



## بررسی خواص ترمولومینسانس نمونه‌های برنج ایرانی

رضاییان، پیمان\* - کاشیان، صدیقه - مصلحی، امیر

سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها

### چکیده:

در این تحقیق منحنی تابش ترمولومینسانس سه نمونه برنج ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مقاله نشان می‌دهد، منحنی تابش ترمولومینسانس دو نمونه از برنج‌های بررسی شده متشکل از دو قله در دماهای حدود ۴۷۰ و ۵۶۰ کلوین است در حالیکه یکی از نمونه‌ها دارای یک قله در دمایی در حدود ۵۴۰ کلوین می‌باشد. همچنین شدت منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه‌های بررسی شده، با افزایش دز جذبی به صورت خطی افزایش می‌یابد. این افزایش خطی در نمونه‌های متفاوت با شیب‌های متفاوت صورت می‌گیرد. از نتایج این مقاله می‌توان در تخمین دز جذبی برنج در پرتودهی‌های صنعتی و یا انجام دزیمتر تصادفی استفاده کرد.

**کلمات کلیدی:** منحنی تابش ترمولومینسانس، پرتودهی صنعتی، دزیمتری، برنج، مدل مرتبه اول

## Study of Thermoluminescence Properties of Iranian Rice Samples

Rezaeian, Reiman\*; Kashian, Sedigheh, Moslehi, Amir

Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research School, AEOI

### Abstract:

In this study, the thermoluminescence glow curve of three Iranian rice samples was investigated. The results of this paper show, the thermoluminescence glow curve of two samples consist of two peaks in the temperature about 470 K and 560 K, while the glow curve of other sample has a peak in temperature about 540 K. So, the glow curve intensity of the samples studied increased linearity by raising absorbed dose. This linear increasing in different samples occurred with different slopes. Results of this paper can be used in estimation of absorbed dose in industrial irradiation of rice or accident dosimetry.

**Keywords:** Thermoluminescence glow curve, Industrial Irradiation, Dosimetry, Rice, First order model

### مقدمه :

یکی از کاربردهای صنعتی پرتوهای یونساز، پرتوآوری محصولات کشاورزی نظیر گندم، جو، برنج و ... است. در یک فرآیند پرتوآوری ایجاد اثرات مورد نظر مستلزم دریافت دز جذبی مشخص توسط نمونه می‌باشد. پرتودهی نمونه با دز جذبی کمتر از این مقدار سبب عدم ایجاد آثار مورد نظر و پرتودهی با مقادیر بیشتر از این مقدار می‌تواند سبب وارد شدن آسیب به نمونه شود. بر این اساس تعیین دز جذبی نمونه در



حین پرتودهی از اهمیت خاصی برخوردار است. برای تعیین دز جذبی نمونه در پرتودهی‌های صنعتی از دزیترهای روزمره نظیر دزیترهای پرسپکس استفاده می‌شود که جنس این دزیترها معمولاً با جنس محصولات مورد نظر برای پرتودهی متفاوت است. تفاوت میان جنس محصول یا محیطی که تحت تابش قرار گرفته و دزیتر مورد استفاده از چالش‌های مهم در دزیتری است که محققین تلاش کرده‌اند با استفاده از روش‌های مختلف تحلیلی و عددی بر این چالش غلبه کنند.

یکی از روش‌های غلبه بر چالش مذکور استفاده از محصول مورد نظر به عنوان دزیتر است. به این منظور باید یکی از ویژگی‌های محصول که با پرتو تغییر می‌کند به عنوان ابزار سنجش پرتو قرار گیرد. یکی از این ویژگی‌ها شدت منحنی تابش ترمولومینسانس می‌باشد. خاصیت ترمولومینسانس یکی از روش‌های مورد استفاده برای دزیتری پرتوهای یونساز است. در این روش در اثر پرتودهی یک ماده نیمه هادی، الکترون‌ها در ترازهای گیرانداز موجود در نوار ممنوعه به دام می‌افتند. در اثر گرم کردن ماده نیمه رسانا، الکترون‌ها از ترازهای گیرانداز خارج می‌شوند و این امکان وجود خواهد داشت که با حفره‌های موجود در مراکز باز ترکیب، ترکیب شوند. نتیجه این فرآیند گسیل فوتون است. شدت فوتون‌های گسیل شده در این فرآیند متناسب با دز جذبی است. اکثر موادی که رسانا نباشند این خاصیت را از خود نشان می‌دهند. بنابراین انتظار می‌رود برخی از محصولات کشاورزی نیز این خاصیت را از خود نشان دهند و بنابراین این امکان وجود خواهد داشت که با استفاده از کالیبراسیون شدت منحنی تابش ترمولومینسانس این محصولات از این ویژگی به عنوان ابزاری برای تعیین دز جذبی این محصولات استفاده کرد. بر این اساس محققین مختلف بر روی تعیین خواص ترمولومینسانس محصولات کشاورزی نظیر گندم [۱]، برنج [۲] و برگ اسفناج [۳] مطالعاتی انجام داده‌اند.

برنج به عنوان یکی از محصولات مهم کشاورزی در جهان و البته کشور شناخته می‌شود. با توجه به اهمیت این محصول کشاورزی، پرتودهی این محصول در برخی از کشورها نظیر بنگلادش، برزیل، شیلی، هلند، روسیه و تایلند به منظور افزایش زمان انبارمانی این محصول صورت می‌گیرد [۴]. با توجه به میزان تولید و تقاضایی که در کشور برای این محصول وجود دارد و توسعه‌ی سامانه‌های پرتودهی صنعتی در کشور، پرتودهی این محصول به منظور افزایش زمان انبارمانی آن می‌تواند در دستور کار قرار گیرد. با توجه به منحنی تابش ترمولومینسانس برنج، شدت این منحنی می‌تواند به عنوان ابزاری در تعیین دز جذبی این محصول در حین پرتودهی مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله تلاش شده با مطالعه منحنی تابش ترمولومینسانس سه نمونه از برنج‌های داخلی، قابلیت استفاده از شدت منحنی تابش ترمولومینسانس در تعیین دز جذبی این محصول بررسی گردد. به این منظور پرتودهی این محصول در دزهای ۲۰۰، ۵۰۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ گری با استفاده از چشمه کبالت-۶۰ انجام و تغییرات شدت منحنی تابش بر حسب دز جذبی بررسی شده است.

### روش کار :

به منظور ثبت منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه‌های برنج ابتدا این نمونه‌ها همانگونه که در شکل (۱) نشان داده شده است، به پودر تبدیل شدند.



شکل (۱): برنج که به منظور پرتودهی و قرائت به پودر تبدیل شده است.

باتوجه به اینکه به منظور افزایش زمان انبارمانی و کاهش آلودگی‌های میکروبی پرتودهی برنج با دز جذبی در بازه‌ی ۱۵۰ تا ۱۰۰۰ گری انجام می‌شود [۴] در این تحقیق نمونه‌ها در پرتودهنده‌ی گاماسل GC-220 با دزهای جذبی ۲۰۰، ۵۰۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ گری پرتودهی شدند. به منظور قرائت نمونه‌های از دستگاه قرائت‌گر Harshaw-4500 استفاده شد. با استفاده از این دستگاه قرائت‌گر منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه‌ها در گستره‌ی دمائی ۳۲۰ تا ۶۰۰ کلوین با آهنگ دمایی ۵ کلوین بر ثانیه ثبت شد. به منظور جداسازی منحنی‌های تابش ترمولومینسانس نمونه‌های برنج از نرم افزار Glow fit استفاده شد. این نرم افزار قابلیت جداسازی منحنی تابش متشکل از ده قله را دارد و به منظور انجام جداسازی از مدل مرتبه اول (رابطه ۱) استفاده می‌کند [۵].

$$I(T) = I_M \exp\left[1 + \frac{E}{kT} \frac{T - T_M}{T_M} - \left(\frac{T}{T_M}\right)^2 \left(1 - \frac{2kT_M}{E}\right)\right] \times \exp\left(\frac{E}{kT} \frac{T - T_M}{T_M} - 2\frac{kT_M}{E}\right) \quad (1)$$

در این رابطه  $I(T)$  شدت تابش ترمولومینسانس در دمای  $T$  بر حسب کلوین،  $I_M$  شدت بیشینه،  $T_M$  دمای مربوط به شدت بیشینه،  $E$  انرژی فعال‌سازی بر حسب الکترون ولت و  $k$  ثابت بولتزمان است. همچنین برای ارزیابی کیفیت برازش صورت گرفته از معیار F.O.M که به صورت زیر تعریف می‌شود، استفاده شد.

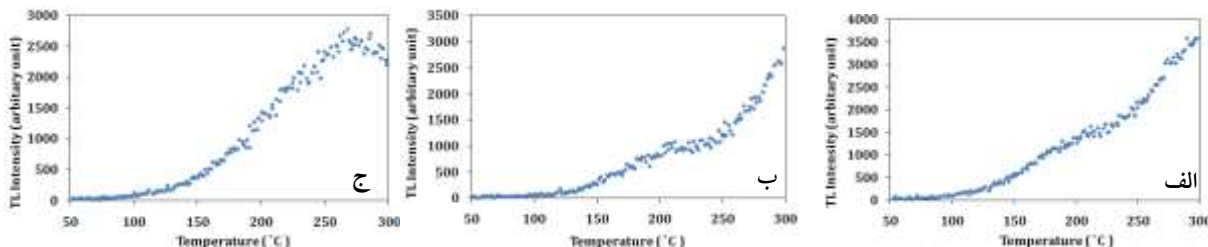
$$F.O.M = \sum_i \frac{|I_i(T) - I(T_i)|}{A} \quad (2)$$

در این رابطه  $I_i(T)$  شدت بدست آمده از مدل در دمای  $T$ ،  $I(T_i)$  شدت منحنی تابش اندازه‌گیری شده و  $A$  سطح زیر منحنی پیش بینی شده توسط مدل است.



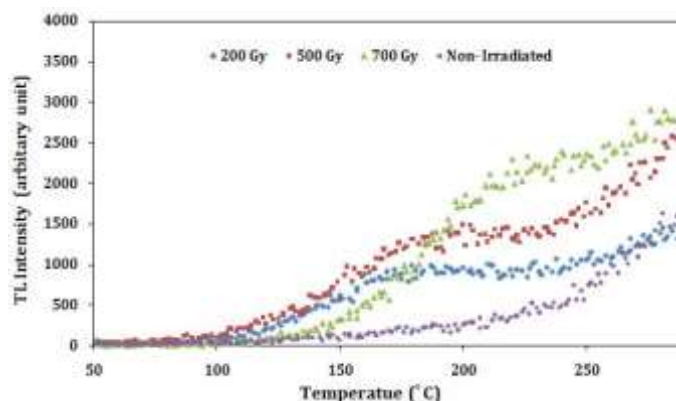
### نتایج :

پس از پرتو دهی نمونه‌ها منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه‌ها ثبت شد. در شکل (۲) منحنی‌های تابش ثبت شده نشان داده شده اند.



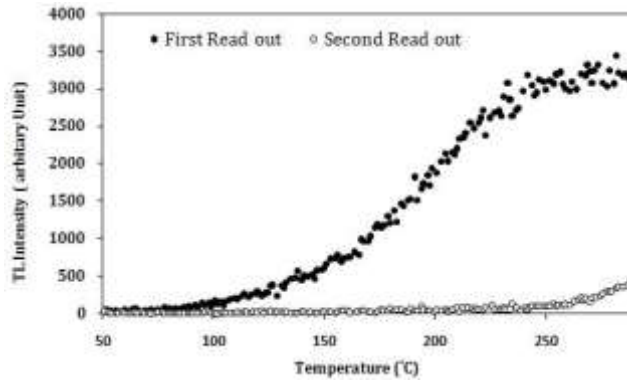
شکل (۲): منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه‌های برنج پرتو دهی شده با دز جذبی ۵۰۰ گری الف: نمونه اول، ب: نمونه دوم و ج: نمونه سوم.

همانگونه که شکل (۲) نشان می‌دهد، منحنی تابش نمونه‌های اول و سوم تا حدودی با همدیگر مشابه هستند. منحنی تابش ترمولومینسانس این دو نمونه متشکل از برهم نهی دو قله مجزا می‌باشد که در ادامه جداسازی این دو قله انجام خواهد شد. همچنین نمونه دوم نیز تنها یک قله از خود نشان می‌دهد. به منظور مشاهده کیفی تغییرات شدت منحنی تابش ترمولومینسانس بر حسب میزان دز جذبی، منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه سوم در دزهای متفاوت در شکل (۳) رسم شده است.



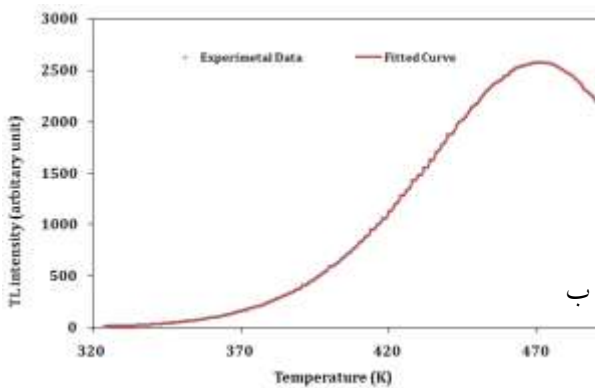
شکل (۳): منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه سوم برنج در دزهای جذبی متفاوت.

شکل (۳) افزایش شدت منحنی تابش را بر حسب دز جذبی نشان می‌دهد. به منظور اطمینان حاصل نمودن از اینکه قله‌های مشاهده شده ناشی از برانگیختگی در نتیجه پرتو دهی با پرتوهای گاما است، منحنی تابش نمونه‌ها پس از یک قرائت اولیه مجدداً، قرائت و ثبت شده که در شکل (۴) نشان داده شده است.

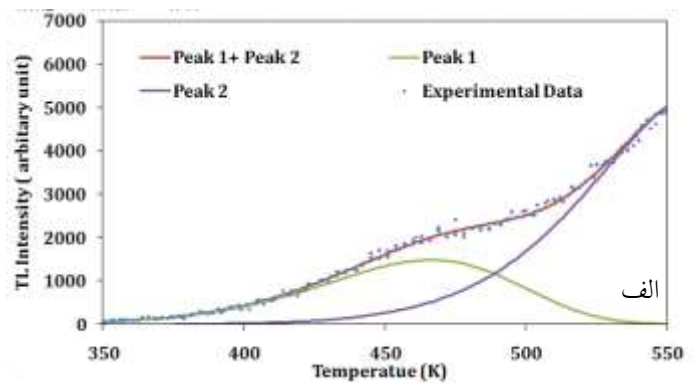


شکل (۴): منحنی تابش ترمولومینسانس نمونه برنج پس از یک بار قرائت.

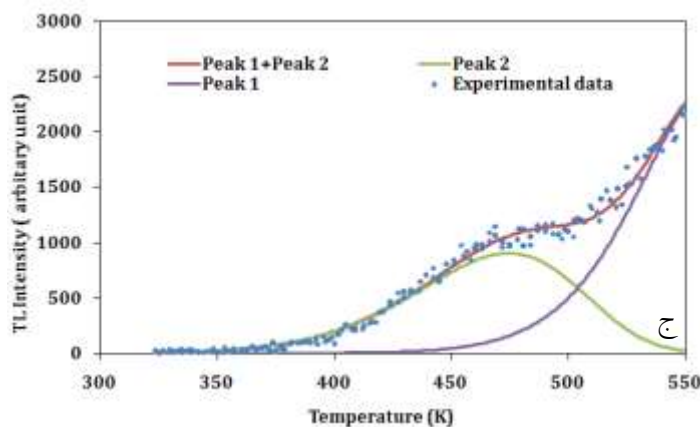
در شکل (۴)، بخوبی مشخص است که در اثر قرائت اولیه کلیه مراکز گیراندازی تخلیه شده اند. برای مطالعه کمی رفتار شدت تابش ترمولومینسانس بر حسب میزان دز جذبی ابتدا جدا سازی منحنی‌های تابش با استفاده از رابطه‌ی (۱) انجام شد. در شکل (۵) نمونه‌ای از جداسازی‌های صورت گرفته نشان داده شده است.



ب



الف



ج

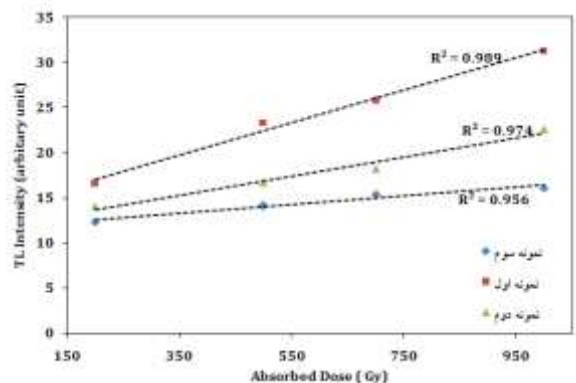
شکل (۵): جداسازی منحنی تابش ترمولومینسانس برنج شده الف: نمونه اول پرتودهی شده با دز جذبی ۷۰۰ گری، ب: نمونه دوم پرتودهی شده با دز جذبی ۵۰۰ گری ج: نمونه سوم پرتودهی شده با دز جذبی ۵۰۰ گری.

پارامترهای سینتیکی ترمولومینسانس محاسبه شده برای منحنی‌های برازش شده در شکل‌های شماره‌ی (۵) در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: پارامترهای سینتیکی بدست آمده از برازش منحنی‌های تابش ترمولومینسانس برنج

شماره نمونه	قله اول			قله دوم			F.O.M %
	$I_M$	$T_M(K)$	$E (eV)$	$I_M$	$T_M(K)$	$E (eV)$	
نمونه اول	۱۴۶۶	۴۶۶	۰/۵۲۸	۵۳۶۰	۵۶۳	۰/۷۵	۳/۵۶
نمونه دوم	۲۵۷۸	۵۴۳	۰/۴۴۱	-	-	-	۸
نمونه سوم	۹۰۳	۴۷۴	۰/۵۱۳	۲۳۸۲	۵۵۹	۰/۹۷۴	۵/۳۱

مقادیر F.O.M در آخرین ستون پایانی جدول کیفیت برازش صورت گرفته را نشان می‌دهند. با توجه به پایین بودن این مقدار می‌توان گفت مدل استفاده شده برای برازش منحنی‌ها تا حدودی توصیف کننده رفتار منحنی تابش ترمولومینسانس است. برای نمونه‌های اول و سوم از قله اول و برای نمونه سوم از کل منحنی تابش برای تعیین کمی رفتار شدت منحنی تابش بر حسب دز جذبی استفاده شد. تغییرات شدت تابش بر حسب میزان دز جذبی در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل (۶): تغییرات شدت تابش ترمولومینسانس بر حسب میزان دز جذبی در نمونه‌های برنج.

با توجه به مقادیر  $R^2$  محاسبه شده، مشاهده می‌شود که تغییرات مقدار شدت تابش ترمولومینسانس بر حسب دز جذبی از یک رفتار خطی پیروی می‌کند. اگرچه شیب تغییرات شدت بر حسب دز جذبی در نمونه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است، اما روند افزایشی به صورت خطی است.

### بحث و نتیجه گیری :

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که برنج دارای خاصیت ترمولومینسانس است. در این تحقیق سه نمونه برنج ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. که منحنی تابش دو نمونه از این برنج‌ها متشکل از دو قله در دماهای حدود ۴۷۰ و ۵۶۰ کلوین بود. همچنین منحنی تابش یکی از نمونه‌ها متشکل از یک تک قله در دمای حدود ۵۴۰ کلوین بود. این تفاوت در منحنی تابش ترمولومینسانس می‌تواند ناشی از تفاوت در نوار انرژی، ترازهای گیرانداز و بازترکیب نمونه‌های برنج باشد. مشاهده شد که رفتار شدت تابش ترمولومینسانس برنج بر حسب



میزان دز جذبی خطی است. بر این اساس از منحنی تابش ترمولومینسانس برنج می‌توان برای تخمین دز جذبی در پرتودهی‌های صنعتی برنج استفاده کرد. علاوه بر این وجود خاصیت ترمولومینسانس برنج سبب می‌شود در وقوع حوادث هسته‌ای، بتوان در صورت وجود مزارع برنج در نزدیکی محل وقوع حادثه از منحنی تابش ترمولومینسانس برنج برای دزیمتری تصادفی استفاده کرد.

#### مراجع :

- 1- Kim et al, Identification of gamma ray and electron-beam irradiated wheat after different processing treatments, Journal of Cereal Science, 56(2012) 347.
- 2- Sanyal et al. An Improved method to identify irradiated rice by EPR spectroscopy and thermoluminescence measurements, food chemistry, 116(2009)526.
- 3- Desai et al, Thermoluminescence studies of spinach leaves and EUGLENA, photochemistry and photobiology, 21(1975)345.
- 4- Food Irradiation a technique for preserving and improving the safety of food, world health organization, (1988).
- 5- J. T. Randall and M. H. F Wilkins, Proc R. Soc London, 184(1945)366.