



## طیف سنجی رامان صمغ گوار جهت دزیمتری پرتوهای گاما در سطح پرتو فرآوری

ملکی، شهریار\*<sup>(۱)</sup> - ویسکرمی، امیر<sup>(۲)</sup>

<sup>۱</sup> پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، کرج

<sup>۲</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی هسته‌ای، تهران

### چکیده:

در این پژوهش تجربی، پودر صمغ گوار تحت پرتو دهی گاما ناشی از چشمه  $^{60}\text{Co}$  در دزهای جذبی  $0, 10, 30, 50, 80, 100, 150 \text{ kGy}$  و آهنگ دز  $1.62 \text{ Gy/s}$  قرار گرفت. سپس با استفاده از آزمون طیف‌سنجی رامان، شدت نمونه‌ها در ناحیه عدد موج  $3800-4000 \text{ cm}^{-1}$  اندازه‌گیری و به صورت خطی برازش گردید. در ادامه شیب خطوط مذکور بر حسب دز جذبی ترسیم شد. نتایج نشان داد که با افزایش دز جذبی، شیب خطوط کاهش یافته که این روند در گستره دز جذبی  $0-50 \text{ kGy}$  به صورت خطی بوده و از  $100 \text{ kGy}$  به بعد اشباع می‌گردد. تغییرات ذکر شده را می‌توان به تغییر ساختار مولکولی صمغ گوار در اثر پرتو دهی گاما مرتبط دانست.

کلمات کلیدی: صمغ گوار، طیف سنجی رامان، دزیمتری، تابش گاما، پرتو فرآوری

## Raman Spectroscopy of Guar Gum for Dosimetry of Gamma Rays at the Level of Radiation Processing

Malekie, Shahryar\*<sup>1</sup>; Veiskarami, Amir<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nuclear Science & Technology Research Institute, Radiation Application Research School, Karaj

<sup>2</sup> Islamic Azad University, Science and Research Branch, Department of Radiological and Nuclear Engineering, Tehran

### Abstract:

In this experimental research, Guar Gum powder was irradiated by gamma radiation of  $^{60}\text{Co}$  at absorbed doses of 0, 10, 30, 50, 80, 100, 150 kGy and dose rate of 1.62 Gy/s. Then, using the Raman spectroscopy analysis, the intensity of the samples was measured in the wave number region of  $3800-4000 \text{ cm}^{-1}$ , which was fitted linearly. The slope of these lines was plotted in terms of absorbed dose. The results showed that, with increasing the absorbed doses, the slope of the lines was decreased linearly in the absorbed dose range of 0- 50 kGy and was saturated afterward 100 kGy. These changes can be attributed to the modification of the molecular structure of Guar Gum with respect to gamma irradiation.

Keywords: Guar Gum, Raman Spectroscopy, Dosimetry, Gamma-Ray, Radiation Processing



## مقدمه:

در حوزه دزیمتری پرتوهای گاما در سطح دزهای بالا که در پرتوآوری بکار می‌روند، تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در جهان صورت گرفته است. غالب این دزیمترها شامل دزیمترهای آلانین، دزیمترهای گاف کرومیک و سایر دزیمترهای شیمیایی بوده که بعضاً قادرند تا دز جذبی 150 kGy را اندازه‌گیری نمایند. معرفی یک ماده به عنوان یک دزیمتر، علاوه بر شرط خطی بودن پاسخ آن در گستره وسیعی از دز، مستلزم انجام آزمون‌های نوعی نظیر تکرار پذیری پاسخ دز، بررسی وابستگی به زاویه پرتودهی، وابستگی به آهنگ دز، وابستگی به انرژی پرتو، محو شدگی اندک پاسخ آن و پایداری بلند مدت دزیمتر خواهد بود. بحث دقت و صحت در پاسخ دزیمترها نیز از جمله مباحث بسیار مهم در آشکارسازی و دزیمتری پرتوهای یونساز به شمار می‌روند. صمغ گوار یک پلیمر طبیعی بوده که از گیاهی به نام گوار تولید می‌شود. این گیاه سالیانه در مناطقی از هند و پاکستان تولید می‌شود. صمغ گوار علاوه بر داشتن مزیت مهم ارزان قیمت بودن آن، در صنعت و همچنین در صنایع غذایی دارای کاربردهای فراوانی است. این ماده قادر است با مولکول آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهد و به عنوان حجم دهنده<sup>۱</sup> و نگهدارنده<sup>۱</sup> بکار رود. سایر کاربردهای صنعتی آن در دارو، کاغذ، منسوجات، مواد انفجاری، چاه پیمایی نفت و غیره است؛ همچنین در کنترل بسیاری از مسائل مربوط به سلامت فرد مانند دیابت، اجابت مزاج، ناراحتی قلبی و سرطان روده مفید است [۱]. هسته اصلی صمغ گوار از چندین لایه تشکیل شده است که بین ۱۸-۱۶٪ آن را پوسته خارجی، ۶-۴٪ آن را قسمت مرکزی<sup>۲</sup> یا پروتئین و ۴۰-۳۴٪ آن را ساختار داخلی<sup>۳</sup> یا گالاکتومانان تشکیل می‌دهد. صمغ گوار به طور عمده از پلی ساکاریدهای گالاکتومانان با وزن مولکولی بالا تشکیل شده است که مطابق شکل ۱ به صورت زنجیره‌های خطی از واحدهای گالاکتوز<sup>۴</sup> و مانوز<sup>۵</sup> تشکیل شده‌اند. اجزای تشکیل دهنده صمغ گوار در جدول ۱ به تصویر کشیده شده است. با جستجو در مدارک علمی معتبر در سطح جهانی، تاکنون پژوهشی جهت بررسی خواص دزیمتری ماده گیاهی صمغ گوار صورت نگرفته است. در سال ۲۰۱۲، احمد سید حسین و همکاران خواص شیمیایی-فیزیکی پودر صمغ گوار پرتودهی شده را به منظور استریلیزه نمودن این پودر با کاربرد در صنایع غذایی مورد بررسی قرار دادند [۲]. آنها نتیجه گیری نمودند که دز بهینه به منظور استریلیزه نمودن پودر صمغ گوار 10 kGy است. دزیمتری مواد نانو ساختار کربنی با استفاده از تکنیک طیف سنجی رامان، در پژوهش قبلی توسط نویسندگان صورت گرفت [۳].

<sup>۱</sup>Thickener

<sup>۲</sup>Stabilizer

<sup>۳</sup>germ

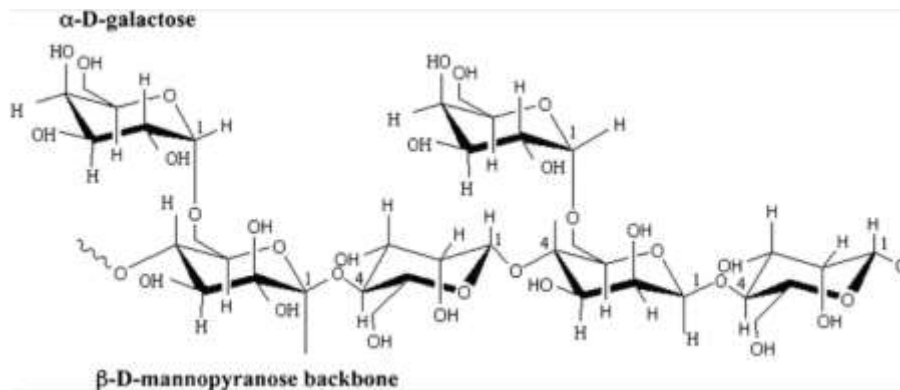
<sup>۴</sup>endosperm

<sup>۵</sup>galactose

<sup>۶</sup>mannose

جدول (۱) اجزای تشکیل دهنده صمغ گوار [۱]

اجزای تشکیل دهنده	درصد
گالاکتومانان	۷۵-۸۵
رطوبت	۰-۸/۱۴
پروتئین	۰/۰-۵/۶
فیبر	۰/۰-۲/۳
خاکستر	۰/۰-۵/۱



شکل (۱) ساختار شیمیایی مولکول صمغ گام و زنجیره اصلی مانوز و شاخه‌های جانبی گالاکتوز [۱].

از آنجا که گوارگام یک پلیمر طبیعی بوده و تغییرات ساختاری در پلیمرها غالباً در ناحیه پرتوآوری یعنی از مرتبه کیلوگری رخ می‌دهند و همچنین با توجه به مطالعاتی که سایرین در دزهای بالا جهت استریل نمودن این ماده با استفاده از پرتوهای گاما انجام داده اند، در این پژوهش از ماده گیاهی صمغ گوار جهت معرفی به عنوان یک دزیمتر پرتوهای گاما در ناحیه پرتوآوری در گستره دز 0-150 kGy استفاده شده است. مبنای کار دزیمتری در این پژوهش، اندازه‌گیری شدت نور لیزر عبوری در آزمون طیف سنجی رامان نمونه‌های صمغ گوار پرتودهی شده با اشعه گاما در محدوده عدد موج  $3800-4000 \text{ cm}^{-1}$  است.

### روش کار:

در این کار تجربی، ابتدا پودر صمغ گوار هندی خریداری گردید؛ سپس در ویال‌های پلاستیکی، مطابق شکل ۲ بسته بندی و جهت پرتودهی در دزهای مختلف گاما یعنی دزهای 0,10,30,50,80,100,150 kGy برچسب گذاری شد. در مرحله پرتودهی، از سیستم پرتودهی گاماسل Gamma Cell-220 Canadian سازمان انرژی اتمی ایران-تهران با آهنگ دز 1.62 Gy/s

بهره‌گیری شد. پرتودهی در هوای آزاد و دمای اتاق انجام پذیرفت. نمایی از سیستم پرتودهی مذکور در شکل ۳ به تصویر کشیده شده است. پس از پرتودهی نمونه‌ها، قرائت آنها از طریق آنالیز طیف سنجی رامان دانشگاه شهید بهشتی مدل Takram P50C0R10 با لیزر Nd:YAG دارای طول موج 532 nm و در ناحیه عدد موج  $3800-4000\text{ cm}^{-1}$  صورت گرفت.



شکل (۲) نمایی از آماده سازی نمونه‌های صمغ گوار جهت پرتودهی.



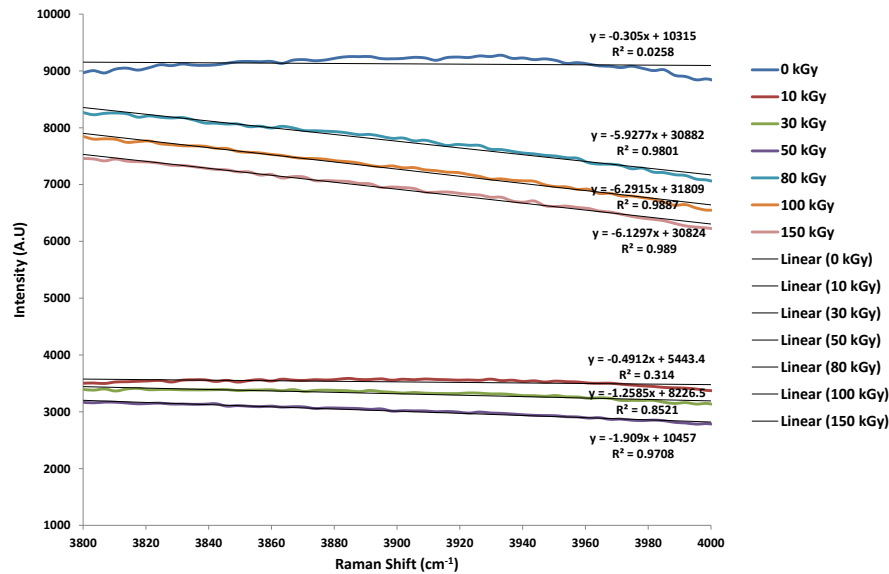
شکل (۳) نمایی از سیستم پرتودهی گاماسل GC220.

### نتایج:

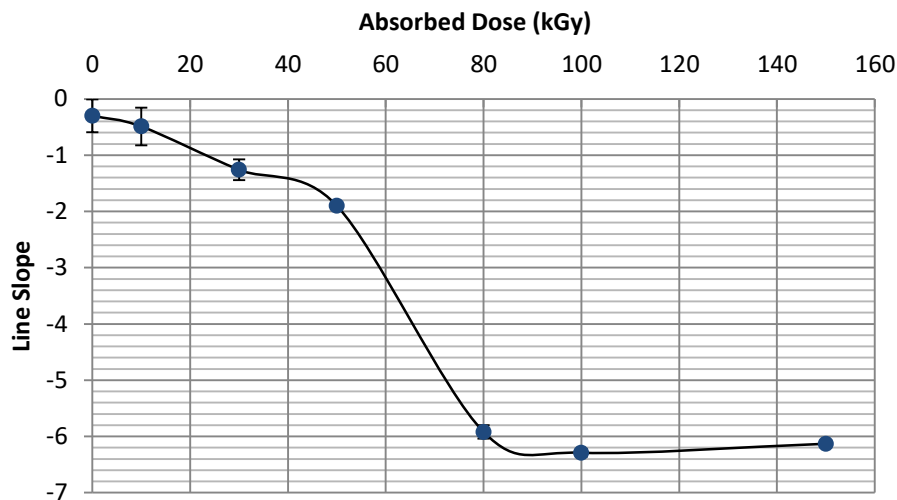
در شکل ۴ شدت نمونه‌های صمغ گوار پرتودهی شده در دزهای مختلف با استفاده از طیف سنجی رامان و در ناحیه عدد موج  $3800-4000\text{ cm}^{-1}$  به تصویر کشیده شده است. در هر دز، برازش خطی صورت گرفته و معادله آن خط به همراه ضریب  $R^2$  روی آن نمایش داده شده است. همانطوری که از این شکل پیداست، با افزایش دز جذبی، ضریب زاویه یا شیب خطوط کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش دز جذبی، مقدار  $R^2$  افزایش یافته و به عدد یک نزدیکتر شده، به عبارتی خطی تر می‌شود؛ در شکل ۵،



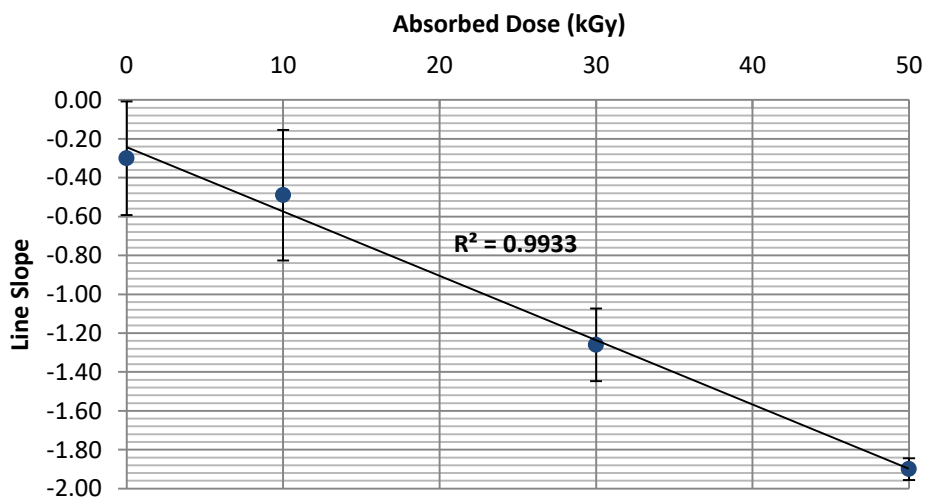
ضریب زاویه یا شیب خط نمونه‌های پرتودهی شده در دزهای مختلف به تصویر کشیده شده است. همچنین در شکل ۶، خطی بودن پاسخ دز نمونه‌های صمغ گوار پرتودهی شده در گستره دز 0-50 kGy نمایش داده شده است.



شکل (۴) شدت نمونه‌های صمغ گوار در دزهای مختلف به همراه نمایش برازش خطی و مقدار  $R^2$ .



شکل (۵) ضریب زاویه یا شیب خط مربوط به شدت نمونه‌های پرتودهی شده در دزهای مختلف به همراه نمایش عدم قطعیت



شکل (۶) نمایش خطی بودن پاسخ دز نمونه‌های صمغ گوار پرتودهی شده در گستره دز 0-50 kGy به همراه نمایش عدم قطعیت  $1\sigma$ .

### بحث و نتیجه گیری:

در این پژوهش، پودر صمغ گوار تحت پرتودهی گاما در دزهای 0, 10, 30, 50, 80, 100, 150 kGy و آهنگ دز 1.62 Gy/s قرار گرفت. سپس با استفاده از آزمون طیف سنجی رامان، شدت نمونه‌ها در ناحیه عدد موج  $3800-4000 \text{ cm}^{-1}$  اندازه‌گیری شد و به صورت خطی برازش گردید. نتایج نشان داد که پاسخ دز نمونه‌های صمغ گوار پرتودهی شده با دزهای تابشی گاما در دزهای 0-50 kGy با عدم قطعیت کمتر از 1% به صورت خطی است.

پرتودهی گاما با توجه به اندرکنش‌های فوتون با ماده نظیر اثر جذب فوتوالکتریک، پراکندگی کامپتون و تولید جفت، احتمالاً منجر به جدا کردن الکترون از ترازهای اتمی ماده صمغ گوار شده و این جابجایی اتمی منجر به تغییر فعالیت پیوند هیدروژنی در صمغ گوار شده یا به نوعی گروه‌های عاملی اصلی نظیر هیدروکسیل را تحت تأثیر قرار داده است؛ لذا در اثر پرتودهی گاما، خواص فیزیکی این بیوپلیمر دستخوش تغییر شده است. همچنین این امکان وجود دارد که پرتودهی گاما منجر به شکستن پیوندهای هیدروکسیل مربوط به گالاکتوز (زنجیره جانبی مولکول صمغ گوار) گردد. شکستن پیوندهای هیدروکسیل منجر به آزاد شدن اکسیژن در محیط و به دنبال آن تغییر شدت نور لیزر مربوط به آنالیز رامان نمونه‌های صمغ گوار پرتودهی شده می‌گردد. در واقع به زبان ساده اساس کار طیف سنجی رامان را بدین صورت می‌توان توضیح نمود که نور لیزر با یک طول موج مشخص بر اتم‌های ماده نمونه (در اینجا صمغ گوار) فرود آمده، اندرکنشی انجام داده و باعث ارتعاشات اتم‌ها و مولکول‌های ماده هدف شده و در



نهایت با طول موج دیگری پراکنده می‌گردد. اختلاف در طول موج ورودی و خروجی نور لیزر یا اصطلاحاً Raman Shift، از مقدار نقص‌های ساختاری ماده نمونه حکایت دارد. در پایان خاطر نشان می‌گردد که با مطالعه بیشتر و انجام سایر آزمون‌های نوعی نظیر تکرارپذیر بودن نتایج، بررسی وابستگی به زاویه پرتو دهی، وابستگی به آهنگ دز، وابستگی به انرژی پرتو، محو شدگی اندک یا سخ دز و پایداری بلند مدت دزیتر، می‌توان به معرفی و ساخت یک دزیتر جدید و ارزان قیمت برای دزیتری پرتوهای گاما در ناحیه پرتو فرآوری امیدوار بود. همچنین بررسی ویژگی‌های دزیتری این ماده در ناحیه دزهای تشخیصی و درمانی نیز جهت مطالعات آینده توصیه می‌گردد.

#### مراجع:

- [۱] D. Mudgil, S. Barak, B.S. Khatkar, Guar Gum: processing, properties and food applications— a review, Journal of food science and technology, 51 (2014) 409-418.
- [۲] H.A.S. Hussein, Study of chemical and physical properties of irradiated Guar Gum, (2012).
- [۳] Vatankhah A. , Hosseini M. A., Malekie S. , Assessment of environmental high-doses using Raman spectroscopy of gamma irradiated MWCNT-OH Nanopowder utilized in radiation accidents, Iran J Med Phys, (2018).