



اثر پرتودهی بر ویژگی‌های عملکردی صمغ کتیرا

نویسندگان: ندا ملاخلیلی میبدی^۱، محمدامین محمدی^۲

۱. دانشجوی دکترای علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران
 ۲. نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
 تلفن تماس: ۰۹۱۲۵۶۹۷۶۶۵ Email: mohamdif@ut.ac.ir

چکیده

مقدمه: پرتودهی، یک تیمار فیزیکی است که طی آن به منظور بهبود ایمنی و کیفیت، محصول را در معرض پرتوهای یونیزان نظیر پرتوهای گاما و ایکس قرار می‌دهند. هیدروکلونیدها، ترکیباتی هستند که به منظور بهبود ویژگی‌های بافتی در صنایع غذایی اهمیت زیادی دارند. عملکرد هیدروکلونیدها به ویژگی‌هایی ساختاری این ترکیبات بستگی دارد. قرارگیری در معرض پرتو، ممکن است ویژگی‌های ساختاری و عملکردی ترکیبات در معرض را دچار تغییراتی کند. با توجه به اهمیت پرتودهی برای سالم سازی هیدروکلونیدها در کاربردهای غذایی هدف از این مطالعه بررسی اثر پرتودهی در دوزهای مختلف بر ویژگی‌های عملکردی صمغ کتیرا در کاربردهای غذایی است.

روش بررسی: اثر پرتودهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی، پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات، پتانسیل زتا و کشش سطحی پراکنش ۰/۵٪ وزنی- وزنی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف (صفر، ۰/۷۵، ۳، ۵ کیلوگری) بررسی شد. به منظور بررسی اثر پرتودهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی از رئومتر استفاده شد. اثر پرتودهی بر توزیع اندازه ذرات، پتانسیل زتا و کشش سطحی پراکنش به ترتیب با استفاده از پارتیکل سائزر، زتا سائزر و تسیومتر تعیین شد. کلیه آزمون‌ها در سه بار تکرار انجام شد. جهت بررسی تأثیر هر یک از فاکتورها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

یافته‌ها: پرتودهی، ویژگی‌های رئولوژیکی و اندازه ذرات پراکنش محتوی صمغ کتیرا را تغییر می‌دهد، پتانسیل زتا تحت تأثیر پرتودهی در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری افزایش اما ادامه پرتودهی در دوزهای بالاتر منجر به کاهش آن می‌شود. کشش سطحی پراکنش تحت تأثیر پرتودهی تغییر نمی‌کند. نتایج حاصل از پارامترهای مورد مطالعه نشان داد، پرتودهی با تغییر ساختار بر عملکرد آن اثر می‌گذارد. میزان این تغییرات به دوز پرتودهی بستگی دارد.

نتیجه‌گیری: پرتودهی صمغ کتیرا، با تأثیر بر ساختار در مواردی ممکن است منجر به بهبود عملکرد شود.

واژه‌های کلیدی: پرتودهی، صمغ کتیرا، ویژگی‌های عملکردی

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال پانزدهم

شماره: ششم

بهار و اسفند ۱۳۹۵

شماره مسلسل: ۶۰

تاریخ وصول: ۱۳۹۳/۲/۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۵

مقاله پژوهشی



مقدمه

استفاده می شود (۷). در حال حاضر این تکنولوژی در مقیاس تجاری در بسیاری از کشورها از جمله کشورهای اروپایی و آسیایی استفاده می شود.

با توجه به مقبولیت روز افزون پرتو دهی به عنوان یک تکنولوژی با حداقل فراوری (۷)، امروزه این تیمار برای افزودنی های غذایی کاربرد زیادی پیدا کرده است.

افزودنی های غذایی، ترکیباتی شیمیایی هستند که در فرمولاسیون های غذایی با اهداف مختلف نظیر: افزایش طعم، رنگ، طول عمر نگهداری، حفظ و یا تغییر ویژگی های رئولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرند. از این میان، هیدروکلوئیدها به واسطه جذب شدید آب و در نتیجه تغییر ویژگی های رئولوژیکی و بافتی عمده ترین کاربرد را در محصولات نظیر بستنی ها، سس ها، سوپ ها، نوشیدنی ها و محصولات قنادی دارند (۸).

هیدروکلوئیدها گروهی از پروتئین ها و یا پلی ساکارید ها بوده که می تواند منشأ گیاهی حیوانی و یا میکروبی داشته باشند. صمغ کتیرا، از مهمترین تراوه های صمغی گیاهی متعلق به خانواده Leguminosae (که مهم ترین منطقه تولید آن در ایران است) با HLB معادل ۱۱/۹ یکی از هیدروکلوئیدهای با کیفیت، با کاربرد گسترده در صنایع غذایی است. کتیرا از دو جزء اصلی تشکیل شده است: جزء محلول در آب (تراگاکانتین) و جزء کم محلول در آب (باسورین). ترکیب باسورین و تراگاکانتین، به ویژه در مورد مقدار ارونیک اسید و متوکسیل آنها متفاوت است. البته نسبت جزء محلول به نامحلول نیز در گونه های مختلف متفاوت است (۹، ۱۰). این صمغ به عنوان یک صمغ آنیونی مقاوم به اسید و حرارت در سال ۱۹۶۱ با میزان استفاده

به طور معمول اکثر مواد غذایی به کمک حرارت و با قرار گرفتن در دامنه حرارتی ۱۰۰-۶۰ درجه سانتیگراد به مدت چند ثانیه تا چند دقیقه سالم سازی می شوند. طی فرآیند حرارتی، مقدار زیادی انرژی به ماده غذایی منتقل می شود که ممکن است منجر به ایجاد واکنش های ناخواسته و تغییرات نامطلوب در آن گردد. با توجه به اینکه علاوه بر عمر ماندگاری کیفیت غذا نیز از نظر مصرف کننده اهمیت دارد، امروزه روش های غیرحرارتی نگهداری مواد غذایی گسترش زیادی یافته اند (۱). روش های غیر حرارتی که امروزه در زمینه سالم سازی غذاها استفاده می شوند عبارتند از: فشار هیدرواستاتیک بالا (۲)، میدان های الکتریکی پالسی (۳)، پالس های نوری (۴)، پرتو دهی، مواد شیمیایی، مواد بیوشیمیایی.

پرتو دهی مواد غذایی نوعی فرآیند سرد برای افزایش ماندگاری غذا محسوب می شود که طی سال های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این روش ضمن اینکه ترکیبات سمی و یا رادیواکتیو در ماده غذایی ایجاد نمی کند، نتایج سودمندی نیز به همراه دارد که از جمله آنها می توان به افزایش زمان نگهداری محصولات ریشه ای، ضد عفونی کردن ادویه ها، میوه ها و غلات، کاهش میکروارگانیسم های عامل فساد، تأخیر در رسیدن میوه ها، بهبود خصوصیات حسی مواد غذایی و تخریب یا کاهش میکروارگانیسم های بیماری زای غیر قابل اجتناب به ویژه عوامل آلوده کننده مواد غذایی خام با منشأ گیاهی اشاره نمود (۵). در سال ۱۹۶۰ کمیته های FAO/WHO/IAEA پرتو دهی تامیزان دوز ۱۰ کیلوگری را برای محصولات غذایی مجاز دانستند (۶)، هرچند که در مورد برخی محصولات تا ۷۵ کیلوگری نیز



توصیف‌کننده اندازه ذرات، پتانسیل زتا و کشش سطحی پراکنش محتوی ۰/۵٪ وزنی- وزنی صمغ کتیراست.

روش بررسی

صمغ کتیرا به صورت نواری (مفتولی)، تراویده از گون گونه آستراگالوس گوسیپینوس به کمک کارشناسان اداره کل منابع طبیعی از استان اصفهان جمع آوری شد. مواد شیمیایی دیگر (سدیم آزید) از شرکت مرک (Merk, Germany) خریداری شد. صمغ کتیرای پودر شده با ابعاد ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکرون، پرتو دهی شد. عمل پرتو دهی با ^{60}Co توسط دستگاه گاما سل ۲۲۰ با میزان دوز $3/41 \text{ Gy/sec}$ و اکتیویته 13922 Ci انجام شد.

پرتو دهی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در دوزهای ۰، ۰/۷۵، ۳، ۵ کیلوگری انجام شد. پراکنش‌های صمغ کتیرا با حل نمودن ۰/۵٪ وزنی- وزنی از پودر صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف در ۹۹/۵ 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 آبگیری کامل، به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچالی نگه داری شدند.

پایش پارامترهای توصیف‌کننده اندازه ذرات موجود در سامانه، بر اساس تکنیک تفرق نور لیزر، با استفاده از دستگاه آنالیزگر اندازه ذرات (فرانسه، Cilac Particle Size Analyser (۱۰۹۰)، مجهز به نور لیزر هلیوم- نئون (طول موج ۶۳۵ نانومتر) انجام شد. به منظور ممانعت از تفرق چندگانه نمونه‌ها به نسبت ۱:۱۰۰ با آب دیونیزه رقیق شدند ($8-5 = \text{obscuration}$). نتایج حاصل توسط نرم‌افزار دستگاه پارتیکل سائزر و بر اساس

۰/۲-۱/۳٪ در لیست GRAS قرار گرفت. کمیته کارشناسی مشترک FAO/WHO در زمینه افزودنی‌های مواد غذایی (JECFA)، این صمغ را تحت عنوان ADI not specified (بالاترین رده ارزیابی امنیت غذایی) طبقه‌بندی نمود. کتیرا دارای شماره E۶۱۳ در لیست پذیرفته شده توسط اداره ایمنی مواد غذایی اروپا (EFSA) است. این صمغ یک پلیمر کربوهیدراتی هیدروفیل هتروژن شدیداً شاخه‌دار است که در صنایع غذایی به عنوان قوام‌دهنده، عامل ژلساز، جایگزین چربی استفاده می‌شود (۱۱)، ضمن اینکه توانایی کاهش‌دهندگی کشش سطحی و بین سطحی و در نتیجه توانایی پایدارسازی امولسیون‌های روغن در آب را نیز دارد (۱۲).

آماده‌سازی هیدروکلوئیدهای با منشأ گیاهی ممکن است منجر به آلودگی آن گردد. از این رو، پرتو دهی می‌تواند راه حل مناسبی برای این آلودگی‌زدایی باشد (۱۳). قرارگیری هیدروکلوئیدها در معرض پرتو می‌تواند ویژگی‌های ساختاری و در نتیجه ویژگی‌های عملکردی مطلوب آنها را دست خوش تغییر قرار دهد.

باتوجه به خصوصیات منحصر به فرد بومی بودن صمغ کتیرای ایران که از لحاظ اقتصادی به صرفه و حائز اهمیت است و با توجه به روند رو به رشد انجام تحقیقات برای کاربرد هرچه بیشتر گونه‌های مختلف آن به عنوان افزودنی در صنایع مختلف و معرفی توانایی این صمغ در مقایسه با سایر هیدروکلوئیدها و لزوم ایمن بودن آن در کاربردهای غذایی هدف از پژوهش تجربی حاضر، بررسی اثر پرتو دهی در دوزهای معین صفر، ۰/۷۵، ۳، ۵ کیلوگری بر ویژگی‌های رئولوژیکی، پارامترهای



$\dot{\gamma}$: سرعت برشی (S^{-1})

n : اندیس رفتار جریان (بدون واحد)

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

آزمون روبش فرکانس در محدوده (۵۰Hz-۰/۰۵)، در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به منظور تعیین ویژگی های رئولوژیک دینامیک نظیر الاستیک و ویسکوز انجام شد. داده های حاصل از آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، تجزیه و تحلیل شد. جهت بررسی تاثیر 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 (مدل ۲۰۰۷، Microsoft، آمریکا) 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.

مدل فرانوفر در قالب شاخص های $D_{0.1}$ ، $D_{0.9}$ ، $D_{(4,3)}$ ، $D_{0.1}$ گزارش شده است. $D_{0.1}$ ، $D_{0.9}$ ، $D_{0.1}$ به ترتیب نمایانگر ۹۰٪، ۵۰٪، ۱۰٪ ذرات موجود دارای قطری کمتر از مقدار داده شده هستند. $D_{(4,3)}$ میانگین مبتنی بر حجم ذرات است.

$$(1) D[\xi, \zeta] = \frac{\sum n_i d_i^\xi}{\sum n_i d_i^\zeta}$$

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.

$$(2) \text{Span} = \frac{D_{0.9} - D_{0.1}}{D_{0.5}}$$

کلیه آزمون ها با استفاده از دستگاه رئومتر چرخشی Physica MCR ۳۰۱ (اتریش، Anton Paar) مجهز به سامانه تنظیم دمای Peltier Plate و سیرکولاتور آب با حساسیت ± 0.1 با به کار گیری ژئومتری استوانه هم محور (CC۲۷) 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.

ویسکوزیته نمونه ها در محدوده سرعت برشی $1000-0.05 S^{-1}$ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. سپس مدل پاورلا بر داده های تجربی به دست آمده در محدوده سرعت برش های میانی برازش و مقادیر اندیس رفتار جریان (n) و ضریب قوام (m) تعیین شد.

$$(3) \mu_a = m \dot{\gamma}^{n-1} \mu_a \quad (\text{Pa.s})$$

m : ضریب قوام (Pa.s^n)



را به میزان بیشتری کاهش می‌دهد، اما تأثیر معنی‌داری بر پلی دیسپرسیتهی سامانه ندارد. حضور صمغ کتیرای پرتودیده در میزان دوز ۵ کیلوگری پلی دیسپرسیتهی پراکنش را افزایش می‌دهد. این مقدار در مقایسه با پراکنش‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده نیز بیشتر است.

ویژگی‌های رئولوژیکی: آزمون تعیین رفتار جریان (تعیین ویسکوزیته تابع سرعت برشی): تغییرات ویسکوزیته ظاهری پراکنش‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف با سرعت برشی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در نمودار ۱ نشان داده شده است.

نتایج حاکی از آن است که رفتار جریانی همه نمونه‌ها سودوپلاستیک است، به عبارت دیگر با افزایش سرعت برشی ویسکوزیته ظاهری همه نمونه‌ها کاهش می‌یابد. مقایسه رفتار جریانی سامانه‌ها نشان می‌دهد، پرتودهی صمغ کتیرا در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری، مقدار ویسکوزیته را در تمام محدوده سرعت برشی افزایش می‌دهد. ادامه پرتودهی در دوزهای بالاتر این میزان را کاهش می‌دهد.

کلیه ملاحظات اخلاقی مربوط به این مقاله طبق بیانیه هلسینکی رعایت گردیده است.

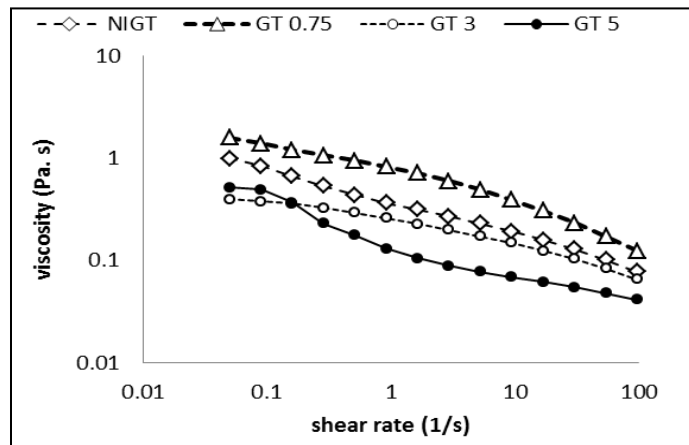
یافته‌ها

توزیع اندازه ذرات: پارامترهای توصیف کننده توزیع اندازه ذرات پراکنش‌های محتوی ۰/۵٪ وزنی- وزنی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر $D(۴,۳)$ ، $D_{۰/۹}$ ، $D_{۰/۵}$ ، $D_{۰/۱}$ از توزیع مبتنی بر حجم بدست آمد. پرتودهی در تمام دوزها منجر به کاهش معنی‌داری در این مقادیر می‌شود. البته پرتودهی در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری $D_{۰/۱}$ را تا حدودی افزایش می‌دهد. به منظور تعیین تأثیر پرتودهی بر میزان پراکنندگی اندازه ذرات بزرگ، مقدار span مطابق با رابطه (۲) برای توزیع مبتنی بر حجم محاسبه و در جدول ۱ گزارش شد. مطالعه اثر پرتودهی بر پلی دیسپرسیتهی سامانه (span)، حاکی از آن است که پرتودهی تا میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری، پلی دیسپرسیتهی سامانه محتوی آن را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). ادامه پرتودهی در میزان دوز ۳ کیلوگری، اگرچه پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات

جدول ۱: پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات در دیسپرسیون ۰/۵٪ کتیرای پرتودیده در دوزهای مختلف

Span	پارامترها				دوز پرتودهی (کیلوگری)
	$D(۴,۳)$	$D_{۰/۹}$	$D_{۰/۵}$	$D_{۰/۱}$	
^c ۱/۶۲	^a ۲۷۰	^a ۴۹۶	^a ۲۶۷	^c ۶۳	۰
^d ۱/۳	^b ۲۶۴	^b ۴۳۹	^b ۲۵۱/۳	^a ۱۰۴/۳۸	۰/۷۵
^b ۱/۳۷	^c ۲۱۸/۰۱	^c ۳۹۲/۱۲	^c ۲۳۱/۱۷	^b ۷۴/۰۲	۳
^a ۱/۹۷	^d ۱۷۵/۷۷	^d ۳۳۴/۲۲	^d ۱۳۹/۲۶	^d ۵۹/۵	۵

حروف یکسان نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.



نمودار ۱: اثر پرتو دهی بر ویسکوزیته ظاهری دیسپرسیون ۰/۵٪ کتیرا در نرخ برش های گوناگون

به مایع ویسکوالاستیک می شود. شایان ذکر است در پراکنش های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوز ۳ کیلوگری مقادیر الاستیک و ویسکوز برابر می شود.

آزمون روبش فرکانس: داده های مربوط به آزمون روبش فرکانس برای سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف در نمودار ۳ نشان داده شده است.

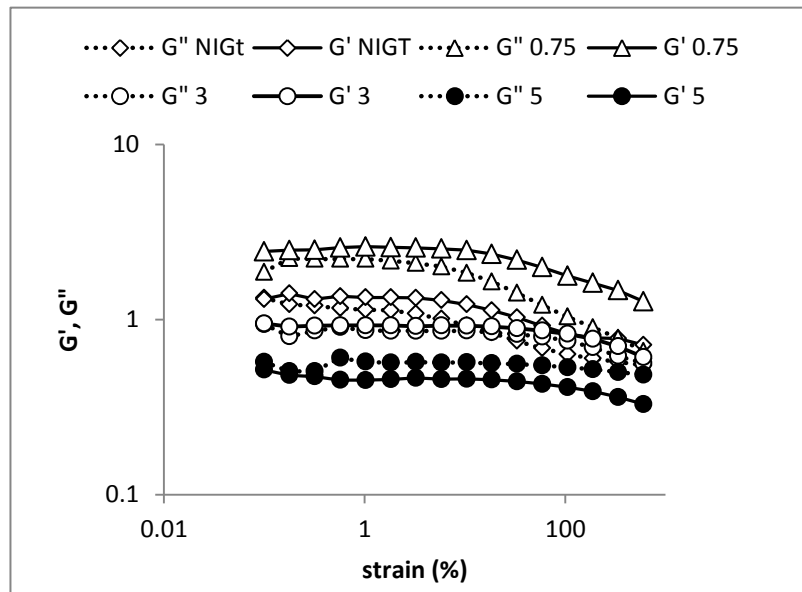
در همه نمونه ها با افزایش فرکانس هر دو مدول افت و ذخیره به مقادیر بالاتر منتقل می شود. اگرچه پرتو دهی صمغ کتیرا در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری هر دو مدول افت و ذخیره پراکنش را افزایش می دهد ولی با افزایش دوز پرتو دهی این مقادیر در هر فرکانس کاهش می یابد.

در سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده، در فرکانس های پایین تر از $\omega_c = 1/58$ Hz رفتار ویسکوز بر رفتار الاستیک غالب است، اما در بازه زمانی کوتاهتر آزمون (فرکانس های بالاتر) رفتار الاستیک غالب می شود. مقدار ω_c (فرکانس نقطه تلاقی) با افزایش دوز پرتو دهی به مقادیر کمتر منتقل می شود.

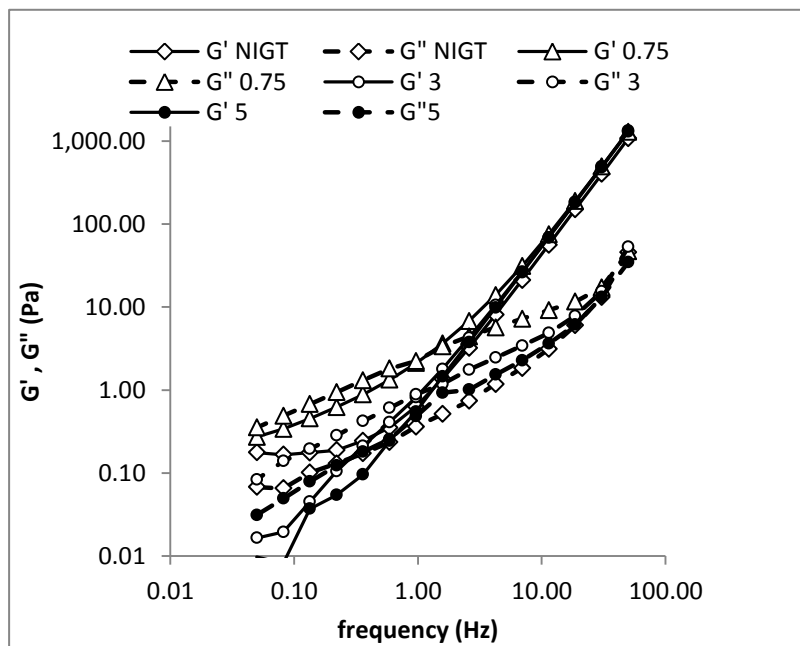
آزمون روبش کرنش: آزمون روبش کرنش عموماً به منظور تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی جهت استفاده در آزمون روبش فرکانس انجام می شود. محدوده ویسکوالاستیک خطی، محدوده ای است که در آن مقادیر مدول های افت و ذخیره مستقل از کرنش بوده و رفتار سامانه، ویسکوالاستیک برگشت پذیر است (۹).

محدوده ویسکوالاستیک خطی برای نمونه های تهیه شده در حضور صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف در نمودار ۲ نشان داده شده است. ملاحظه می شود سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری بالاترین مقادیر مدول های دینامیک را داراست. با ادامه پرتو دهی در دوزهای بالاتر این مقادیر کاهش می یابد.

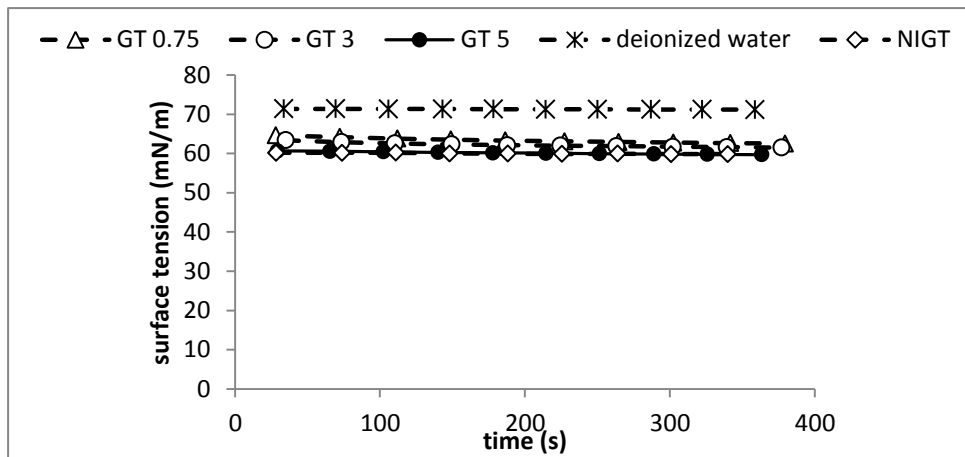
همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود در سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده و پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز غالب است، اما پرتو دهی در دوزهای ۳ و ۵ کیلوگری منجر به غالب شدن مؤلفه ویسکوز بر مؤلفه الاستیک و در واقع تبدیل رفتار سامانه از جامد ویسکوالاستیک



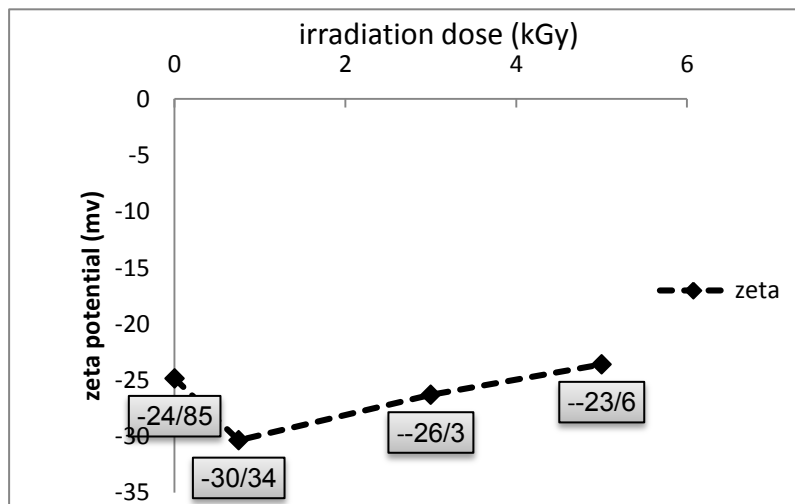
نمودار ۲: آزمون روبش کرنش دیسپرسیون ۰/۵٪ محتوی صمغ کتیرای پرتودیده در دوزهای مختلف



نمودار ۳: آزمون روبش فرکانس دیسپرسیون ۰/۵٪ وزنی - وزنی محتوی صمغ کتیرای پرتودیده در دوزهای مختلف



نمودار ۴: اثر پرتودهی صمغ کتیرا بر توانایی آن در کاهش کشش سطحی



نمودار ۵: اثر پرتودهی صمغ کتیرا در دوزهای مختلف بر میزان پتانسیل زتای ایجاد شده در سیستم

۶۳ m کاهش می‌دهد، پرتودهی صمغ کتیرا در دوزهای مختلف تأثیری بر این توانایی ندارد.

آزمون اندازه‌گیری پتانسیل زتا: صمغ کتیرا یک صمغ آنیونی است. از این رو می‌تواند با ایجاد برهم‌کنش‌های دافعه‌ای، پتانسیل زتای منفی در پراکنش ایجاد کند. داده‌های مربوط به اثر پرتودهی بر پتانسیل زتای پراکنش محتوی صمغ کتیرا در نمودار ۵ نشان داده شده است. پرتودهی صمغ کتیرا تا میزان دوز ۰/۷۵

آزمون اندازه‌گیری کشش سطحی: با توجه به فعالیت سطحی صمغ کتیرا و توانایی ترکیبات فعال سطحی در کاهش کشش سطحی، اندازه‌گیری کشش سطحی راه حلی جهت تعیین کارایی یک امولسیفایر محسوب می‌شود (۱۴). نمودار ۴ داده‌های مربوط به اثر پرتودهی بر توانایی صمغ کتیرا در کاهش کشش سطحی را نشان می‌دهد. افزودن ۰/۵٪ وزنی-وزنی صمغ کتیرا پرتوندیده کشش سطحی آب دیونیزه را از ۷۲ mN/m به ۶۰ mN/m



خطی از پلیمرهای شاخه دار (۱۹) به نظر می‌رسد پرتودهی صمغ کتیرا در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری به گونه ای ساختار آن را تغییر می‌دهد که شاخه‌های جانبی تا حدودی جدا شده و امکان بر هم کنش زنجیره اصلی فراهم می‌گردد و بدین ترتیب در سامانه ساختار ایجاد می‌شود (۷). ادامه پرتودهی در دوزهای بالاتر با شکستن ساختار به قطعات کوچکتر منجر به تضعیف ساختار سامانه می‌شود (۵،۲۰).

ضریب اطمینان بالای گزارش شده از برازش مدل پاورلا بر داده‌های تجربی بیانگر تطبیق صحیح این مدل بر داده هاست. پراکنش‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری بیانگر ضریب قوام بالاتر سامانه و در نتیجه ایجاد ساختار در سامانه است.

ادامه پرتودهی در دوزهای بالاتر، ضریب قوام را به طور معنی‌دار کاهش داده که ناشی از تأثیر دوزهای بالای پرتودهی در خرد کردن ساختار صمغ و در پی آن شکستن ساختار است (۲۱،۲۲).

کاهش مقادیر گزارش شده برای اندیس جریان با افزایش دوز پرتودهی بیانگر حساسیت کمتر سامانه‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای بالا به سرعت برش است.

اثر پرتودهی بر آزمون روبش کرنش: نمودار وابستگی مدول‌های افت و ذخیره به کرنش برای سامانه‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای مختلف دو ناحیه معین را نشان می‌دهد. محدوده ویسکوالاستیک خطی که در آن مقادیر الاستیک و ویسکوز مستقل از کرنش است و محدوده ویسکوالاستیک غیرخطی که در آن مقادیر الاستیک و ویسکوز با افزایش کرنش شروع به کاهش می‌نماید.

کیلوگری پتانسیل زتا را اندکی منفی‌تر می‌کند و از مقدار ۲۴/۸۵- میلی ولت در سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده به مقدار ۳۰/۳۴- میلی ولت می‌رساند. ادامه پرتودهی در دوزهای بالاتر، بار منفی سامانه را تا حدودی کاهش می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

اثر پرتودهی بر پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات: سامانه‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده به علت حضور دو جزء تراگاکانتین و باسورین با شعاع‌های هیدرودینامیک به ترتیب ۰/۱۲ و ۳۰۲ میکرومتر سامانه هایی پلی دیسپرس هستند (۹). داده‌های حاصل از اثر پرتودهی در دوزهای مختلف بر توزیع اندازه ذرات پراکنش ۰/۵٪ وزنی- وزنی صمغ کتیرا حاکی از تأثیر معنی دار پرتودهی بر توزیع اندازه ذرات است. پرتودهی به علت تخریب ساختار صمغ، توزیع اندازه ذرات را کاهش می‌دهد. افزایش دوز پرتودهی تا ۰/۷۵ کیلوگری پلی دیسپرسیته سامانه را کاهش می‌دهد. پرتودهی در دوزهای بالاتر علاوه بر تخریب بیشتر ذرات و کاهش بیشتر پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات پلی دیسپرسیته سامانه را نیز افزایش می‌دهد، که احتمالاً ناشی از پیدایش تعداد بیشتری ذرات با اندازه کوچکتر در اثر پرتودهی در دوزهای بالاتر باشد (۱۵).

اثر پرتودهی بر تعیین رفتار جریان: کاهش ویسکوزیته پراکنش‌های محتوی صمغ کتیرا در اثر افزایش سرعت برشی و به عبارت دیگر رفتار سودوپلاستیک آن ناشی از جهت یابی پلی‌ساکارید در نتیجه اعمال نیروی برشی است (۱۷، ۱۶). پرتودهی صمغ کتیرا در ۰/۷۵ کیلوگری ویسکوزیته سامانه را افزایش می‌دهد. با در نظر گرفتن دو پارامتر: ساختار هتروژن و شاخه دار صمغ کتیرا (۱۸) و بالاتر بودن ویسکوزیته پلیمرهای



مختلف مدول های افت و ذخیره در فرکانس های میانه همدیگر را قطع نموده و رفتار سامانه را در جهت غالب نمودن رفتار الاستیک تغییر می دهند (۲۵). این رفتار هم چنین در پراکنش های محتوی صمغ کتیراگونه آستراگالوس فلوکوسوس (۹)، پلی ساکارید *sterculia striata* داستیله شده (۲۶) و مشتقات سولفو استات سلولز نیز مشاهده شده است. در پراکنش های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری، قدرت ساختار در نتیجه اثر پرتو دهی در این دوز بر ساختار صمغ و خرد کردن آن و در نتیجه سهولت آبیگری آن افزایش می یابد. از بررسی اثر پرتو دهی بر پارامترهای توصیف کننده اندازه ذرات مشخص می شود، پراکنش های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری از کمترین پلی دیسپرسیتی نیز برخوردار است. تعیین ضریب هم بستگی پیرسون نشان می دهد، همبستگی معنی داری بین قدرت ساختار صمغ و پلی دیسپرسیتی سیستم وجود دارد (ضریب هم بستگی اسپیرمن ۰/۸۵۶- و $p=0/05$). از این رو پرتو دهی در دوزهای بالاتر مقادیر مؤلفه های مذکور را در تمام محدوده فرکانس کاهش داده، ضمن اینکه منجر به افزایش حساسیت به فرکانس می شود، در این شبکه ها پرتو دهی در دوزهای بالاتر نقطه تلاقی را به فرکانس های پایین تر منتقل می کند. احتمالاً، پرتو دهی صمغ کتیرا با شکستن بخش باسورین به ذرات ریزتر، منجر به تضعیف قدرت ساختاری شده، از این رو در زمان های طولانی فرآیند، رفتار سامانه توسط بخش تراگاکانتین کنترل می شود (۷). ریز شدن ذرات در اثر پرتو دهی منجر به افزایش حساسیت ساختار به فرکانس می شود.

اثر پرتو دهی بر پتانسیل زتا: پتانسیل زتا یکی از فاکتورهای تعیین کننده نقش هیدروکلوئیدها در سامانه های غذایی است.

سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری بالاترین مقادیر مدول های افت و ذخیره و در نتیجه قوی ترین ساختار را در این ناحیه دارد ضمن اینکه در تمام محدوده کرنش رفتار الاستیک غالب است، به عبارت دیگر این صمغ در سامانه ایجاد ژل ضعیف می کند که پایداری خود را در تمام محدوده کرنش حفظ می کند (۷). احتمالاً پرتو دهی صمغ کتیرا در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری به گونه ای بر ساختار اثر گذاشته که امکان آبیگری راحت تر صمغ را میسر ساخته و در نتیجه منجر به ایجاد ساختاری با قدرت بیشتر شده است (۲۳). کرنش متناظر با انتهای ناحیه خطی در سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در ۰/۷۵ کیلوگری در مقایسه با سامانه محتوی صمغ کتیرای پرتو ندیده تغییری نمی کند، اما در سامانه های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای بالاتر این مقدار افزایش می دهد. مطالعات قبلی محدوده ویسکوالاستیک خطی را متناظر با نسبت جزء محلول به نامحلول دانسته اند، به گونه ای که با افزایش این نسبت طول محدوده ویسکوالاستیک خطی نیز افزایش می یابد (۹).

اثر پرتو دهی بر آزمون روبش فرکانس: آزمون روبش فرکانس در محدوده ویسکوالاستیک خطی که رفتار ویسکوالاستیک مواد برگشت پذیر است، انجام می شود (۲۴). صمغ کتیرای پرتو ندیده با ساختاری متشکل از دو بخش تراگاکانتین (جزء محلول و با وزن ملکولی کم)، و باسورین (جزء کم محلول و با وزن ملکولی بالا) سبب ایجاد شبکه دائمی در پراکنش شده و بدین ترتیب در سامانه رفتار الاستیک ایجاد می کند (۹). به عبارت دیگر امکان لغزش کمتر مولکول های بلند باسورین از بروز ویژگی های ویسکوز در سامانه جلوگیری می کند. در پراکنش های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در دوزهای



فعال سطحی به واسطه توانایی آن در کاهش کشش سطحی تعیین می‌شود. مطالعات قبلی توانایی صمغ کتیرا در کاهش کشش سطحی را با میزان گالاکتوز موجود در ساختار متناسب دانسته‌اند، به گونه‌ای که گونه‌های با میزان گالاکتوز کمتر توانایی کمتری در کاهش کشش سطحی دارند (۲۸). اگرچه حضور صمغ کتیرای پرتو ندیده در پراکنش، کشش سطحی را کاهش می‌دهد اما پرتو دهی تأثیر معنی‌داری بر این کاهش ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله، برگرفته از طرح پژوهشی، با عنوان "اثر پرتو دهی صمغ کتیرا بر ویژگی‌های عملکردی" بوده و نگارندگان از پشتیبانی مالی و اجرایی کمیته پژوهشی دانشجویی و همه عزیزانی که در انجام این پروژه مشارکت داشته‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

هیدروکلوئیدهایی که منجر به دفعه الکتروستاتیکی بالا در سامانه شوند سامانه پایداری ایجاد می‌کنند به گونه‌ای که، اگر هیدروکلوئیدی بتواند بار سطحی معادل ۳۰- میلی‌ولت یا کمتر و یا ۳۰+ میلی‌ولت یا بالاتر ایجاد کند سامانه پایداری را ایجاد می‌کند (۲۷). پرتو دهی صمغ کتیرا در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری سامانه‌ای با پتانسل زتای منفی تر ایجاد می‌کند. نتایج حاصل از تأثیر پرتو دهی، بالاترین قدرت ساختار و هم چنین ضریب قوام را برای پراکنش‌های محتوی صمغ کتیرای پرتو دیده در این دوز گزارش کرده‌اند. به نظر می‌رسد پرتو دهی در میزان دوز ۰/۷۵ کیلوگری علاوه بر خرد کردن ذرات موجود در سامانه، منجر به باز شدن ساختار موجود و افزایش بار منفی سطحی و هم چنین آبگیری راحت‌تر و در نتیجه توانایی ایجاد ساختار در پراکنش شده است.

اثر پرتو دهی بر توانایی کاهش کشش سطحی: توانایی ترکیبات

References

- ۱- Berk Z. Ionizing Irradiation and Other Non-thermal Preservation Processes. Food Process Engineering and Technology. San Diego: Academic Press; ۲۰۰۹. ۵۳۳-۴۴.
- ۲- Varela-Santos E, Ochoa-Martinez A, Tabilo-Munizaga G, Reyes JE, Pérez-Won M, Briones-Labarca V, et al. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf-life of pomegranate juice. *Innov Food Sci Emerg* ۲۰۱۲; ۱۳: ۱۳-۲۲.
- ۳- Walkling-Ribeiro M, Noci F, Cronin DA, Lyng JG, Morgan DJ. Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. *LWT - Food Sci Technol* ۲۰۱۰; ۴۳(۷): ۱۰۶۷-۷۳.



- ۴- Hierro E, Barroso E, la Hoz Ld, Ordóñez JA, Manzano S, Fernández M. Efficacy of pulsed light for shelf-life extension and inactivation of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat cooked meat products. *Innov Food Sci Emerging Technol* ۲۰۱۱; ۱۲(۳): ۲۷۵-۸۱.
- ۵- Aliste AJ, Vieira FF, Del Mastro NL. Radiation effects on agar, alginates and carrageenan to be used as food additives. *Radiat. Phys. Chem* ۲۰۰۰; ۵۷(۳-۶): ۳۰۵-۸.
- ۶- Doellstaedt R, Huebner G. Food irradiation: Activities and potentialities. *Radiat. Phys. Chem* ۱۹۸۵; ۲۶(۵): ۶۰۷-۱۲.
- ۷- Alijani S, Balaghi S, Mohammadifar MA. Effect of gamma irradiation on rheological properties of polysaccharides exuded by *A. flucosus* and *A. gossypinus*. *Int J Biol Macromol* ۲۰۱۱; ۱۳(۴): ۲۲- ۹.
- ۸- Silva E, Birkenhake M, Scholten E, Sagis LMC, van der Linden E. Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high broccoli powder content by hydrocolloids. *Food Hyd* ۲۰۱۳; ۳۰(۱): ۴۲-۵۲.
- ۹- 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 Hyd* ۲۰۱۱; ۲۵(۷): ۱۷۷۵-۸۴.
- ۱۰- Anderson DMW, Grant DAD. The chemical characterization of some *Astragalus* gum exudates. *Food Hyd* ۱۹۸۸; ۲(۵): ۴۱۷-۲۳.
- ۱۱- Mohammadifar MA, Musavi SM, Kiumarsi A, Williams PA. Solution properties of targacanthin (water-soluble part of gum tragacanth exudate from *Astragalus gossypinus*).*Int J Biol Macromol* ۲۰۰۶; ۳۸(۱):۳۱-۹.
- ۱۲- Balaghi S, Mohammadifar M, Zargaraan A. Physicochemical and Rheological Characterization of Gum Tragacanth Exudates from Six Species of Iranian *Astragalus*. *Food Biophys.* ۲۰۱۰; ۲۰(۱): ۱۳- ۲۱
- ۱۳- Farag Zaied S, Mohamed Youssef B, Desouky O, Salah El Dien M. Decontamination of gum arabic with γ -rays or electron beams and effects of these treatments on the material. *Appl Radiat Isotopes* ۲۰۰۷; ۶۵(۱): ۲۶- ۳۱.
- ۱۴- Hong S-I, Han JH, Krochta JM. Optical and surface properties of whey protein isolate coatings on plastic films as influenced by substrate, protein concentration, and plasticizer type. *J of Applied Polym Sci* ۲۰۰۴; ۹۲(۱): ۳۳۵- ۴۳.



- ۱۵- Katayama T, Nakauma M, Todoriki S, Phillips GO, Tada M. Radiation-induced polymerization of gum arabic (*Acacia senegal*) in aqueous solution. *Food Hyd* ۲۰۰۶; ۲۰(۷): ۹۸۳-۹.
- ۱۶- Akbulut M, Saricoban C, Ozcan MM. Determination of Rheological Behavior, Emulsion Stability, Color, and Sensory of Sesame Pastes (Tahin) Blended with Pine Honey. *Food Bioprocess Technol* ۲۰۱۲; ۵(۵): ۱۸۳۲-۹.
- ۱۷- Dolz M, Hernández MJ, Delegido J, Alfaro MC, Muñoz J. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behaviour of food emulsions containing modified starch. *J Food Eng* ۲۰۰۷; ۸۱(۱): ۱۷۹-۸۶.
- ۱۸- 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 Hyd* ۲۰۱۰; ۱۲(۳): ۱۶-۲۱.
- ۱۹- Mollakhalili Meybodi N, Mohammadifar MA. Effect of Irradiated Gum Tragacanth on Rheological Properties of Oil in Water Emulsion. *J Food Qual Hazards Conrol* ۲۰۱۴; ۱(۲): ۴۶-۵۱.
- ۲۰- Al-Assaf S, Phillips GO, Williams PA. Controlling the molecular structure of food hydrocolloids. *Food Hyd* ۲۰۰۶; ۲۰(۲-۳): ۳۶۹-۷۷.
- ۲۱- Siddig T K, Murwan K, Sabahalkhair. Effects of gamma- Irradiation on Some Properties of Gum Arabic (*Acacia Senegal* L). *Res J Agric Biol Sci* ۲۰۱۰; ۶(۲): ۱۱۳-۷.
- ۲۲- Le Cerf D, Irinei F, Muller G. The effect of gamma irradiation on the water-swelling properties of karaya gum. *Food Hyd* ۱۹۹۱; ۵(۱-۲): ۱۵۵-۷.
- ۲۳- Li X, Wu W, Wang J, Duan Y. The swelling behavior and network parameters of guar gum/poly(acrylic acid) semi-interpenetrating polymer network hydrogels. *Carbohydrate Polym* ۲۰۰۶; ۶۶(۴): ۴۷۳-۹.
- ۲۴- Mollakhalili Meybodi N, Mohammadifar MA, Naseri AR. Effective Factors on the Stability of Oil-in-Water Emulsion Based Beverage: A Review. *J Food Qual Hazards Conrol* ۲۰۱۴; ۱(۳): ۶۷-۷۱.
- ۲۵- Chamberlain EK, Rao MA. Effect of concentration on rheological properties of acid-hydrolyzed amylopectin solutions. *Food hyd* ۲۰۰۰; ۱۴(۲): ۱۶۳-۷۱.
- ۲۶- Sierakowski MR, Reicher F, Feitosa JPA. Dynamic rheological study of *Sterculia striata* and karaya polysaccharides in aqueous solution. *Food Hyd* ۲۰۰۵; ۱۹(۵):۷-۱۳.



۲۷- McClements DJ. Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques,. second, editor. washington: CRC Press; ۲۰۰۵.

۲۸- Mollakhalili N, Mohammadifar MA, Abdolmaleki KH. Effect of dispersed phase volume fraction on physical stability of oil in water emulsion in the presence of gum tragacanth. J Food Qual Hazards Control ۲۰۱۴; ۱(۴): ۱۰۲-۷.



ORIGINAL ARTICLE

Received: ۲۰۱۴/۴/۲۱

Accepted: ۲۰۱۴/۵/۲۶

Effect of Irradiation Treatment on Functional Properties of Gum Tragacanth

Neda Mollakhalili Meybodi(Ph.Ds)^۱, Mohammad Amin Mohammadifar
(PhD)^۲

۱. Ph.d Students, Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

۲. Corresponding author: Associate Professor, Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Irradiation is a physical treatment in which products are exposed to ionized radiation such as gamma and x rays to improve the security and quality. Hydrocolloids are components that are used in food science to improve texture properties. Exposing to irradiation treatment may change structural and functional properties. By regard to the importance of irradiation on decontaminating of hydrocolloids in food application, the aim of this study is studying the effect of irradiation at different doses on functional properties of Gum Tragacanth in food application.

methods: effect of irradiation treatment was studied on the rheological properties, zeta potential, particle size distribution and surface tension of dispersion systems contained ۰.۵% w/w gum tragacanth that is irradiated at different doses (۰, ۰.۷۵, ۳, ۵ kGy). The effect of irradiation on rheological properties was monitored by rheometer. In order to monitor the effect of irradiation treatment on particle size distribution, zeta potential and surface tension, particle sizer, Brookhaven zeta plus and tensiometer were used respectively. All treatments were performed three times and the data were analyzed by one way ANOVA. Significant differences between means were identified (P values < ۰.۰۵) using Duncan test.

Results: Irradiation, change rheological properties and particle size distribution of dispersion contained gum tragacanth. Irradiation treatment up to ۰.۷۵ kGy increase zeta potential, but irradiating at higher doses decrease it again. Results of studying parameters showed that irradiation changes the functional properties by affecting on structure. These changes depend on irradiation dose

Conclusion: Gum tragacanth irradiation may improve the functional properties by affecting on structure.

Keywords: Irradiation, Gum tragacanth, Functional properties

This Paper Should be Cited as:

Mollakhalili Meybodi Neda(Ph.Ds), Mohammadifar Mohammad Amin(Ph.D). Effect of Irradiation Treatment on Functional Properties of Gum Tragacanth. Journal Toloobehdasht Sci

