respectively; where their protein content was negligible (0.062 and 0.146 wt%). The emulsion E4 containing 2 w/v% of soluble fraction and 1 w/v% of oil had the maximum (~99% at room temperature) emulsifying stability index (ESI) up to 5 weeks which was even higher than gum Arabic as control. Moreover, these findings were proven by the optical density and particle size distribution data. In terms of filmability, our findings showed that the edible film containing 3 w/v% of soluble fraction and 4 w/w% of glycerol at pH 8 had the most acceptable characteristics regarding appearance and mechanical properties.

Keywords: Persian gum, Mountain almond tree, Chemical properties, Emulsifying properties, Edible film

* Corresponding Author E-Mail Address: sabbasifood@modares.ac.ir