

## بررسی تأثیر پرتو دهی صمغ کتیرا بر توانایی این صمغ در پایداری سازی امولسیون روغن در آب

ندا ملاخلیلی میبدی<sup>۱\*</sup>، محمد امین محمدی فر<sup>۳\*</sup>، خدیجه عبدالملکی<sup>۱</sup>

- ۱- دانشجوی دکترای علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۲- مرکز تحقیقات تشخیص مولکولی مخاطرات مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
- ۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران.

(تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۷)

### چکیده

مطالعات پیشین حاکی از توانایی صمغ کتیری گونه *آستراگالوس گوسیپیتوس* بر پایداری سازی امولسیون روغن در آب است. امروزه پرتو دهی به منظور سالم سازی بسیاری از پلیمرها مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج تحقیقات بیانگر تأثیر معنی دار پرتو دهی بر وزن ملکولی و ویژگی های عملکردی صمغ ها و از جمله صمغ کتیراست. هدف از این تحقیق، بررسی اثر پرتو دهی صمغ کتیرا، در دوز های ۰، ۱/۵، ۳، ۵ کیلوگری بر اندیس پایداری امولسیون روغن در آب محتوی ۰/۵٪ وزنی - وزنی صمغ کتیرا و ۱۰٪ وزنی - وزنی روغن آفتابگردان با تعیین اندیس خامه ای شدن است. به منظور پی بردن به ساز و کار پایداری سازی، ویژگی های رئولوژیک و پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات امولسیون نیز تعیین شد. برای تعیین ویژگی های رئولوژیک از دستگاه رئومتر و به منظور تعیین پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات از تکنیک تفرق نور لیزر استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که ویژگی های رئولوژیک و پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات و در نتیجه پایداری امولسیون ها در اثر پرتو دهی صمغ کتیرا تغییر می کند. میزان این تغییرات به دوز پرتو دهی بستگی دارد. داده های حاصل از آزمون نشان می دهد پرتو دهی صمغ کتیرا در ۱/۵ کیلوگری با تأثیر بر پارامترهای مورد مطالعه پایدار ترین سامانه را ایجاد می کند.

**کلید واژگان:** امولسیون روغن در آب، صمغ کتیرا، پرتو دهی

\* مسئول مکاتبات: mohamdif@ut.ac.ir

## ۱- مقدمه

امولسیون ها اغلب، سامانه های ناهمگن (و به لحاظ ترمودینامیکی ناپایدار) متشکل از دو فاز روغن و آب هستند که در بسیاری از موارد کل ساختار ماده غذایی یا بخشی از آن را تشکیل می دهند. این سامانه ها بر اساس پراکندگی روغن و آب به دو دسته تقسیم می شوند: دسته اول، انواعی که از قطرات روغن پراکنده شده در فاز آبی تشکیل شده و امولسیون روغن در آب نامیده می شوند نظیر مایونز، شیر، خامه، سوپ ها و سس ها، و دسته دوم، انواعی که از پراکنده شدن قطرات آب در فاز روغن تشکیل شده و امولسیون آب در روغن نامیده می شوند نظیر مارگارین، کره [۲، ۱].

امولسیون های روغن در آب (o/w) در اثر هموژن کردن روغن و آب در حضور یک یا تعداد بیشتری امولسیفایر تهیه می شوند. طی فرایند هموژنیزاسیون، ملکول های امولسیفایر به سطوح قطرات تازه تشکیل شده جذب گردیده و کشش بین سطحی را کاهش می دهند. این موضوع، باعث برقراری بر هم کنش های دفع کننده شده و در نهایت از توده ای شدن قطرات جلوگیری می کند [۳].

معمولاً به دلیل کمتر بودن چگالی فاز روغنی نسبت به فاز آبی (پیوسته)، فاز روغنی تمایل به شناور شدن و ایجاد لایه روغنی در قسمت بالای محلول آبی دارد. ساز و کارهای عمده دخیل در ناپایداری و به عبارتی شکستن امولسیون ها عبارتند از: خامه ای شدن<sup>۱</sup>، انبوهش<sup>۲</sup>، الحاق<sup>۳</sup>، رسیدگی استوالد<sup>۴</sup>، وارونگی فاز<sup>۵</sup> [۱، ۴، ۵]. میزان ناپایداری امولسیون و ساز و کار رخ دادن آن به ترکیب و ریز ساختار امولسیون و شرایط تهیه و نگهداری آن بستگی دارد. به منظور ایجاد امولسیونی که از نظر کینتیکی برای مدت زمان طولانی پایدار باشد، بایستی از امولسیون کننده و عوامل قوام دهنده به منظور افزایش انرژی فعال سازی و در نهایت ممانعت از برخورد ذرات فاز پراکنده و ایجاد ناپایداری استفاده شود [۶].

در سالیان اخیر استفاده از پلی ساکاریدها به منظور پایدار سازی امولسیون ها موضوع مطالعات متعددی قرار گرفته است [۲، ۷، ۸]. عموماً ساز و کار پایدار سازی امولسیون ها توسط پلی ساکاریدها از طریق افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته است [۲]. در این میان صمغ کتیرا با HLB (Hydrophilic Lipophilic Balance) معادل ۱۱/۹، به واسطه دارا بودن ویژگی هایی نظیر: افزایش قوام، کاهش دهندگی کشش سطحی و بین سطحی امکان پایدار سازی امولسیون های روغن در آب را دارد و از این رو امولسیفایری با عملکرد دو گانه<sup>۶</sup> نامیده می شود [۹، ۱۰]. البته صمغ کتیرا توانایی اهدای هیدروژن به رادیکالها را نیز داراست و بدین وسیله دارای خاصیت آنتی اکسیدانی نیز است [۱۱]. کتیرا از دو جزء اصلی تشکیل شده است: جزء محلول در آب (تراگاننتین) و جزء کم محلول در آب (باسورین) در آب (باسورین). تفاوت باسورین و تراگاننتین، در مقدار ارونیک اسید و متوکسیل آنها است. البته نسبت جزء محلول به نامحلول نیز در گونه های مختلف متفاوت است [۹، ۱۰]. صمغ کتیرا به عنوان یک صمغ آنیونی مقاوم به اسید و حرارت [۱۲] در سال ۱۹۶۱ با میزان استفاده ۰/۲-۱/۳٪ در لیست GRAS قرار گرفته است.

پرتو دهی یک تیمار فیزیکی است که طی آن به منظور بهبود ایمنی و کیفیت، محصول را در معرض پرتوهای یونیزه کننده نظیر پرتو گاما قرار می دهند. در حال حاضر پرتو دهی در مقیاس تجاری در بسیاری از کشورهای جهان و از جمله کشورهای اروپایی و آسیایی در زمینه سالم سازی افزودنی های غذایی کاربرد دارد و اثری مشابه پاستوریزاسیون، پختن یا سایر تیمارهای گرمایی ایجاد می کند، ضمن اینکه اثر تخریبی کمتری بر بافت و ظاهر غذا می گذارد [۱۳]. در سال ۱۹۶۰ کمیته های FAO/WHO/IAEA پرتو دهی تا میزان دوز ۱۰ کیلوگری را برای محصولات غذایی مجاز دانستند (۱۴)، هرچند که در مورد برخی محصولات تا ۷۵ کیلوگری نیز استفاده می شود [۱۰].

پرتو دهی هیدروکلوئیدها به منظور کاهش آلودگی [۱۵] ممکن است تغییراتی در خواص فیزیکی آنها به خصوص ویژگی های

1. Creaming
2. Flocculation
3. Coalescence
4. Ostwald ripening
5. Phase inversion

6. Bifunctional emulsifier

## ۲-۳- آماده سازی پراکنش صمغ کتیرا

پراکنش های صمغ کتیرا با حل نمودن ۰/۵٪ وزنی- وزنی از پودر صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف در ۸۹/۵ گرم آب دیونیزه تحت هم زدن آرام در دمای محیط به مدت ۲ ساعت، با استفاده از همزن مگنت دار، تهیه شدند. سپس برای اطمینان از آگیری کامل، به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال نگه داری شدند. شایان ذکر است برای جلوگیری از رشد میکروبی به مقدار ۰/۰۲ درصد وزنی سدیم آزید به نمونه ها اضافه شد.

## ۲-۴- آماده سازی امولسیون روغن در آب

به منظور تهیه امولسیون ۱۰٪ روغن در آب، روغن آفتابگردان به میزان ۱۰ گرم به سامانه ی پراکنشی فوق که محتوی ۰/۵ گرم کتیرای پرتودیده در دوزهای مختلف می باشد اضافه شد و با دستگاه همگن ساز اولتراتراکس با شدت ۱۳۵۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه همگن شد. به منظور جلوگیری از نوسانات دمایی عمل هموژنیزاسیون در بستری از یخ انجام شد.

## ۲-۵- پایداری امولسیون

پایداری امولسیون ها طی زمان بر اساس میزان جدایی گرانشی اندازه گیری می شود. بدین منظور مقدار ۱۲ میلی لیتر از امولسیون تازه تهیه شده در فالكون هایی با ارتفاع ۱۲۰ میلی متر و قطر دهانه ۱۰ میلی متر ریخته شد و بدون تکان دادن در آن های با دمای تنظیم شده (۲۵ درجه سانتی گراد) به مدت ۱۲۰ روز قرار گرفت. پایداری امولسیون بر اساس اندیس پایداری امولسیون به صورت زیر محاسبه شد [۳]:

$$ESI\% = \frac{HE - (HC + HS)}{HE} \times 100$$

HE: ارتفاع امولسیون

HC: ارتفاع لایه خامه ای سطحی

HS: ارتفاع فاز سرمی

این آزمون در سه بار تکرار انجام گرفت و میانگین داده ها به منظور آنالیز داده ها مورد استفاده قرار گرفت.

## ۲-۶- اندازه گیری توزیع اندازه ذرات

پایش پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات موجود در سامانه، بر اساس تکنیک تفرق نور لیزر، با استفاده از دستگاه آنالیزگر

امولسیون کنندگی ایجاد کند. بررسی تأثیر پرتو دهی صمغ کتیرا بر ویژگی های شیمیایی و ساختاری آن نشان داد پرتو دهی، اگرچه گروه های عاملی را تغییر نمی دهد اما منجر به تغییرات عمده ای در ویژگی های رئولوژیک پراکنش های حاوی صمغ می گردد [۱۶]. از این رو با توجه به خواص منحصر به فرد مذکور و بومی بودن صمغ کتیرا و نیز لزوم پرتو دهی جهت ایمن سازی آن در کاربرد های غذایی، هدف از این مطالعه بررسی اثر پرتو دهی صمغ کتیرا در دوز های مختلف بر توانایی آن در پایدار سازی امولسیون روغن در آب تعیین گردید.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

صمغ کتیرا به صورت نواری (مفتولی)، تراویده از گون گونه آستراگالوس گوسپیپینوس به کمک کارشناسان اداره کل منابع طبیعی از استان اصفهان جمع آوری شد. روغن آفتابگردان از سوپرمارکت های محلی خریداری و ویژگی های شیمیایی آن تعیین شد. مواد شیمیایی مورد استفاده همگی از شرکت مرک (Merk, Germany) خریداری شدند.

### ۲-۲- مراحل انجام پژوهش و روش های آزمون

#### پرتو دهی

صمغ کتیرا با استفاده از آسیاب خانگی پودر شدند، سپس با الک های در ابعاد ۲۰۰ و ۵۰۰ میکرون درجه بندی شدند. صمغ کتیرای پودر شده با ابعاد ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکرون، به منظور پرتو دهی در بسته های پلی اتیلنی بسته بندی و تحویل سازمان انرژی اتمی ایران- مرکز تابش گاما- شد. عمل پرتو دهی با  $Co^{60}$  توسط دستگاه گاما سل ۲۲۰ با میزان دوز  $3/41 \text{ Gy/sec}$  و اکتیویته  $13922 \text{ Ci}$  انجام شد.

گاما سل ۲۲۰ به وسیله استاندارد فریک تحت نظارت مرکز دوزیمتری آژانس بین المللی مرکز انرژی اتمی (DSA) کالیبر می شود. روش تعیین دوز، اندازه گیری تغییر جذب نوری بر اساس پرتو دهی است و کبالت ۶۰ مصرفی توسط شرکت Nordion کانادا تأمین می شود. پرتو دهی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در دوز های ۰، ۱/۵، ۳، ۵ کیلوگری انجام شد.

برش های میانی برازش و مقادیر اندیس رفتار جریان (n) و ضریب قوام (m) تعیین شد.

$$\mu_a = m \dot{\gamma}^{n-1} \quad (5)$$

$\mu_a$ : ویسکوزیته ظاهری (Pa.s)

m: ضریب قوام (Pa.s<sup>n</sup>)

$\dot{\gamma}$ : سرعت برشی (S<sup>-1</sup>)

n: اندیس رفتار جریان (بدون واحد)

## ۹-۲- آزمون روبش کرنش

مقادیر مدول های الاستیک و ویسکوز در محدوده کرنش (۰/۱-۶۰۰٪)، فرکانس ۱ Hz و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تعیین شد. از نتایج به دست آمده در تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی ( $\gamma_L$ ) قدرت ساختار ( $G'_{LVE}$ )، تانژانت افت در ناحیه خطی ویسکوالاستیک، تنش حد متناظر با انتهای ناحیه خطی ( $\tau_y$ )، تنش حد متناظر با نقطه جریان ( $\tau_f$ ) برای نمونه های تهیه شده در حضور صمغ کتیرا پرتو دیده در دوزهای مختلف انجام شد. با توجه به نتایج از کرنش ۰/۸ به منظور انجام آزمون روبش فرکانس استفاده شد.

## ۱۰-۲- آزمون روبش فرکانس

در محدوده (۰/۰۵-۵۰ Hz)، در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به منظور تعیین ویژگی های رئولوژیک دینامیک نظیر  $G'$ ،  $G''$  انجام شد.

## ۱۱-۲- روش های آماری

داده های حاصل از آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، تجزیه و تحلیل شد. جهت بررسی تأثیر هر یک از فاکتورها از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد. مقایسه میانگین های صفاتی که اثر تیمار بر آن معنی دار بود با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارهای رئولوژی با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت. برای توصیف داده های به دست آمده از آزمون های رئولوژیک پایا، از نمودارهای تجربی و نیز برازش مدل مناسب بر داده های تجربی در آزمون های انجام گرفته از نسخه ۳/۲۱ نرم افزار Rheoplus (آنتون پار، آلمان) استفاده شد. برای تعیین کیفیت برازش نیز از  $R^2$  و SD استفاده شد.

اندازه ذرات (فرانسه، Cilac Particle Size Analyser 1090)، مجهز به نور لیزر هلیوم-نئون (طول موج ۶۳۵ نانومتر) انجام شد. به منظور ممانعت از تفرق چندگانه نمونه ها به نسبت ۱:۱۰۰ با آب دیونیزه رقیق شدند (obscuration= 5-8). نتایج حاصل توسط نرم افزار دستگاه پارتیکل سایزر و بر اساس مدل فرانوفر در قالب شاخص های  $D_{0.1}$ ،  $D_{0.5}$ ،  $D_{0.9}$ ،  $D[4, 3]$  گزارش شده است.  $D_{0.1}$ ،  $D_{0.5}$ ،  $D_{0.9}$  به ترتیب نمایانگر ۹۰٪، ۵۰٪، ۱۰٪ ذرات موجود دارای قطری کمتر از مقدار داده شده هستند.  $D[1, 0]$  و  $D[4, 3]$  به ترتیب میانگین هایی مبتنی بر حجم و تعداد ذرات هستند.

$$D[4,3] = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad (2)$$

$$D[1,0] = \frac{\sum n_i d_i^1}{\sum n_i} \quad (3)$$

که n تعداد گویچه های با قطر  $d_i$  است.

مقدار Span نیز به عنوان معیاری از پهنای توزیع اندازه ذرات حول  $D_{0.5}$  محاسبه و گزارش گردید.

$$Span = \frac{D_{0.9} - D_{0.1}}{D_{0.5}} \quad (4)$$

## ۷-۲- آزمون های رئولوژیک

کلیه آزمون ها با استفاده از دستگاه رئومتر چرخشی Physica MCR 301 (اتریش، Anton Paar) مجهز به سیستم تنظیم دمای Peltier Plate و سیرکولاتور آب با حساسیت ۰/۰۱ با به کارگیری ژئومتری استوانه هم محور (CC27) انجام شد. هم چنین، برای جلوگیری از تبخیر حلال، نمونه ها در طول آزمایش با تله حلال (Solvent Trap) پوشانده شدند. به منظور سنجش پایداری و تعیین ویژگی های رئولوژیک سامانه امولسیون، آزمون های انجام شده به شرح زیر است.

## ۸-۲- آزمون تعیین رفتار جریان (تعیین

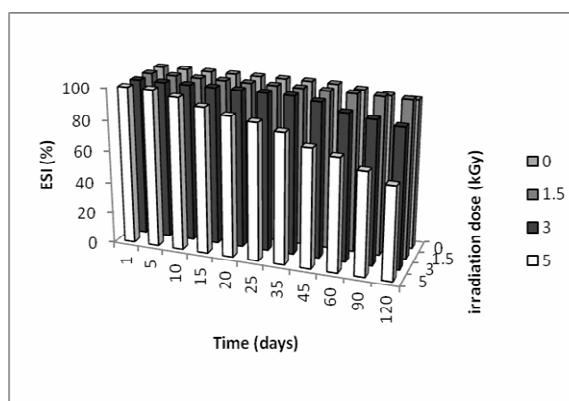
### ویسکوزیته تابع سرعت برشی)

ویسکوزیته نمونه ها در محدوده سرعت برشی  $1000-0.05 \text{ s}^{-1}$  و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. سپس مدل قانون توان بر داده های تجربی به دست آمده در محدوده سرعت

## ۳- یافته ها

## ۳-۱- پایداری امولسیون

یکی از ساز و کار های ناپایداری امولسیون های روغن در آب، خامه ای شدن یا جدایی در نتیجه نیروی گرانشی است. نمونه های امولسیون تهیه شده در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف به مدت ۱۲۰ روز به منظور مشاهده جدایش فازی مورد بررسی قرار گرفتند. نمودار ۱ داده های مربوط به اندیس پایداری امولسیون طی این بازه زمانی را نشان می دهد.



نمودار ۱ نمودار اندیس پایداری امولسیون طی ۴ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد برای امولسیون های محتوی ۵٪ وزنی- وزنی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف

نتایج نشان داد امولسیون های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری (GT 1.5)، طی نگهداری به مدت ۳ ماه پایداری کامل نشان دادند و تنها در ماه چهارم اندیس پایداری به ۹۹/۶۸٪ کاهش یافت. این اندیس برای سامانه های شاهد (NIGT) و نیز نمونه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های ۳ و ۵ کیلوگری (GT3, GT5) به ترتیب به مقادیر ۹۵، ۸۸/۳۸ و ۵۹/۰۴ درصد کاهش یافته است.

## ۳-۲- پراکندگی اندازه ذرات

تأثیر پرتو دهی بر اندازه ذرات امولسیون های ۱۰٪ روغن محتوی صمغ کتیرا بررسی و توزیع مبتنی بر حجم و تعداد ذرات به صورت جداگانه به دست آمد. مقادیر  $D_{0.1}$ ,  $D_{0.5}$ ,

$D_{0.9}$ ,  $D[4, 3]$  از توزیع مبتنی بر حجم و مقادیر  $D[1, 0]$  از توزیع مبتنی بر تعداد ذرات محاسبه و در جدول ۱ ارائه شد. نتایج حاکی از تأثیر معنی دار پرتو دهی بر کاهش پارامترهای توصیف کننده توزیع اندازه ذرات بود ( $p \leq 0.05$ ). جدول ۱ نشان می دهد پرتو دهی در میزان دوز ۱/۵ کیلوگری بیشترین کاهش را بر مقادیر پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات نمونه های امولسیون داشت. لازم به ذکر است که با افزایش پرتو دهی تا میزان دوز ۳ کیلوگری این مقادیر مجدداً افزایش می یابد. با این وجود بین مقادیر  $D[1, 0]$  گزارش شده برای سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های ۳ و ۵ کیلوگری تفاوت معنی داری مشاهده نشد. به منظور تعیین تأثیر پرتو دهی بر میزان پراکندگی اندازه ذرات بزرگ (متعلق به ذرات صمغ در فاز پیوسته) مقدار span مطابق با رابطه [۴] برای توزیع مبتنی بر حجم محاسبه و در جدول ۱ گزارش شد. نتایج نشان می دهد که مقدار پلی دیسپرسیته سامانه با ۳۷ درصد کاهش، از مقدار ۳/۵ برای نمونه شاهد به ۲/۲۵ برای نمونه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری کاهش می یابد.

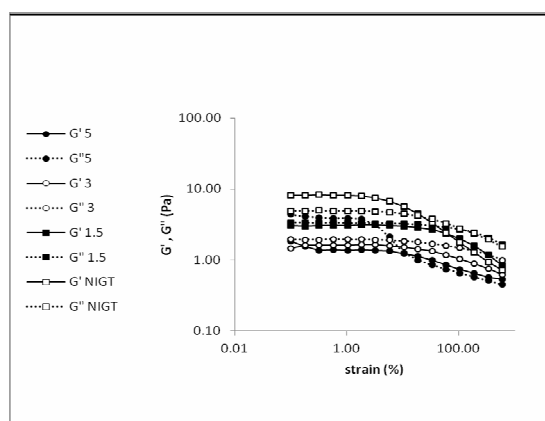
## ۳-۳- ویژگی های رئولوژیک

## ۳-۳-۱- آزمون تعیین رفتار جریان

تغییرات ویسکوزیته ظاهری امولسیون های محتوی ۵٪ وزنی- وزنی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف، تابع سرعت برشی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در نمودار ۲ نشان داده شده است. نتایج بیانگر کاهش ویسکوزیته نمونه های تهیه شده در حضور صمغ کتیرا اعم از پرتو دیده و ندیده با افزایش سرعت برشی در تمام محدوده سرعت برشی است. مقایسه رفتار جریانانی نمونه ها نشان می دهد که با افزایش دوز پرتو دهی تا ۱/۵ کیلوگری ویسکوزیته ظاهری در تمام محدوده سرعت برشی کاهش می یابد. این در حالی است که مقدار آن در سرعت های برشی بالا نسبت به سامانه های دیگر افزایش می یابد. با وجود این، افزایش پرتو دهی از ۱/۵ تا ۵ کیلوگری باعث

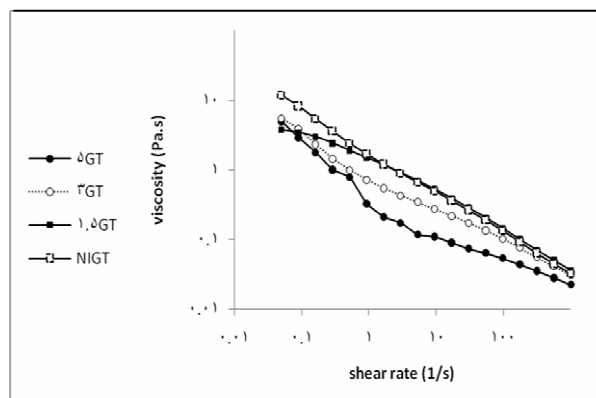
## ۳-۳-۲- آزمون روبش کرنش

آزمون روبش کرنش عموماً به منظور تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی جهت استفاده در آزمون روبش فرکانس انجام می شود. محدوده ویسکوالاستیک خطی، محدوده ای است که در آن مقادیر مدول های افت و ذخیره مستقل از کرنش بوده و رفتار سامانه ویسکوالاستیک برگشت پذیر است [۹]. نمودار ۳ محدوده ویسکوالاستیک خطی برای نمونه های تهیه شده در حضور صمغ کتیرای پرتودیده در دوز های مختلف را نشان می دهد. ملاحظه می شود پرتو دهی صمغ کتیرا منجر به غالب شدن مؤلفه ویسکوز بر مؤلفه الاستیک و در واقع تبدیل رفتار سامانه از جامد ویسکوالاستیک به مایع ویسکوالاستیک در نمونه های امولسیون شده است.



نمودار ۳ آزمون روبش کرنش برای نمونه های تهیه شده از صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف

کاهش ویسکوزیته در تمامی محدوده نرخ برش و به طور محسوس تر در سرعت های برشی میانی شد.



نمودار ۲ آزمون رفتار جریان امولسیون ۱۰٪ روغن در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف

در جدول ۲ پارامترهای حاصل از برازش مدل پاورلا بر داده های تجربی در محدوده نرخ برشی ۱۰ تا ۶۰۰ درصد ارائه شده است. ملاحظه می شود در حالیکه اندیس جریان نمونه های حاوی صمغ پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری در مقایسه با نمونه شاهد تغییری نمی کند، ضریب قوام سامانه از  $1/88 \text{ Pa.s}^n$  به  $1/96$  افزایش می یابد. پرتو دهی تا ۵ کیلوگری ضریب قوام را به طور معنی داری کاهش داده و منجر به افزایش اندیس رفتار جریان از ۰/۴۲ به ۰/۶۷۹ می شود ( $p \leq 0.05$ ).

جدول ۱ پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات امولسیون ۱۰٪ وزنی - وزنی روغن در حضور ۰/۰۵٪ وزنی - وزنی صمغ کتیرای پرتودیده در دوز های مختلف ( $p \leq 0.05$ ).

| Irradiation dose (kGy) | Droplet characteristic |                    |                     |                    |                    |                   |
|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                        | $D_{0.1}$              | $D_{0.5}$          | $D_{0.9}$           | $D[4,3]$           | $D[1, 0]$          | span              |
| ۰                      | ۵/۸۱ <sup>a</sup>      | ۴۰/۰۱ <sup>a</sup> | ۱۴۷/۶۹ <sup>a</sup> | ۵۶/۰۷ <sup>a</sup> | ۱/۰۴ <sup>a</sup>  | ۳/۵۵ <sup>a</sup> |
| ۱/۵                    | ۲/۶۲ <sup>c</sup>      | ۲۱/۸۹ <sup>d</sup> | ۵۱/۹۱ <sup>d</sup>  | ۲۵/۵۵ <sup>d</sup> | ۰/۷۹ <sup>ab</sup> | ۲/۲۵ <sup>c</sup> |
| ۳                      | ۲/۸۹ <sup>b</sup>      | ۲۹/۰۸ <sup>b</sup> | ۶۸/۷۶ <sup>b</sup>  | ۳۳/۴۷ <sup>b</sup> | ۰/۸۰ <sup>ab</sup> | ۲/۲۶ <sup>c</sup> |
| ۵                      | ۲/۴۲ <sup>d</sup>      | ۲۷/۵۲ <sup>c</sup> | ۶۶/۹۶ <sup>c</sup>  | ۳۱/۰۲ <sup>c</sup> | ۰/۸۵ <sup>b</sup>  | ۲/۳۴ <sup>b</sup> |

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ می باشد

جدول ۲ پارامترهای مدل پاورلا برای تعیین رفتار جریان امولسیون روغن در آب در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف  
( $p \leq 0.05$ )

| Irradiation dose (kGy) | $G'_{LVE}(\text{Pa})$ | $\gamma_L (\%)$ | Parameters         |                      |                      |
|------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|                        |                       |                 | $\tan\delta_{LVE}$ | $\tau_y (\text{Pa})$ | $\tau_f (\text{Pa})$ |
| ۰                      | $7/8^a$               | $5/8^c$         | $0/654$            | $0/287$              | $1/32$               |
| ۱/۵                    | $3/08^b$              | $18/4^a$        | $1/06$             | $2/21^*$             | -                    |
| ۳                      | $1/62^c$              | $10/35^b$       | $1/19$             | $0/7^*$              | -                    |
| ۵                      | $0/75^d$              | $> 600^d$       | $0/357$            | $> 3/35$             | -                    |

پراکندگی اندازه ذرات در مقیاس حجمی است.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ می باشد

جدول ۳ مقادیر قدرت ساختار ناحیه ویسکوالاستیک خطی ( $G'_{LVE}$ )، کرنش متناظر با انتهای ناحیه خطی ( $\gamma_L$ )، تانژانت افت در ناحیه خطی، تنش حد یا تنش متناظر با انتهای ناحیه خطی ( $\tau_y$ )، تنش متناظر با نقطه جریان ( $\tau_f$ ) برای نمونه های تهیه شده در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف

| Sample dose (kGy) | Power law parameters |           |        |          |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|
|                   | $m(\text{Pa.s}^n)$   | $n$       | $R^2$  | $S(n-1)$ |
| ۰                 | $1/88^b$             | $0/42^a$  | $0/99$ | $0/5$    |
| ۱/۵               | $1/96^a$             | $0/42^a$  | $0/99$ | $0/498$  |
| ۳                 | $0/808^c$            | $0/536^b$ | $0/99$ | $0/792$  |
| ۵                 | $0/221^d$            | $0/679^c$ | $0/99$ | $0/575$  |

تنش متناظر با انتهای ناحیه خطی

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ می باشد

برای سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۵ کیلوگری است، در حالیکه قدرت ساختار نیز از نمونه های دیگر کمتر است. از سوی دیگر مقدار بالاتر از یک تانژانت افت و مقدار پایین تر مدول الاستیک نسبت به نمونه شاهد، برای نمونه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری نیز می بایست مورد توجه قرار گیرد.

### ۳-۳-۳- آزمون روبش فرکانس

داده های مربوط به آزمون روبش فرکانس برای سامانه های امولسیونی در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف در نمودار ۴ نشان داده شده است. با افزایش دوز پرتو دهی علاوه بر افزایش وابستگی مدول ها به فرکانس ( شیب نمودار بیشتر)، در فرکانس معینی تلاقی مدول ها مشاهده شد و بدین ترتیب تنها در فرکانس های بالاتر شاهد برتری مدول

جدول ۳ مقادیر قدرت ساختار ناحیه ویسکوالاستیک خطی ( $G'_{LVE}$ )، کرنش متناظر با انتهای ناحیه خطی ( $\gamma_L$ )، تانژانت افت در ناحیه خطی، تنش حد یا تنش متناظر با انتهای ناحیه خطی ( $\tau_y$ ) و تنش متناظر با نقطه جریان ( $\tau_f$ ) برای نمونه های تهیه شده در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف را نشان می دهد. از بررسی اثر پرتو دهی در دوزهای مختلف بر طول محدوده ویسکوالاستیک خطی مشخص می شود پرتو دهی منجر به افزایش طول این محدوده می شود. پرتو دهی صمغ کتیرا در ۱/۵ کیلوگری محدوده ویسکوالاستیک خطی را از ۵/۸٪ به ۱۸/۴٪ افزایش می دهد و پرتو دهی در دوز های بالاتر مجدداً منجر به کاهش این محدوده می شود، هرچند که این مقدار، هم چنان از صمغ کتیرای پرتو ندیده گسترده تر است. نکته جالب توجه در این نمودار، مقادیر کمتر از یک تانژانت افت

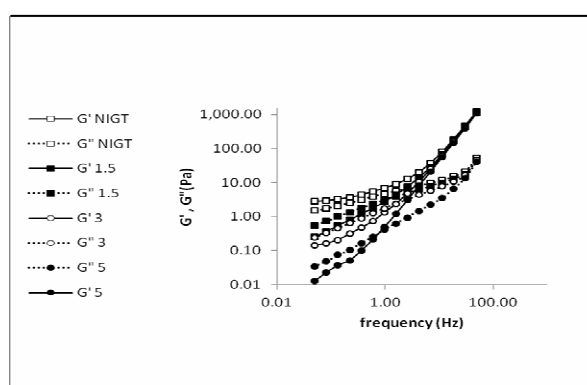
شود که، پرتو دهی با تأثیر بر جزء نامحلول صمغ باعث افزایش هموژنیتی ذرات کوچکتر صمغ شده و سطح واکنشگر را افزایش می دهد. ساختار قوی تر سامانه امولسیون در حضور صمغ کتیرای پرتو ندیده ناشی از افزایش ویسکوزیته و یا ایجاد ساختار توسط جزء بزرگتر کم محلول صمغ است. با این وجود قرار گیری سامانه امولسیونی و یا پراکنش محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده در حالت سکون با جدا شدن این ذرات و در نتیجه افزایش ناپایداری همراه است. پرتو دهی در میزان دوز ۱/۵ کیلوگری اندازه ذرات صمغ را تا حد معینی کاهش داده و در نتیجه با تأثیر بر ویژگی های رئولوژیکی پایداری امولسیون را در مقایسه با سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده بهبود می بخشد. ادامه پرتو دهی در دوز های بالاتر، ساختار صمغ را به گونه ای تغییر می دهد که توانایی آن را جهت پایداری سازی امولسیون کاهش می دهد.

## ۴-۲ اثر پرتو دهی روی پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات یکی از پارامترهای مهم تأثیر گذار بر ویژگی های فیزیکی شیمیایی و در نتیجه پایداری امولسیون روغن در آب است. صمغ کتیرا به واسطه دارا بودن ویژگی امولسیفایری در میان سطح آب و روغن به گونه ای بازارایی شده که امکان بر کنش های نامطبوع را به حداقل رسانیده و در نتیجه اندازه ذرات را به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می دهد. به عبارت دیگر بخش هیدروفیلی در مجاورت فاز آبی و بخش هیدروفوب در مجاورت فاز روغنی قرار می گیرد [۳]. در این میان پرتو دهی صمغ کتیرای موجود در سامانه، اندازه ذرات را به مقدار بیشتری کاهش می دهد. البته این کاهش به دوز پرتو دهی بستگی دارد. پارامترهای  $D[1, 0]$  و  $D[4, 3]$  به ترتیب به حجم و تعداد ذرات فاز پراکنده حساسند. از این رو تفاوت آنها بیانگر حضور تعداد کمی ذرات درشت در سامانه است. پرتو دهی صمغ کتیرا در ۱/۵ کیلوگری مقایر  $d_{0.1}$ ,  $d_{0.5}$ ,  $d_{0.9}$ ,  $D[4, 3]$ ,  $D[1, 0]$  و پلی دیسپرسیته را به طور معنی داری کاهش می دهد ( $p < 0.05$ ).

افزایش اندازه ذرات مشاهده شده در سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۳ کیلوگری، مربوط به الحاق ذرات روغن

الاستیک بر مدل ویسکوز هستیم. در همه نمونه ها با افزایش فرکانس، مقادیر هر دو مدول افت و ذخیره افزایش می یابد ولی با افزایش دوز پرتو دهی این مقادیر در هر فرکانس کاهش می یابد. [۱۷]. با افزایش دوز پرتو دهی مقادیر مدول های مذکور کاهش بیشتری نشان داد و نقطه تقاطع به فرکانس های بالاتر منتقل شد. به این ترتیب مدول الاستیک در محدوده وسیع تری بر مدول ویسکوز غلبه نشان می دهد، البته هر دو مؤلفه ویسکوز و الاستیک نیز کاهش می یابد.



نمودار ۴ آزمون روبش فرکانس برای نمونه های تهیه شده از صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های مختلف

## ۴-۳ بحث

### ۴-۱-۱ اثر پرتو دهی بر پایداری امولسیون

اندیس پایداری امولسیون ها به طور غیر مستقیم شاخصی از تجمع قطرات روغن موجود در سامانه است [۱۸]. همان گونه که در نمودار ۱ ملاحظه می شود اثر پرتو دهی در دوز های مختلف بر اندیس پایداری امولسیون مطالعه شده است. هیدروکلوئیدها ترکیباتی هستند که به دو روش امولسیفایری و ممانعت از برخورد ذرات و یا افزایش قوام و ممانعت از حرکت ذرات پایداری سامانه های دو فازی را بهبود می بخشند. بر اساس قانون استوک، ایجاد سامانه ای با پایداری مطلوب از طریق کاهش اندازه ذرات فاز پراکنده و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته میسر است. سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری توانایی ایجاد سامانه ای با حداکثر پایداری را دارد. با بررسی اثر پرتو دهی در دوز های مختلف، مشخص می

کیلوگری این میزان کاهش می یابد. افزایش ضریب قوام مشاهده شده برای سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری بیانگر افزایش قدرت ساختار سامانه در حضور این صمغ است [۹]. ساختار ضعیف تر سامانه در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در ۳ کیلوگری، توانایی کمتر آن را سبب می شود. ادامه پرتو دهی در دوز های بالاتر ضریب قوام را بسیار کاهش داده که ناشی از شکستن ساختار به قطعات کوچکتر است [۲۴] شایان ذکر است، با افزایش دوز پرتو دهی اندیس رفتار جریان افزایش می یابد که بیانگر حساسیت کمتر این سامانه ها به سرعت برشی است.

#### ۴-۳-۲- اثر پرتو دهی بر آزمون روبش کرنش

برای سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز های گوناگون می توان دو ناحیه را در این نمودار مشخص کرد. محدوده ویسکوالاستیک خطی که در آن مقادیر  $G'$  مستقل از کرنش است و محدوده ویسکوالاستیک غیرخطی که در آن مقادیر با افزایش کرنش شروع به کاهش می نماید.

پرتو دهی در تمام دوزها باعث غالب شدن رفتار ویسکوز بر رفتار الاستیک در محدوده ویسکوالاستیک خطی می شود. در نتیجه در این محدوده، نمونه به صورت مایع یا سول است. داده های حاصل از آزمون رفتار جریان بیانگر ضریب قوام بالای سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری است. مشابه این رفتار در پراکنش آسترگالوس فلوکوسوس نیز مشاهده شده است [۲۵]. ترکیبات با ویسکوزیته بالا که در ناحیه ویسکوالاستیک خطی رفتار ویسکوز نشان می دهند ساختاری با زنجیره های در هم گیر افتاده (entanglement network) و بدون پیوند فیزیکی یا شیمیایی دارند [۹، ۲۶].

پرتو دهی در ۱/۵ کیلوگری منجر به افزایش محدوده ویسکوالاستیک خطی می شود. مطالعات قبلی طول محدوده ویسکوالاستیک خطی را متناسب با نسبت جزء محلول به نامحلول دانسته اند، به گونه ای که با افزایش این نسبت طول این محدوده نیز افزایش می یابد [۹]. البته پرتو دهی در دوز های بالاتر مجدداً منجر به کاهش این محدوده می شود، هرچند که هم چنان از صمغ کتیرای پرتو ندیده گسترده تر است. به نظر می رسد کاهش طول محدوده ویسکوالاستیک خطی مشاهده شده برای سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در

و افزایش ناپایداری نیست، زیرا اگرچه مقادیر  $d_{0,9}$ ,  $D[4, 3]$  به طور معنی داری افزایش می یابد اما  $D[1, 0]$  تغییر نمی کند. مطالعات قبلی بیانگر جدا شدن شاخه های جانبی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۳ کیلوگری و برقراری میانکنش بین زنجیره های اصلی پس از پراکنده شدن در فاز آبی است [۱۰]. از این رو افزایش پلی دیسپرسیته مشاهده شده در سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز ۳ کیلوگری، ناشی از به هم پیوستن جزء غیرجاذب کتیرا (باسورین) و ایجاد ذرات درشت صمغ در سامانه است و اندازه ذرات روغن موجود در سامانه بدون تغییر می ماند [۱۹]. داده های حاصل از آزمون پایداری نیز این فرضیه را تأیید می کند. پرتو دهی بیوپلیمر ها در دوز های بالا منجر به کاهش شدید در وزن ملکولی می شود [۲۰، ۲۱]. کاهش مقادیر پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات و افزایش  $D[1, 0]$  مشاهده شده در سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۵ کیلوگری نیز می تواند ناشی از اثر تخریب کنندگی دوزهای بالای پرتو دهی بر ساختار این صمغ و در نتیجه عدم توانایی آن در پایدار سازی امولسیون باشد. الحاق ذرات روغن سامانه منجر به کاهش تعداد ذرات فاز پراکنده و در نتیجه افزایش ناپایداری می شود.

#### ۴-۳-۳- اثر پرتو دهی روی ویژگی های

#### رئولوژیک

##### ۴-۳-۱- اثر پرتو دهی بر آزمون رفتار جریان

صمغ کتیرای پرتو دیده در ۱/۵ کیلوگری در سرعت های برشی بالا سامانه ای با ویسکوزیته بالاتر ایجاد می کند. با در نظر گرفتن ساختار ناهمگن و شاخه دار صمغ کتیرا از یک سو و بالاتر بودن ویسکوزیته پلیمر های خطی از پلیمرهای شاخه دار از سوی دیگر، به نظر می رسد ایجاد ساختار در سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده ناشی از تأثیر پرتو دهی در این دوز بر شاخه های جانبی و فراهم نمودن امکان بر هم کنش زنجیره اصلی باشد [۲۲، ۲۳]. افزایش اندازه ذرات سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۳ کیلوگری نیز بیانگر بر هم کنش زنجیره اصلی است اما از بررسی اثر پرتو دهی بر میزان ضریب قوام مشخص می شود: پرتو دهی در میزان دوز ۱/۵ کیلوگری منجر به افزایش این میزان شده در حالیکه در میزان دوز ۳

های روغن شبکه ضعیف ایجاد شده و به این ترتیب در نمونه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۵ کیلوگری، افزایش تعداد پیوندهای بین واحد ها و قدرت کمتر آنها مشاهده می شود و به این ترتیب الگوی به دست آمده برای نمودار روبش فرکانس بسیار شبیه نمونه های محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده است، با این تفاوت که مقادیر مدول ها در هر فرکانس کمتر شده و وابستگی به فرکانس

افزایش می یابد. کاهش  $D[4, 3]$  (که مربوط به صمغ آزاد در سیستم است) و افزایش  $D[1, 0]$  (مربوط به تعداد ذرات روغن است) نیز تأیید کننده رخ دادن توأم این دو اتفاق است: اول، کاهش ویسکوزیته فاز پیوسته دوم: ایجاد شبکه بین ذرات روغن. شایان ذکر است، این دو رویداد نشان دهنده ناپایداری سیستم هستند.

## ۵- سپاسگزاری

این مقاله، برگرفته از طرح پژوهشی، با عنوان "اثر صمغ کتیرای پرتو دیده بر پایداری فیزیکی امولسیون روغن در آب" بوده و نگارندگان از پشتیبانی مالی و اجرایی انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی، کمیته دانشجویی و همه عزیزانی که در انجام این پروژه مشارکت داشته اند، صمیمانه سپاسگزاری می نمایند.

## ۶- منابع

- [1] McClements DJ. Food Emulsions Principles, Practice, and Techniques. science CF, editor 1999.
- [2] Dickinson E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids. 2003;17(1):25-39.
- [3] Farzi M, Emam-Djomeh Z, Mohammadifar MA. A comparative study on the emulsifying properties of various species of gum tragacanth. International Journal of Biological Macromolecules. 2013;57(0):76-82.
- [4] Perrechil FA, Cunha RL. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. Journal of Food Engineering. 2010;97(4):441-8.
- [5] McClements DJ, Decker EA, Weiss J. Emulsion-Based Delivery Systems for Lipophilic Bioactive Components. Journal of Food Science. 2007;72(8):R109-R24.

دوزهای بالا ناشی از عدم توانایی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای ۳ و ۵ کیلوگری به ترتیب ناشی از ایجاد ذرات درشت صمغ در سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۳ کیلوگری و در نتیجه افزایش جزء نامحلول و نیز عدم توانایی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۵ کیلوگری در پوشاندن گویچه های روغن و در نتیجه نقش تعیین کننده گویچه های نامحلول در نسبت جزء محلول به نامحلول سامانه باشد.

## اثر پرتو دهی بر آزمون روبش فرکانس:

آزمون روبش فرکانس در محدوده ویسکوالاستیک خطی که رفتار ویسکوالاستیک مواد برگشت پذیر است انجام می شود [۸]. صمغ کتیرا از دو بخش تراکانتین (جزء با وزن ملکولی کوچک و محلول)، و باسورین (جزء کم محلول و با وزن ملکولی بالا)

تشکیل شده است [۹]. در سامانه های امولسیونی محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده، بالا بودن مقدار باسورین (بالتر از ۵۰٪) با شعاع هیدرودینامیک بالا باعث ایجاد شبکه دائمی در سامانه شده و بدین ترتیب در سامانه رفتار الاستیک غالب است. پرتو دهی صمغ کتیرا، رفتار سامانه را مشابه شبکه درهم گیر افتاده بدون هرگونه پیوند فیزیکی یا شیمیایی می کند. این رفتار هم چنین در مورد صمغ کتیرا گونه *آستراگالوس فلوکوسوس* [۹]، پلی ساکارید *sterculia striata* داستیل شده [۲۷] و مشتقات *سولفو/استات سلولز* نیز مشاهده می شود. در این شبکه ها مدول های افت و ذخیره در فرکانس های میانه همدیگر راقطع نموده و رفتار سامانه را در جهت غالب نمودن رفتار الاستیک در فرکانس های بالاتر تغییر می دهند [۲۸]. پرتو دهی در دوزهای بالاتر نقطه تلاقی را به فرکانس های پایین تر منتقل می کند. در مورد سیستم های دیسپرسیونی با کاهش قدرت ساختار نقطه تقاطع به فرکانس های بالاتر منتقل شده و در در محدوده وسیع تری شاهد غلبه مؤلفه ویسکوز بر مؤلفه الاستیک هستیم. با توجه به اینکه صمغ کتیرا می تواند در فاز پیوسته (احتمالاً ذرات بزرگ) و نیز در ناحیه بین سطحی (ذرات ریز) قرار گیرد، احتمالاً با افزایش دوز پرتو دهی متلاشی شدن ذرات بزرگ و نامحلول رخ داده و در نتیجه قدرت ساختاری ناشی از فاز پیوسته کاهش می یابد. از سوی دیگر با هموزن تر شدن سیستم و نیز قرارگیری ذرات کوچکتر تولیدی در بین سطح، بین گویچه

- obtained from pharmaceutical self-emulsifying formulations. *International Journal of Pharmaceutics*. 2013;446(1-2):70-80.
- [18] Chanamai R, McClements DJ. Dependence of creaming and rheology of monodisperse oil-in-water emulsions on droplet size and concentration. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2000;172(1-3):79-86.
- [19] Karimi n, Mohammadifar MA. Role of water soluble and water swellable fraction of gum tragacanth on stability and characteristic of model oil in water emulsion. *Food Hyd.* 2014;37:124-33.
- [20] Blake SM, Deeble DJ, Phillips GO, Du Plessey A. The effect of sterilizing doses of  $\gamma$ -irradiation on the molecular weight and emulsification properties of gum arabic. *Food Hydrocolloids*. 1988;2(5):407-15.
- [21] Katayama T, Nakauma M, Todoriki S, Phillips GO, Tada M. Radiation-induced polymerization of gum arabic (*Acacia senegal*) in aqueous solution. *Food Hydrocolloids*. 2006;20(7):983-9.
- [22] Gorji SG, Gorji EG, Mohammadifar MA. Characterisation of gum tragacanth (*Astragalus gossypinus*)/sodium caseinate complex coacervation as a function of pH in an aqueous medium. *Food Hydrocolloids*. (0).
- [23] Nussinovitch A, editor. *Hydrocolloid Applications: Gum Technology in the Food and Other Industries: BLACKIE ACADEMIC & PROFESSIONAL* an imprint of champan and hall; 1997.
- [24] Al-Assaf S, Phillips GO, Williams PA. Controlling the molecular structure of food hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*. 2006;20(2-3):369-77.
- [25] Balaghi S, Mohammadifar M, Zargaraan A. Physicochemical and Rheological Characterization of Gum Tragacanth Exudates from Six Species of Iranian *Astragalus*. *Food Biophysics*. 2010 2010/03/01;5(1):59-71.
- [26] Mezger TG. *The rheology hand book: for users of rotational and oscillatory rheometers*. 2nd, editor2006.
- [27] Sierakowski MR, Reicher F, Feitosa JPA. Dynamic rheological study of *Sterculia striata* and karaya polysaccharides in aqueous solution. *Food Hydrocol.* 2005;19(5):7-.
- [28] Chamberlain EK, Rao MA. Effect of concentration on rheological properties of acid-hydrolyzed amylopectin solutions. *Food hydrocolloids*. 2000;14(2):163-71.
- [6] McClements DJ. *Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques*,. second, editor. washington: CRC Press; 2005.
- [7] Dickinson E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*. 2009;23(6):1473-82.
- [8] Everett DW, McLeod RE. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International dairy journal / published in association with the International Dairy Federation*. 2005;15(11):1175-83.
- [9] Balaghi S, Mohammadifar MA, Zargaraan A, Gavlighi HA, Mohammadi M. Compositional analysis and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian *Astragalus*. *Food Hydrocolloids*. 2011;25(7):1775-84.
- [10] Anderson DMW, Grant DAD. The chemical characterization of some *Astragalus* gum exudates. *Food Hydrocolloids*. 1988;2(5):417-23.
- [11] McClements DJ, Decker EA. Lipid Oxidation in Oil-in-Water Emulsions: Impact of Molecular Environment on Chemical Reactions in Heterogeneous Food Systems. *Journal of Food Science*. 2000;65(8):1270-82.
- [12] Nejatian M, Hatami M, Mohammadifar MA. Effect of gum tragacanth exuded by three Iranian *Astragalus* on mixed milk protein system during acid gelation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013;53(0):168-76.
- [13] Alijani S, Balaghi S, Mohammadifar MA. Effect of irradiation on rheological properties of Gum tragacanth exudates from three species of Iranian *Astragalus*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2011;49:471-9.
- [14] Doellstaedt R, Huebner G. *Food irradiation: Activities and potentialities. Radiation Physics and Chemistry* (1977). 1985;26(5):607-12.
- [15] Farag Zaied S, Mohamed Youssef B, Desouky O, Salah El Dien M. Decontamination of gum arabic with  $\gamma$ -rays or electron beams and effects of these treatments on the material. *Applied Radiation and Isotopes*. 2007;65(1):26-31.
- [16] Alijani S, Balaghi S, Mohammadifar MA. Effect of gamma irradiation on rheological properties of polysaccharides exuded by *A. flucosus* and *A. gossypinus*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2011;49(4):471-9.
- [17] Niederquell A, Kuentz M. Proposal of stability categories for nano-dispersions

## Effect of irradiated gum tragacanth on the stability of oil in water emulsion

Mollakhalili meybodi, N.<sup>1,2 \*</sup>, Mohammadifar, M. A.<sup>3</sup>, Abdolmaleki, Kh.<sup>1</sup>

1. Ph.D student in Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition, Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Research Center for Molecular Identification of Food Hazards, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

3. Associate prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition & Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

(Received: 93/4/23 Accepted: 93/8/7)

Previous studies have shown that *Astragalus Gossypinus* species of gum tragacanth are able to stabilize oil in water emulsion. Today, irradiation is used to disinfect many polymers. Results have shown that irradiation treatment has a significant effect on molecular weight and functional properties of Gums, especially Gum tragacanth. The aim of this study is to investigate the effect of irradiated Gum tragacanth at doses 0, 1/5, 3, 5 kGy on the emulsion stability index of oil in water emulsion which contain 0.5% w/w gum tragacanth and 10% w/w sun flower oil was studied by measuring creaming index. In order to monitor the mechanism of stabilization, rheological properties and particle size distributing parameters were measured.

Rheological properties were measured by using rheometer and particle size distribution was determined using laser diffractometry. All treatments were performed three times and the data were analyzed by one way ANOVA. Significant differences between means were identified (P values < 0.05) using Duncan test.

Results indicated that rheological properties, particle size distributing and the stability of oil in water emulsion has been affected by irradiation. These changes are dependent on irradiation dose. Results show that irradiation treatment at 1.5 kGy created the most stable system by changing the studied parameters.

**Key words:** Oil in water emulsion, Gum tragacanth, Irradiation

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: mohamdif@ut.ac.ir