بررسی اثر انواع امولسیفایرهای مختلف بر فعالیت آبی و پایداری کره گردو در طی زمان ماندگاری

مصطفی شهیدی نوقابی[1*]، راضیه نیازمند[1]، مژده صراف[2]، مهناز شهیدی[3]

۱- دانشیار گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.
۲- دانشجوی دکترای شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، قوچان، ایران.
(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۶)

چکیده

کره گردو محصول بسیار ارزشمندی از لحاظ تغذیه ای است که از مغز گردو بدست می آید. یکی از مشکلات اصلی در تولید کره های گیاهی جداشدن فاز روغنی در محصول می باشد. در این تحقیق میزان فعالیت آبی و پایداری فیزیکی کره گردو (در حضور غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد امولسیفایرهای مونوگلیسیرید، لستین، اسپان ۸۰ و توئین ۲۰) طی ۷۵ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بیانگر کاهش جزئی a_w نمونه‌های کرهٔ گردو حاوی لستین، اسپان ۸۰ و مونوگلیسیرید تا روز ۱۵ام نگهداری بود و پس از آن روند تقریباً ثابتی را نشان داد. لستین در کاهش درصد جداشدن روغن طی دورهٔ نگهداری کارآمدتر از سایر امولسیفایرهای مورد مطالعه عمل کرد درحالی‌که اسپان ۸۰ تأثیر معنی‌داری بر پایداری امولسیون کرهٔ گردو نداشت و توئین ۲۰ اثر منفی بر درصد جداشدن روغن از کرهٔ گردو طی دورهٔ نگهداری برجاگذاشت.

کلید واژگان: کره گردو، امولسیفایر، فعالیت آبی

* مسئول مکاتبات: m.shahidi@rifst.ac.ir

۱- مقدمه

کرهٔ گردو یک محصول ترکیبی حاصل از گردو است که با استفاده از مغز گردوی بوداده‌شده و آسیاب‌شده همراه شیرین‌کننده (شکر یا دیگر شیرین‌کننده‌ها) و کمی نمک به‌دست می‌آید. امروزه در صنایع غذایی از افزودنی‌هایی مثل امولسیون‌کننده‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، قوام دهنده‌ها و غیره جهت بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری غذایی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. البته باید توجه داشت تا مقادیر هریک از موارد ذکرشده باید در حد بهینه باشد و لذا بهینه‌سازی فرمولاسیون مواد غذایی نقش مهمی در بهبود کیفیت آن خواهد داشت.

یکی از پارامترهای مهم در تولید کره‌های گیاهی دوفاز نشدن آن در طی نگهداری است [۱]. معمولاً با استفاده از انواع روش‌های فراوری و همچنین افزودن امولسیون‌کننده‌های مناسب از جداشدن فازها جلوگیری به‌عمل‌می‌آید [۲ و ۳]. امولسیون‌کننده‌های مختلفی امروزه در صنایع غذایی به‌کارگرفته می‌شود که از آن جمله می‌توان لستین، مونودی‌گلیسیریدها، گلیسرول، مونواستارت، استرهای پلی‌گلیسرول، استرهای سوربوبیتان، پلی‌سوربات‌ها، مشتقات اسیدلاکتیک و غیره اشاره نمود [٤].

مرحلهٔ اول در تشکیل امولسیون تخریب و متلاشی‌کردن قطرات درشت است. سپس باید مقدار کافی از امولسیفایر مناسب در حد فاصل بین فاز آب و روغن جذب گردد تا از تراکم و یکی‌شدن قطرات پراکنده جلوگیری گردد [۵]. ازجمله عواملی که به پایداری امولسیون‌ها کمک می‌کنند، ماکرومولکول‌هایی مثل پروتئین‌ها و هیدروکلوئیدها هستند. قدرت امولسیفایری پروتئین‌ها به میزان حلالیت و فعالیت سطحی آنها بستگی دارد. پروتئین‌های با جرم مولکولی کم و اندازهٔ کوچک و کروی‌شکل به‌علت پایین‌بودن فعالیت سطحی‌شان و پروتئین‌هایی که به میزان زیادی هیدروفیلیک هستند مانند پروتئین‌های تغییر شکل یافته که حلالیت پایینی دارند تأثیر زیادی در تثبیت امولسیون‌ها ندارند. پروتئین‌های دارای فعالیت امولسیفایری مانند کازئینات‌ها سطح بسیار فعال و حلالیت مناسبی دارند. قدرت امولسیفایری پروتئین‌ها به میزان pH، غلظت نمک‌ها و دمای سیستم بستگی دارد. کاهش pH (از ۷ به ٦) و افزایش قدرت یونی (افزودن کلرید سدیم در حد ۰/۲ مول) موجب کاهش نیروهای دافعهٔ الکتروستاتیک در سیستم پروتئین‌ها و افزایش تجمع آنها می‌شود. به همین دلیل تشکیل پل‌های پروتئینی بین قطرات روغن در فاز پراکنده بیشتر شده و امولسیون به‌صورت لخته درمی‌آید. صمغ ها نیز ازجمله ماکرومولکول‌های دارای سطح فعال هستند که با جذب‌شدن روی سطح قطرات فاز پراکنده در امولسیون‌ها باعث تثبیت امولسیون می‌گردند [۵].

پایداری امولسیون (جداشدن روغن) در کرم‌ها یک مشکل اساسی است که در حین نگهداری بر کیفیت محصول اثر می‌گذارد. ناپایداربودن امولسیون سبب چقرمگی[1] محصول و جداشدن روغن از آن شده و مواد بسته‌بندی نیز روغنی می‌شوند.

Ereifej و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر استفاده از روغن پالم غیرهیدروژنه، گلیسرول، کنسانترهٔ پروتئین سویا، ژلاتین، لستین، پکتین، صمغ عربی، پودر شکر و کلرید کلسیم بر بهبود کیفیت حلوا کنجدی را بررسی کردند. کنسانترهٔ پروتئین سویا، ژلاتین، گلیسرول و لستین نقشی در بهبود پایداری امولسیون حلوا در دمای نگهداری ۲۵ و ٤۰ درجهٔ سانتی‌گراد نداشتند که علت آن تأثیر ترکیبات دیگر مثل ساکارز بر سیستم حلوا کنجدی است که با چربی‌ها و پروتئین‌ها واکنش می‌دهند. کلرید کلسیم، پودر شکر، صمغ عربی و پکتین جداشدن روغن را کاهش داد. علاوه بر این، ۱ یا ۲/۵ درصد روغن غیرهیدروژنه پالم ویسکوزیتهٔ خمیر روغنی را کاهش و پایداری آن را افزایش داد[٦].

Mosazadeh و همکاران (۲۰۱۳) یک کرم کم‌چرب بر پایهٔ روغن پسته و با استفاده از صمغ زانتان، کرهٔ کاکائو و منوگلیسیرید تقطیرشده (DMG) تهیه کردند. صمغ زانتان و DMG پایداری امولسیون را افزایش دادند. بهترین فرمولاسیون کرم با ۱۵ درصد روغن پسته، ۷/۵ درصد کرهٔ کاکائو، ۰/۳ درصد صمغ زانتان و ۱ درصد منوگلیسیرید تقطیرشده به دست آمد[۷].

امولسیفایرهای مورد استفاده می‌توانند شامل منو و دی‌گلیسیریدها، لستین، منواسترهای ساکارز، استرهای پلی‌گلیسرول، استرهای سوربیتان، گلایکول‌های پلی‌اتوکسیله و مخلوطی از آنها باشد. مقدار آنها نیز حدود ۵ درصد و ترجیحاً حدود ۰/۱تا ۳ درصد می‌باشد[۸].

1. Toughness

هدف از این تحقیق بررسی نوع و سطح غلظتی امولسیون های مختلف در پایدار سازی کره گردو و انتخاب بهترین نوع امولسیفایر و سطح غلظتی آن در فرمولاسیون کره گردو می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیهٔ کرهٔ گردو

جهت تهیهٔ کره، گردوهای بو داده شده توسط یک آسیاب مکانیکی قوی (مدل آرمان خرد توس، ساخت ایران) خرد شد. شکر آسیاب‌شده به میزان ۲۰ درصد، نمک به میزان ۰/۱ درصد به آن اضافه شد. عمل هم‌زدن با استفاده از آسیاب نیمه‌صنعتی (توس‌شکن خراسان، ساخت ایران) تا تهیهٔ مخلوط یکنواخت و همگن ادامه یافت. سپس مخلوط (که حالت خمیری داشت) وارد آسیاب ساچمه‌ای شده و تا تبدیل‌شدن به یک کرم یکدست و یکنواخت آسیاب گردید (در دمای محیط به مدت ٦٠ دقیقه). هدف از این پژوهش بررسی اثر امولسیون های مختلف در سطوح غلظتی متفاوت بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی کرهٔ گردو تولید شده و بهینه یابی آن می باشد.

۲-۲- بررسی اثر امولسیفایرها بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کره گردو در طی زمان ماندگاری

در این مرحله امولسیفایر بر ویژگی‌های نمونه‌های کرهٔ گردو طی ۷۵ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بررسی شد. بدین‌منظور gr ۵±۵۰ کرهٔ گردو توزین‌شده و در ظرف‌های درب‌دار از جنس پلاستیک و به قطر ۵/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵ سانتی‌گراد ریخته شد. درب ظرف‌ها کاملاً بسته‌شده و در داخل گرمخانه با دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای هر نمونه ۳ ظرف (۳ تکرار) آماده شد و آزمون‌ها در فواصل زمانی ۱۵ روزه روی نمونه‌ها انجام شد. به فرمول پایهٔ کرهٔ گردو امولسیفایر های مختلف در مقادیر ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲/۵ درصد افزوده شد. از مونوگلیسیرید، لستین، اسپان ۸۰ و توئین ۲۰ به‌عنوان امولسیفایر استفاده شد. جهت بررسی روند پایداری کرهٔ گردو در طول مدت نگهداری، آزمون‌های جداشدن روغن و فعالیت آبی[۲۱] روی نمونه‌ها انجام شد.

۲-۳-فعالیت آبی (a_w)

a_w نمونه توسط دستگاه a_wمتر (مدل Lab Master.aw/Novasina، ساخت سوئیس) اندازه‌گیری شد. قبل از اندازه‌گیری باید نمونه به دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد برسد. اما باید توجه داشت که نمونه بدون تبادل رطوبت با محیط باشد. سپس مقداری از نمونه در ظرف پلاستیکی مخصوص ریخته و داخل دستگاه قرار داده شد و درب دستگاه بسته شد تا در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد به فشار بخار ثابت برسد. پس از طی مدت زمانی (این زمان در هر نمونه متفاوت بود)، میزان فشار بخار آب ثابت‌شده بر فشار بخار آب خالص یا به‌عبارتی a_w نمونه در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد نمایش‌داده‌شده روی صفحه دستگاه خوانده شد.

۲-٤- آزمون جداشدن روغن

به‌منظور بررسی میزان و میزان جداشدن روغن از نمونه‌های کرهٔ گردو، g ۱۰ از نمونه در تیوب مخصوص توزین شد. سپس در دمای ٤٠ درجهٔ سانتی‌گراد با نیروی نسبی g × ٤١٤١٠ و سرعت ۲۱۰۰۰rpm به مدت min ۱۵ توسط سانتریفیوژ (مدل Z36HK/HERMLE، ساخت آلمان) جداسازی صورت گرفت و میزان روغن جداشده توزین شد. درصد روغن جداشده از رابطهٔ (۱) به‌دست آمد [۹].

درصد روغن جدا شده از نمونه) = (گرم روغن جدا شده/۱۰)×۱۰۰ (۱)

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش از طرح کاملا تصادفی استفاده شد. داده ها در سه تکرار و در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد آنالیز آماری قرار گرفت. برای آنالیز آماری داده ها از نرم افزار مینی تب نسخه ۱٦ و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد.

2. Water activity (aw)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر امولسیفایر های مختلف بر فعالیت آبی (a_w) کرۀ گردو طی دورۀ نگهداری

آب مهم‌ترین عامل در کنترل فساد شیمیایی و میکروبی مواد غذایی است. اما صرفاً میزان آب موجود در یک مادۀ غذایی نمی‌تواند ملاک فساد قرار گیرد بلکه موجودیت یا دردسترس‌بودن آب حائز اهمیت است که این آب قابل دسترس یا آزاد تحت عنوان فعالیت آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. رطوبت مواد غذایی شامل آب آزاد و آب پیوسته (آبی متصل به گروه‌های عاملی مانند آمین، هیدروکسیل و غیره که قابل دسترس نیست) می‌باشد[۱۰]. بنابراین هر چقدر a_w یک مادۀ غذایی پایین‌تر باشد، پایداری آن در مقابل فساد شیمیایی و میکروبی بیشتر است.

تغییرات a_w نمونه‌های کرۀ گردوی حاوی غلظت‌های مختلف از امولسیفایرهای مورد مطالعه طی ۷۵ روز نگهداری در مقایسه با نمونۀ شاهد (بدون امولسیفایر) در جدول ۱ نشان داده شده است. a_w نمونه‌های کرۀ گردوی شاهد در فاصلۀ بین روز اول تا ۱۵ام کاهش یافت اما پس از آن مقداری افزایش نشان داد. پس از گذشت ۱۵ روز تا پایان دورۀ نگهداری، a_w نمونۀ شاهد تغییر معنی‌داری را نشان نداد ($P>۰/۰۵$).

نتایج بررسی اثر مونوگلیسرید بیانگر کاهش جزئی a_w در همۀ نمونه‌ها از روز اول تا روز ۱۵ام بود درحالی‌که پس از گذشت این مدت روند ثابتی در میزان a_w طی دورۀ نگهداری مشاهده شد. افزایش غلظت مونوگلیسرید تأثیر معنی‌داری بر میزان a_w طی دورۀ نگهداری نداشت ($P>۰/۰۵$).

همان‌طورکه از جدول (۱) پیداست، در نمونه‌های کرۀ گردوی حاوی لستین همانند نمونۀ شاهد از روز اول تا روز ۱۵ام، a_w کاهش نشان داد. بیشترین افزایش a_w در نمونه‌های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد لستین از روز ۱۵ام تا ٦۰ام مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). پس از ٦۰ روز نگهداری، مقدار a_w در این نمونه‌ها کاهش یافت که این کاهش معنی‌دار نبود.

بررسی تغییرات a_w نمونه‌های کرۀ گردوی حاوی غلظت‌های مختلف اسپان ۸۰ گویای کاهش معنی‌دار a_w در همۀ نمونه‌ها از روز اول تا روز ۱۵ام بود ($P<۰/۰۵$) اما پس از گذشت ۱۵ روز تغییرات a_w در نمونۀ شاهد و نمونه‌های حاوی اسپان معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$).

همان‌طورکه در جدول (۱) مشخص است تغییرات a_w در نمونه‌های کرۀ گردوی حاوی غلظت‌های مختلف توئین ۲۰ از روز اول تا روز ٦۰ام معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$) ولی در فاصلۀ بین روز ٦۰ام تا ۱۷۵ام اندکی کاهش نشان داد.

شکل ۱ اثر نوع و غلظت امولسیفایر را بر a_w نمونه‌های کرۀ گردو در روز اول و آخر نگهداری نشان می‌دهد. نتایج مقایسۀ میانگین نشان داد که افزایش غلظت مونوگلیسرید، اسپان و توئین از ۰/۵ به ۲ درصد تغییر معنی‌داری در میزان a_w نمونه‌های کرۀ گردو در روز اول نگهداری ایجاد نکرد ($P>۰/۰۵$) درحالی‌که افزایش غلظت لستین از ۰/۵ به ۲ درصد منجربه‌کاهش جزئی و تدریجی میزان a_w کرۀ گردو شد (شکل ۱ الف).

همان طورکه در شکل (۱-ب) مشاهده می‌شود، a_w نمونه‌های کرۀ گردو حاوی امولسیفایرهای مختلف در روز ۱۷۵ام نگهداری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P>۰/۰۵$). این مطلب در مورد غلظت‌های مختلف هر امولسیفایر نیز صادق است.

به نظر می‌رسد ماهیت آب‌دوست لستین (فسفاتیدیل کولین) و وجود گروه‌های قطبی فسفات در ساختمان آن منجربه هیدراته‌کردن بیشتر آب و کمترشدن آب آزاد و درنتیجه کاهش a_w نسبت به سایر نمونه‌ها در روز اول پس از تولید شد اما با گذشت زمان به‌دلیل پایداری کمتر نمونه‌های حاوی لستین و جداشدن روغن و تبدیل بخشی از آب پیوسته به آزاد a_w افزایش یافت.

به‌طورکلی مقایسه a_w نمونه‌های کره گردوی حاوی امولسیفایرهای مختلف در روز ۱۷۵ام بیانگر کاهش جزئی a_w آنها نسبت به روز اول بود. البته این کاهش در مورد نمونۀ شاهد نیز صادق بود که می‌تواند بیانگر تبدیل مقداری از آب آزاد به آب پیوسته در طی زمان نگهداری به‌دلیل برهمکنش‌های بین اجزاء کرۀ گردو باشد.

باتوجه‌به اینکه تقریباً در همۀ نمونه‌ها در تمام مدت نگهداری زیر ۰/٦ می‌باشد انتظار می‌رود سرعت فساد شیمیایی و میکروبی در نمونه‌های کرۀ گردو بسیار کم باشد.

Table 1 Changes aw Walnut butter samples containing different concentrations of emulsifier during 75 days storage at 25

Time (day)						Concentration (%)	Emulsifier
75	60	45	30	15	1		
0.547±0.01	0.546±0.01	0.550±0.01	0.546±0.02	0.550±0.02	0.591±0.04	-	**Control**
0.552±0.01	0.550±0.01	0.557±0.00	0.560±0.01	0.557±0.01	0.566±0.01	0.5	**Monoglycerides**
0.549±0.01	0.560±0.01	0.547±0.01	0.555±0.01	0.553±0.01	0.571±0.03	1	
0.550±0.01	0.555±0.01	0.547±0.02	0.559±0.01	0.551±0.02	0.574±0.01	1.5	
0.519±0.04	0.559±0.01	0.561±0.01	0.552±0.01	0.547±0.02	0.571±0.01	2	
0.580±0.01	0.620±0.07	0.559±0.01	0.556±0.02	0.508±0.07	0.557±0.02	0.5	**Lecithin**
0.560±0.01	0.602±0.06	0.530±0.06	0.523±0.06	0.483±0.01	0.548±0.03	1	
0.545±0.01	0.545±0.01	0.547±0.02	0.515±0.06	0.525±0.06	0.520±0.06	1.5	
0.536±0.03	0.526±0.04	0.551±0.02	0.526±0.06	0.505±0.08	0.516±0.05	2	
0.542±0.01	0.552±0.01	0.552±0.01	0.564±0.00	0.553±0.02	0.613±0.04	0.5	**Span 80**
0.551±0.01	0.513±0.03	0.552±0.00	0.554±0.01	0.530±0.06	0.581±0.02	1	
0.537±0.01	0.539±0.01	0.557±0.00	0.560±0.01	0.538±0.03	0.570±0.00	1.5	
0.540±0.01	0.523±0.04	0.556±0.01	0.548±0.01	0.549±0.02	0.562±0.00	2	
0.547±0.01	0.578±0.02	0.576±0.01	0.563±0.01	0.569±0.03	0.582±0.01	0.5	**Tween 20**
0.552±0.02	0.556±0.02	0.556±0.01	0.577±0.01	0.564±0.01	0.569±0.01	1	
0.567±000	0.576±0.00	0.566±0.01	0.569±0.01	0.573±0.01	0.570±0.01	1.5	
0.532±0.02	0.576±0.01	0.566±0.01	0.556±0.02	0.568±0.01	0.569±0.01	2	

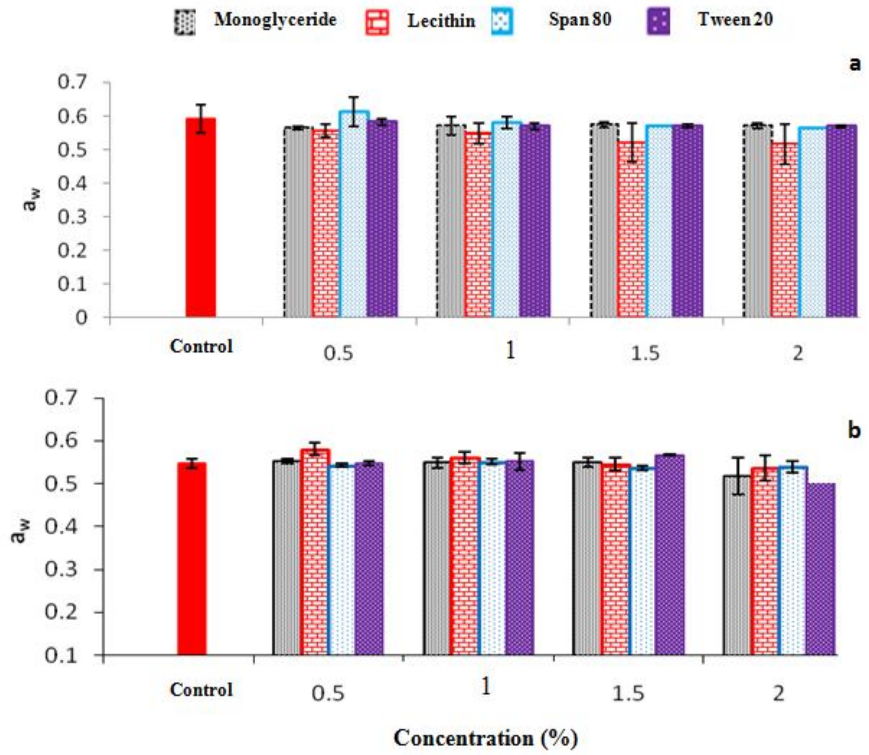

Fig 1 Effect of different emulsifier concentrations on a_w Walnut butter samples on the first day (a) and after 75 day (b) Storage at 25 ºC

۳-۲- تاثیر امولسیفایر های مختلف بر پایداری (دوفاز نشدن) کرۀ گردو طی دورۀ نگهداری

سختی همۀ نمونه‌های کرۀ گیاهی می‌تواند طی دورۀ انبارداری و نگهداری افزایش یابد که علت آن مهاجرت روغن به سمت سطح و رسوب ذرات جامد در کف به‌دلیل نیروی جاذبه است که این

اتفاق اثر نامطلوبی روی کیفیت محصول دارد. شکل (۲) تغییرات میزان جداشدن روغن از کرۀ گردوی حاوی غلظت‌های مختلف امولسیفایر طی ۷۵ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجۀ سانتی‌گراد را نشان می‌دهد.

همان‌طورکه از شکل (۲-الف) پیداست، به‌طورکلی روند جداشدن روغن در همۀ نمونه‌ها به‌طور تدریجی کاهش یافت. نتایج مقایسۀ میانگین بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین نمونۀ شاهد و نمونه‌های حاوی مونوگلیسرید (به استثنای غلظت ۰/۵ درصد) بود ($P>0/05$). بیشترین میزان جداشدن روغن از محصول در نمونه‌های حاوی غلظت ۰/۵ درصد مونوگلیسرید (۲۷/٦ درصد) در روز اول پس از تولید مشاهده شد که در طول مدت نگهداری نیز تا روز ٤٥ام درصد جداشدن روغن در این نمونه به‌طور معنی‌داری بیش از سایر نمونه‌ها بود ($P<0/05$)، درحالی‌که پس از روز ٤٥ام نگهداری، روند کاهشی در میزان جداشدن روغن از محصول مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد افزودن مونوگلیسرید اثر کارآمدی بر پایداری کرۀ گردو طی این مدت نگهداری به‌جانگذاشته است و حتی مونوگلیسرید در غلظت‌های کم منجربه از هم‌گسیختگی بیشتر امولسیون کرۀ گردو نیز شده است.

Mousazadeh و همکاران (۲۰۱٤) از روغن پسته، کرۀ کاکائو، صمغ زانتان و مونوگلیسرید جهت تولید اسپرد پسته استفاده کردند. نتایج آنها حاکی از این بود که همگام با افزایش میزان مونوگلیسرید از ۰/۵ تا ۱ درصد، سختی و چسبندگی اسپرد پسته افزایش یافت. این محققین اذعان داشتند که مخلوط مونوگلیسریدهای اشباع و غیراشباع در فرمولاسیون منجربه فراهم نمودن SFC مناسب برای سیستم تری‌گلیسریدی می‌شود و این استرهای اسید چرب گلیسرولی، گرانروی پلاستیکی را افزایش و پوشش ذرات شکر را کاهش می‌دهد که به اصطحکاک و سختی بیشتر منجر می‌شود[۱۱].

Lustre و همکاران (۲۰۰٦) اثر نوع پایدارکننده شامل Myvatex momoset (حاوی ۱۸ درصد مونواستر)، کاپاکاراگینان و مونو گلیسرید (حاوی ۹۵ درصد مونواستر) تقطیرشده در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد را بر پایداری کرۀ بادام‌زمینی طی ۱۲ هفته نگهداری در دمای اتاق بررسی کردند. نتایج این محققین حاکی از اثر معنی‌دار حضور پایدارکننده بر ماند روغن و کاهش درصد جداسازی پس از ۱۲ هفته بود. افزایش غلظت پایدارکننده تا ۱ درصد منجربه‌کاهش و یا حتی صفر شدن درصد جداسازی در برخی موارد شد. بهترین نتیجه با Myvatex momoset به‌دست آمد[۱۲].

بررسی نتایج گویای این مهم است که در نمونه‌های حاوی لستین نیز درصد جداشدن روغن از محصول در طول مدت نگهداری به طور تدریجی کاهش یافت که شتاب کاهش در نمونه‌های کرۀ گردوی حاوی ۱/۵ درصد لستین بیش از سایر نمونه‌ها بود (شکل ۲-ب). نتایج مقایسۀ میانگین حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین پایداری نمونه‌های کرۀ گردو (به استثنای غلظت ۱ درصد) در مقایسه با شاهد بود ($P>0/05$).

Aloui و همکاران (۲۰۱٦) اثر افزودن مونوگلیسرید (۱/۲۵ و ۲/۲۵ درصد) را بر ماند روغن در حلوا بر پایۀ کنجد در مقیاس صنعتی بررسی کردند. نتایج آنها حاکی از افزایش درصد ماند روغن همگام با افزایش درصد امولسیفایر بود به‌طوری‌که در حضور ۲/۲۵ درصد مونوگلیسرید، ماند روغن ٤ درصد افزایش یافت. این محققین همچنین اثر دو نوع مونوگلیسرید و لستین سویا را بر ماند روغن در حلوا با پایۀ کنجد در غلظت‌های مختلف (۰/۲۵، ۱/۲۵ و ۲/۲۵ درصد) در دمای ٤٥ درجۀ سانتی‌گراد به مدت ۳۰ روز بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که افزایش غلظت مونوگلیسرید به افزایش ماند روغن منجر شد طوری که در غلظت ۲/۲۵ درصد ماند روغن در کل دورۀ نگهداری تقریباً ۱۰۰ درصد بود اما در مورد سایر غلظت‌ها، با افزایش زمان درصد جداسازی روغن افزایش یافته و ماند روغن کمتر شد. ماند روغن در نمونه‌های حاوی لستین با گذشت زمان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و غلظت بیشتر کارایی کمتری در ماند روغن طی دورۀ ماندگاری داشت[۱۳].

نتایج مقایسۀ میانگین حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت‌های مختلف اسپان بر پایداری کرۀ گردو طی ۷۵ روز نگهداری بود (شکل ۲-ج). در این نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری روند کاهشی درصد جداشدن روغن از محصول مشاهده شد و در کل مدت نگهداری بین نمونۀ شاهد و نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف اسپان اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P>0/05$).

همان‌طورکه در شکل (۲-د) پیداست تمام نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف توئین، میزان جداشدن روغن بیشتری را نسبت به نمونهٔ شاهد به نمایش گذاشتند. جداشدن روغن از کرهٔ گردو در طی زمان نگهداری در نمونه‌های حاوی توئین روند ثابت‌تری را نسبت به سایر امولسیفایرها به نمایش گذاشت. افزایش غلظت توئین منجربه‌افزایش میزان جداشدن روغن از کرهٔ گردو گردید به‌طوری‌که کمترین درصد جداشدن روغن در نمونهٔ کرهٔ گردوی حاوی ۰/۵ درصد توئین مشاهده شد.

اسپان‌ها و توئین‌ها گستره‌ای از امولسیفایرهای غیریونی هستند که استفاده از آنها در فرمول‌های غذایی و دارویی با مزایای بسیاری همراه است. این امولسیفایرها باعث افزایش پایداری، انعطاف‌پذیری فرمول و سازگارپذیری می‌شوند. آنها در شرایط اسیدی و قلیایی ملایم و همچنین در حضور الکترولیت‌ها پایدار هستند و با اجزاء یونی واکنش نمی‌دهند. اسپان‌ها استرهای اسید چرب سوربیتان می‌باشند که با افزایش درجهٔ استری‌شدن سوربیتان، HLB آن کاهش و حلالیت آنها در محیط‌های غیرقطبی و چرب افزایش می‌یابد. توئین‌ها (پلی‌سوربات‌ها) اسپان‌های اتوکسیله‌شده می‌باشند و طبیعت آب‌دوست و محلول در آب دارند. حلالیت توئین‌ها با افزایش درجهٔ اتوکسیله‌شدن افزایش یافته درحالی‌که همانند اسپان‌ها با افزایش درجهٔ استری‌شدن با اسیدهای چرب، حلالیت آنها در آب و درنتیجه HLB آنها کاهش می‌یابد[۱٤]. جدول (۲) برخی ویژگی‌های امولسیفایرهای مورد مطالعه در این پژوهش را نشان می‌دهد.

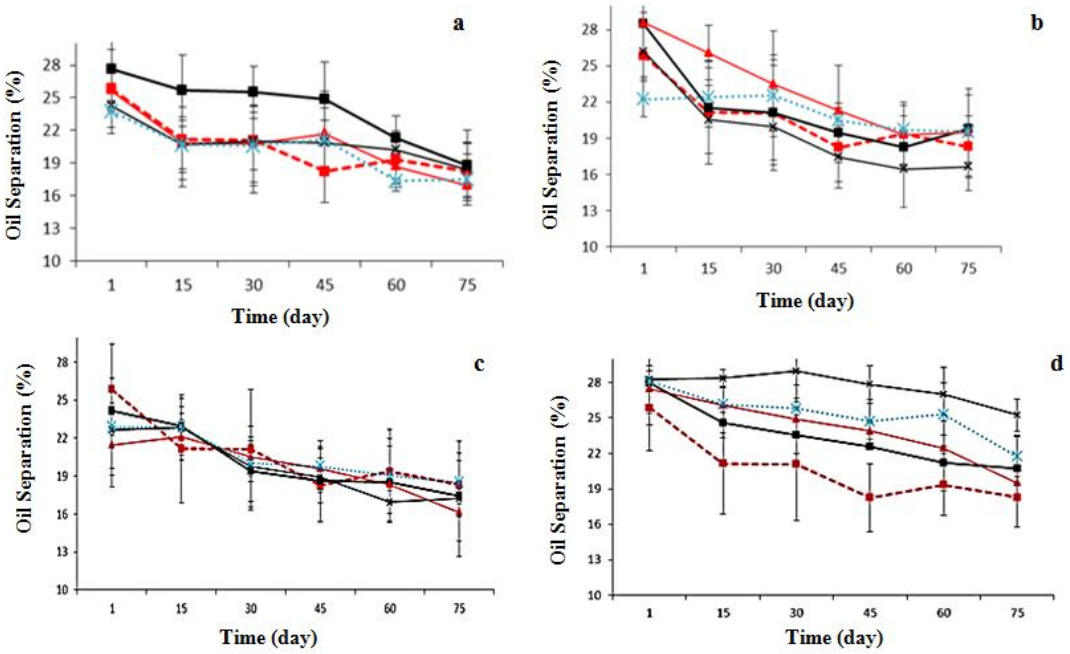

Fig 2 Changes in the rate of oil separation from walnut butter containing different concentrations (a) monoglycerides, b) lecithin, c) spin 80 and d) tween 20 within 75 days of storage at 25 ºC

Table 2 Some characteristics of the emulsifiers studied in the present study [13].

HLB	Solubility in canola oil	Solubility in water	Chemical structure	Name
4.3	Soluble	Relatively soluble	Sorbitan Mono Oleat	Span 80
16.7	Insoluble	Relatively soluble	PEG-20-sorbitan monolorate	Tween 20

شکل (۳) اثر حضور غلظت‌های مختلف امولسیفایرهای مورد مطالعه را بر درصد جداشدن روغن از کرهٔ گردو در روز اول پس از تولید و روز ۷۵ام نگهداری در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد. افزایش غلظت مونوگلیسرید و لستین از ۰/۵ به ۲ درصد به

کاهش درصد جداشدن روغن در روز اول پس از تولید منجر شد درحالی‌که افزایش غلظت اسپان و توئین تغییر معنی‌داری را در درصد پایداری روغن کرهٔ گردو به همراه نداشت ($P>0/05$). در روز اول پس از تولید بهترین پایداری به اسپان با غلظت ۱ درصد مربوط بود که درصد جداشدن روغن را حدود ۱۷ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۳-٤-الف).

بررسی شکل (۳-ب) نشان می‌دهد که اثر افزایش غلظت امولسیفایرهای مورد مطالعه بر درصد جداشدن روغن از کرهٔ گردو در روز ۷۵ام از روند خاصی تبعیت نمی‌کند. افزودن توئین به کرهٔ گردو باعث افزایش درصد جداشدن روغن نسبت به نمونهٔ شاهد در روز ۷۵ام نگهداری شد ($P<0/05$). بیشترین پایداری کرهٔ گردو در روز ۷۵ام نگهداری در نمونهٔ حاوی ۱ درصد اسپان مشاهده شد که میزان جداشدن روغن از نمونهٔ حاوی آن حدود ۱۱/۷ درصد کمتر از نمونه شاهد بود.

Dimic و همکاران (۲۰۱۳) پنج کرهٔ گیاهی شامل آفتاب‌گردان (۹۱ روز)، تخم‌کدو (۱۲٦ روز)، کنجد (۱۰۲ روز)، بادام‌زمینی (۵۲ روز) و گردو (۱۰۹ روز) را از لحاظ پایداری با یکدیگر مقایسه کردند. بر طبق نتایج این محققین بیشترین محتوای روغن (٦۵/۰۲ درصد) و بیشترین روغن جداشده (۱۲/۱۵ درصد) به کرهٔ گردو و کمترین آن به کرهٔ بادام‌زمینی مربوط بود. آنها گزارش کردند که به‌دلیل محتوای بالای روغن و مقدار پایین پروتئین در کرهٔ گردو، ضعیف‌ترین گسترش‌پذیری و بالاترین درصد جداسازی روغن این کره مشاهده شد. بین مقدار پروتئین، مقدار روغن و درصد جداشدن روغن در کره همبستگی وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر افزایش محتوای روغن و کاهش مقدار پروتئین با افزایش درصد جداشدن روغن رابطه مستقیم دارد. افزودن پایدارکننده می‌تواند میزان جداشدن روغن را طی نگهداری کاهش دهد. روغن آزاد علاوه‌بر ایجاد ظاهر بد، موجب اکسایش سریع‌تر و فساد شیمیایی کره نیز خواهد شد [۱۵].

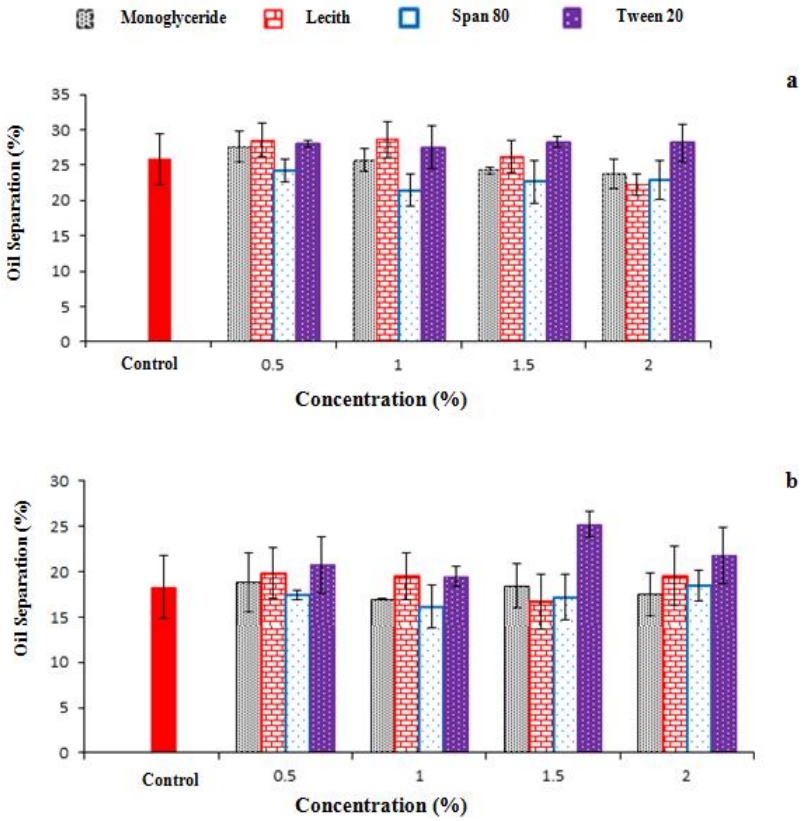

Fig 3 The effect of different emulsifier concentrations on the percentage of oil separation from walnut butter in a) the first day after production and b) 75-days of storage at 25 ºC

Yung-Hsin Chein و همکاران (۲۰۱۵) از روغن تخم‌کدو (۱، ۲ و ۳ درصد) و روغن هیدروژنه (۱، ۲ و ۳ درصد) جهت پایدارسازی در فرمولاسیون کرهٔ دانه‌های گیاهی (دانه‌های آفتاب‌گردان، کدو و کنجد) استفاده کردند. نتایج آنها بیانگر کارآمدی روغن هیدروژنه و ناکارآمدی روغن تخم‌کدو در جلوگیری از دو فازشدن کرهٔ دانه‌های گیاهی طی ٤٢ روز نگهداری بود. بر طبق نتایج این محققین در ابتدا درصد جداشدن روغن تا روز ۷ام در نمونهٔ شاهد و نمونه‌های حاوی پایدارکننده افزایش معنی‌دار نشان داد ولی پس از آن روند جداشدن روغن سرعت کمتری یافت[١٦].

Lima و Guraya (۲۰۰۵) کارایی دو نوع پایدارکننده شامل روغن پالم هیدروژنه (PST) و مخلوط هیدروژنهٔ روغن‌های کلزا و کتان (Dritex-c) را جهت پایدارسازی کرهٔ آفتاب‌گردان در مقادیر ۱/۵ تا ۱/۸ درصد مورد بررسی قرار دادند. پایدارکننده‌ها به‌طورکلی برای کنترل مهاجرت روغن مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقدار بیشتر پایدارکننده در محصول منجربه سختی بیشتر کره و اشکال در گسترش‌پذیری آن می شود و مقدار ناکافی پایدارکننده منجربه جداشدن روغن شده که قابل قبول نمی‌باشد. نتایج این محققین نشان داد با افزایش مقدار هر دو پایدارکننده مورد استفاده، درصد جداسازی روغن کاهش یافت. بیشترین درصد جداسازی در غلظت ۱/۵ درصد Dritex-c مشاهده شد درحالی‌که در غلظت ۱/۸ درصد دو پایدارکننده مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری از لحاظ درصد جداشدن روغن با یکدیگر نداشتند[١٧].

٤- نتیجه گیری

پایداری فیزیکی (در حضور غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد امولسیفایرهای مونوگلیسرید، لستین، اسپان ۸۰ و توئین ۲۰). نمونهٔ بهینهٔ کرهٔ گردو طی ۷۵ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بررسی شد. نتایج بیانگر کاهش جزئی a_w نمونه‌های کرهٔ گردو حاوی لستین، اسپان ۸۰ و مونوگلیسرید تا روز ۱۵ام نگهداری بود و پس از آن روند تقریباً ثابتی را نشان داد. لستین در کاهش درصد جداشدن روغن طی دورهٔ نگهداری کارآمدتر از سایر امولسیفایرهای مورد مطالعه عمل کرد درحالی‌که اسپان ۸۰ تأثیر معنی‌داری بر پایداری امولسیون کرهٔ گردو نداشت و توئین ۲۰ اثر منفی بر درصد جداشدن روغن از کرهٔ گردو طی دورهٔ نگهداری برجاگذاشت.

٥- تقدیر و تشکر

مولفین از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور بابت حمایت مالی برای انجام این طرح کمال تشکر را دارند.

٦- منابع

[1] Shaker Ardakani, A., Shahedi, M. And Kabir, Gh. (1388). Optimizing the production formula of pistachio butter. Journal of Agricultural Sciences and Technology and Natural Resources, 47 (a): 59-49.

[2] Dolatkhah, M. And Shabani, M. 1999. Food industry. Volume One, First Edition, Simia Publishing Cultural Institute, Tehran.

[3] Dziezak, J. D. 1988. Emulsifiers: the interfacial key to emulsion. J. Confectionery Prod. 48(10): 437-439.

[4] Ziaian, M. (2002). Food emulsifiers and their applications. First Edition, Aaron Publications, Tehran

[5] Torabizadeh, H. 2002. Food Emulsions and Emulsifiers. Aygeh Publications, Tehran.

[6] Ereifej, K.I., Rababah, T.M., and Al-Rababah, M. (2005). Quality Attributes of Halva by Utilization of Proteins, Non-hydrogenated Palm Oil, Emulsifiers, Gum Arabic, Sucrose, and Calcium Chloride. *International Journal of Food Properties*, 8(3): 415–422. Doi:10.1080/10942910500267323.

[7] Mousazadeh, M., Mousavi, S.M., Emam-Djomeh, Z., HadiNezhad, M., & Rahmati, N. (2013). Stability and dynamic rheological characterization of spread developed based on pistachio oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 56: 133–9. Doi:10.1016/j.ijbiomac .2013.02.001.

[8] Wong, V.Y.L. (2000). Blended Nut Spread Compositions and Method of Making. U.S. Patent 6063430.

[9] Barbut, S. (1996). Determinig Water and Fat Holding in: Methods of Testing Proteins

Functionality. Hall, G.M. (ED). Blackie Academic Press, New York, NY, USA.

[10] Fatemi, H. 1999. Food Chemistry. Sahami enteshar Company. 480 pages.

[11] Mousazadeh, M., Mousavi, M., Emam-Djomeh, Z., Hadinezhad, M., & Gharibzahedi, S. M. T. (2014). Formulation optimization of pistachio oil spreads by characterization of the instrumental textural attributes. *International Journal of Food Properties*, 17:1355–1368. DOI: 10.1080/10942912.2012.700537.

[12] Lustre, A. O. dL. Francisco, M. L., Palomar, L. S. & Resurreccion, A. V.A. (2006). Peanut butter and spreads. United States Agency for International Development Peanut Collaborative Research Support Program. Project 04. USA and Philippines. Monograph Series. No. 6.

[13] Aloui, F., Maazoun B., Gargouri, Y. & Miled, N. (2016). Optimization of oil retention in sesame based halva using emulsifiers and fibers: an industrial assay. *J Food Sci Technol*, 53(3):1540–1550. DOI 10.1007/s13197-015-2116-5.

[14] Croda Europe Ltd. (2009). Span and Tween. Cowick Hall Snaith Goole East Yorkshire DN14 9AA England www.croda.com/europe.

[15] Dimić, E.B., Vujasinović, V.B., Radočaj, O.F., & Borić, B.D. (2013). Sensory evaluation of commercial fat spreads based on oilseeds and walnut. *Apteff*, 44: 1-321. DOI: 10.2298/APT1344021D.

[16] Yung-Hsin Chien, B.S. (2015). Shelf life extension of seed butter made with sesame, sunflower and pumpkin seeds. THESIS Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of. The Ohio State University.

[17] Lima, I. M. & Guraya, H. S. (2005). Optimization Analysis of Sunflower Butter. *J FOOD SCI*, 70 (6): S365-S370.

Investigation of the effect of different types of emulsifiers on the water activity and stability of walnut butter during the shelf-life

Shahidi Noghabi, M. [1*], Niazmand, R. [1], Sarraf, M. [2], Shahidi, M. [3]

1. Associate Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
2. Ph.D. Student, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
3. M.Sc., Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

(Received: 2016/06/16 Accepted: 2017/02/04)

Walnut Butter is a very valuable product in terms of nutrition that comes from walnut. One of the main problems in the production of such products is the separation of the oil phase in the product. In this research, the amount of water activity and physical stability of walnut (in the presence of 0.5, 1, 1.5 and 2% concentrations of monoglycurids, lecithin, spin 80 and tween 20) in 75 days of storage at 25 ° C Reviewed. The results indicated a slight decrease in wold walnut samples containing lecithin, span 80 and monoglyciride until the 15th day, and then showed a roughly constant trend. Lecithin was more effective in reducing the percentage of oil removal during the maintenance period than other emulsifiers, while spin 80 had no significant effect on the stability of walnut emulsion, and tween 20 had a negative effect on the oil removal percentage from walnut during storage.

Key words: Walnut Butter, Emulsifier, Water Activity

* Corresponding Author E-Mail Address: m.shahidi@rifst.ac.ir