



مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

تشخیص سبب زمینی پرتودهی شده به روش ترمولومینسانس

فریدون افلاکی*، علی روزبهانی

تهران، انتهای کارگر شمالی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها

چکیده: مواد غذایی پرتودهی شده می‌توانند با اندازه‌گیری نشر ترمولومینسانس حاصل از مواد معدنی جدا شده از آنها تشخیص داده شوند. در این مقاله، سبب زمینی‌های کشت شده در مناطق مختلف ایران، با اشعه گاما در دزهای ۰/۱-۲ kGy پرتودهی و ماهیت ترمولومینسانس آنها بررسی گردیدند. تجزیه کمی مواد معدنی خاکهای جدا شده از نمونه‌ها نشانگر اختلاف در مقدار سیلیس و فلدسپار موجود در آنها بود که این امر در شدت ترمولومینسانس و شکل منحنی درخششی تاثیر گذار بود. منحنی درخششی نمونه‌های پرتودهی شده دارای پیکی با حداکثر شدت نشر در ۱۷۰ °C می‌باشد که ناشی از حضور فلدسپار در نمونه‌ها می‌باشد. با استفاده از منحنی درخششی اول، تمایز بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های پرتودهی شده امکان پذیر است. با این وجود نرمال کردن نتایج از طریق پرتودهی دوباره نمونه‌ها در ۰/۲۵ kGy صحت روش را بهبود می‌بخشد. نتایج حاصل نشان داد شدت سیگنال ترمولومینسانس به شرایط ذخیره سازی نمونه‌های پرتودهی شده وابسته می‌باشد اما با این وجود بعد از گذشت هفت ماه از نگهداری آنها در شرایط مختلف، تمایز بین نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد امکان پذیر بود.

واژگان کلیدی: تابش گاما، ترمولومینسانس، سبب زمینی، تشخیص

Detection of irradiated potatoes by Thermoluminescence

Fereydoun Aflaki*, Ali Roozbehani

Nuclear Science & Technology Research Institute (NSTRI), Radiation application School

Abstract: Irradiated foods can be detected by thermoluminescence (TL) of minerals isolated from them. In this study, potatoes, of different origins of production in Iran, were irradiated with gamma rays at doses of 1, 3, 5 and 10 kGy and their Thermoluminescence characteristics were investigated. The quantitative analysis of polyminerals showed that they have different content of quartz and feldspar which leading different TL responses. The glow curve of irradiated samples peaked at approximately 1700C with high intensity due to feldspar. Discrimination between irradiated and non-irradiated samples was possible just on the basis of the first glow curve, however, normalization of results through a re-irradiation step improved accuracy of method. The signal intensity of TL depended on storage conditions but was still distinguishable from that of the non-irradiated sample even after seven months.

Keywords: Gamma radiation, Thermoluminescence, Potato, Detection.

مقدمه

روش ترمولومینسانس به عنوان یک روش فیزیکی غیر مخرب و دارای جامعیت گسترده، به طور وسیعی جهت تشخیص پرتویدگی مواد غذایی مختلف نظیر ادویه‌جات، گیاهان معطر، جانوران دریایی صدف‌دار به کار می‌رود [1-3]. اساس این



مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی (۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

روش بر پایه جداسازی مواد معدنی سیلیکاتی موجود در خاکهای چسبیده به مواد غذایی و یا موجود در درون مواد غذایی قرار دارد، زیرا این مواد انرژی ناشی از پرتودهی را بوسیله به دام انداختن حاملهای بار (الکترونها و حفره‌ها) در حالت برانگیخته ذخیره می‌کنند. بوسیله گرمادهی برنامه‌ریزی شده مواد معدنی جداسازی شده، حاملهای بار برای برگشت به حالت پایه تهییج می‌شوند که بدین ترتیب مقداری از انرژی به صورت نور مرئی آزاد می‌شود. این نور بوسیله شمارنده‌های فوتونی حساس آشکارسازی شده و نشر نور که به دما وابسته است، به عنوان یک منحنی درخششی ثبت می‌شود. شدت ترمولومینسانس به نوع و مقدار جدا شده کانی‌های موجود در مواد معدنی (سیلیس، فلدسپار، میکا و ...) دارد زیرا شدت نشر ترمولومینسانس هر کدامیک از کانی‌های مذکور با یکدیگر متفاوت است. یک جنبه ویژه اندازه‌گیری ترمولومینسانس آن است که خود مواد معدنی استخراج شده از ماده غذایی برای کالیبراسیون به کار رفته و هیچ ماده مرجعی مورد نیاز نیست [4-8].

سیب زمینی یک منبع تغذیه‌ای مهم تامین کننده کربوهیدراتها و اسیدهای اسکوربیک است که در مناطق مختلفی از ایران کشت می‌شود. پیشگیری از جوانه زنی سیب زمینی یک مثال معمولی از کاربرد پرتودهی مواد غذایی است. پرتودهی با تابش گاما در دزهای ۰/۱۵-۰/۷۵ kGy به طور موثری از جوانه‌زنی سیب زمینی جلوگیری می‌کند. برای تشخیص پرتو دیدگی سیب زمینی، ترکیبات معدنی خاکهای چسبیده به آنها استخراج و سپس ترمولومینسانس آنها اندازه‌گیری می‌شود [9-11]. هدف این مطالعه، تحقیق بر روی ترکیب کانی‌های موجود در خاکهای چسبیده به سیب زمینی‌های کشت شده در مناطق مختلف ایران، بررسی مشخصات منحنی‌های درخششی حاصل از مواد معدنی استخراج شده و پایداری منحنی‌های درخششی در طی دوره ذخیره سیب زمینی‌ها بعد از پرتودهی است.

روش کار

سیب زمینی‌های کشت شده در نقاط مختلف کشور شامل همدان، اصفهان، اردبیل، زنجان، قروه و بیرجند جمع آوری شدند. نمونه‌ها را در ظرفهای پلی اتیلنی قرار داده و توسط منبع تابش گاما-⁶⁰Co با آهنگ دز ۲ kGy/h در شرایط محیطی و با دزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵، ۱ و ۲ kGy پرتودهی شدند. نمونه‌های پرتودهی شده و نمونه‌های شاهد در شرایط مختلفی ذخیره و بعد از هفت ماه منحنی درخششی آنها ثبت شد. خاکهای چسبیده به سیب زمینی‌ها با قراردادن تعداد مناسبی از آنها در آب با استفاده از حمام اولتراسونیک به مدت سی دقیقه جدا شدند. سپس محلول حاصل از صافی ۱۲۵ μm عبور داده شد. بوسیله سانتریفیوژ با سدیم پلی تنگستات (۱/۷ g/ml) اسیدی شده با اسید کلریدریک ۱M، مواد معدنی جدا و در یک آون با دمای ۵۰ °C خشک گردید. ترکیب خاکهای جدا شده توسط دستگاه پراش سنج اشعه ایکس تجزیه شدند. اندازه‌گیری ترمولومینسانس نیز بوسیله دستگاه قرائت TLD مدل ۴۵۰۰ شرکت هارشا و انجام شد. اتاقتک اندازه‌گیری تا فشار یک پاسکال تخلیه و اندازه‌گیری TL تحت جریان نیتروژن انجام شد. دیسک نمونه‌ها از جنس A بوده و از دمای محیط تا دمای ۳۰۰ °C با آهنگ ۵ °C/s حرارت داده شدند. برای اندازه‌گیری ترمولومینسانس نمونه‌ها منحنی درخشش اول (TL₁) با منحنی درخشش دوم (TL₂) حاصل از پرتودهی دوباره در ۰/۲۵ kGy مقایسه گردید. هدف از این کار حذف اثرات



مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی (۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

ترکیب متفاوت نمونه‌ها و یا مقدار مواد معدنی رسوب کرده بر روی دیسک بود. علاوه بر ثبت منحنی‌های درخششی نمونه‌های مختلف، منحنی دز پرتودهی - شدت پیک TL و نیز منحنی دز پرتودهی - نسبت TL یک نمونه سیب زمینی ترسیم گردید تا وابستگی خطی پاسخ TL به میزان دز پرتودهی مشخص گردد [11].

ویژگی‌های منحنی درخششی TL

ترکیب مواد معدنی جدا شده از سیب زمینی‌های کشت شده در نقاط مختلف کشور با استفاده از دستگاه X-ray diffractometer تعیین شدند. جدول (۱) طیف‌های حاصل از خاک‌های چسبیده به نمونه‌های سیب زمینی مناطق مختلف و جدول (۱) درصد فلدسپار و سیلیس موجود در خاک‌های چسبیده به نمونه‌های سیب زمینی مناطق ایران را نشان می‌دهد. این نتایج نشانگر تفاوت معنی دار در مقدار سیلیس و فلدسپار خاک‌های مناطق مختلف کشت سیب زمینی‌ها می‌باشد.

جدول (۱) - درصد فلدسپار و سیلیس موجود در مواد معدنی جدا شده از خاک‌های چسبیده به سیب زمینی‌های

کشت شده در مناطق مختلف ایران

ردیف	مناطق نمونه برداری	% فلدسپار	% سیلیس
A	همدان	۷/۷	۵۷/۳
B	اصفهان	۹/۴	۶۲/۴
C	اردبیل	۱۵/۹	۵۹/۷
D	زنجان	۸/۸	۶۴/۳
E	قروه	۱۷/۴	۵۸/۶
F	بیرجند	۱۱/۵	۵۶/۴

بعد از پرتودهی نمونه‌ها و نگهداری آنها به مدت پنج ساعت در جای تاریک، منحنی‌های درخشش حاصل از مواد معدنی جدا شده از سیب زمینی‌های کشت شده در نقاط مختلف ثبت گردید که این منحنی‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است. شدت منحنی‌های درخشش نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد که در نقاط مختلف کشت شده اند دارای اختلافات فاحشی بودند. در همه منحنی‌های درخششی حاصل از نمونه‌های پرتودهی شده، بیشترین شدت نشر در دمای 170°C قابل مشاهده است که مربوط به نشر ترمولومینسانس فلداسپار می‌باشد [11-12] وابستگی شدت نشر ترمولومینسانس به مقدار فلداسپار موجود در نمونه در منحنی‌های درخششی نمونه‌های مختلف قابل تشخیص است، به طوری که نمونه E که دارای بیشترین مقدار فلداسپار است دارای بیشترین مقدار نشر TL در دمای 170°C می‌باشد. در منحنی‌های درخششی ثبت شده، پیک مربوط به دمای 170°C دارای دنباله‌ای می‌باشد که شدت آن نیز در نمونه‌های مختلف متفاوت بوده و در اثر نشر

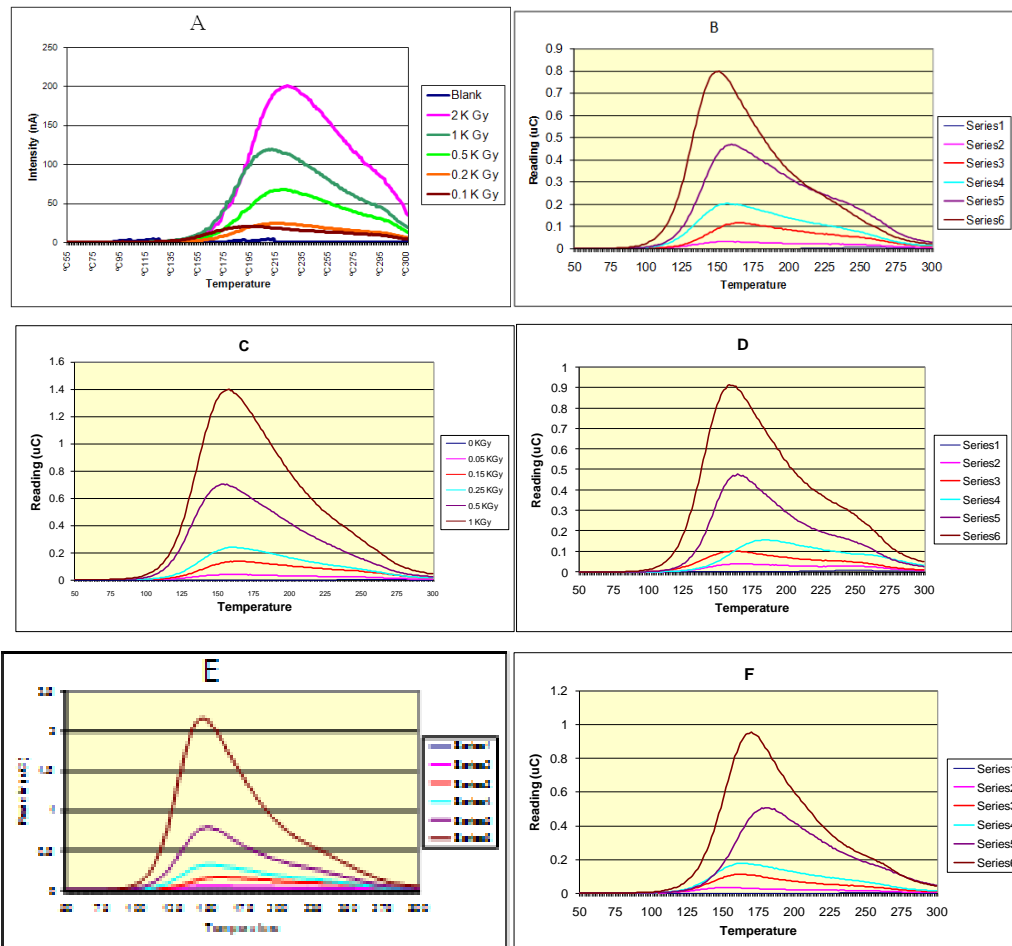


مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

ترمولومینسانس مربوط به سیلیس می باشد که در دمای حدود 225°C انجام می پذیرد [11-12]. از آنجا که مقدار ترمولومینسانس مربوط به فلداسپارها به طور طبیعی بسیار قوی تر از مقدار ترمولومینسانس دیگر ترکیبات سیلیکاتی نظیر سیلیس می باشد، این امر سبب می گردد که پیک حاصل از ترمولومینسانس ترکیب سیلیس توسط پیک حاصل از ترمولومینسانس فلداسپار پوشیده شود و پیک مربوط به سیلیس در منحنی درخششی ثبت شده به صورت دنباله دار شدن پیک نشری مربوط به فلداسپار مشاهده شود. تغییر درصد مقدار سیلیس در نمونه‌های مختلف، سبب می گردد شدت دنباله دار شدن پیک اصلی تغییر یابد. این دنباله دار شدن برای نمونه D که دارای بیشترین درصد سیلیس می باشد نسبت به سایر نمونه‌ها مشهودتر می باشد.



شکل ۱- منحنی‌های درخششی ترکیبات معدنی جدا شده از سیب زمینی‌های کشت شده در مناطق مختلف

تخمین دز پرتودهی

اختلاف بین منحنی‌های درخششی نشان داده شده در شکل ۱ کاملاً آشکار می باشد لذا با محاسبه سطح زیر پیک منحنی درخششی، امکان تعیین دز پرتودهی وجود دارد. با توجه این که مقدار ترمولومینسانس هر نمونه به نوع و میزان ترکیبات



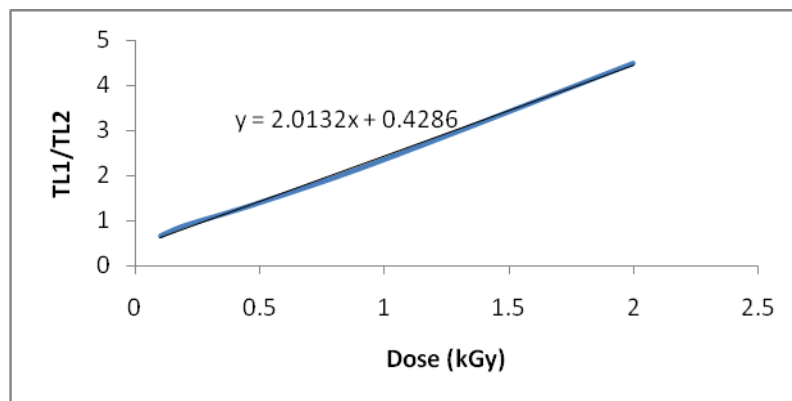
مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

تشکیل دهنده مواد معدنی جدا شده از نمونه‌ها بستگی دارد و نیز ممکن است مقادیر متفاوتی از مواد معدنی بر روی دیسک دستگاه اندازه‌گیری ترمولومینسانس توزین شود جهت تشخیص پرتودیدگی نمونه‌ها، نرمال کردن منحنی‌های درخشش هر نمونه به مقدار زیادی قابلیت اعتماد به نتایج ترمولومینسانس را افزایش می‌دهد. برای این منظور نمونه‌ها دوباره در دز kGy ۰/۲۵ پرتودهی گردید و نسبت TL_1/TL_2 محاسبه و به عنوان پیک نشری ترمولومینسانس نمونه به کار گرفته شد [12].

شکل (۲) نمودار نسبت TL به عنوان تابعی از دز جذبی اشعه گاما برای نمونه A رسم شده است. با توجه به این که مقادیر نسبت TL با دز پرتودهی به طور خطی افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان مقدار دز جذبی یک نمونه با استفاده از این منحنی برآورد نمود.



شکل (۲) نمودار دز پرتودهی - نسبت TL برای نمونه A

پایداری ترمولومینسانس نمونه‌ها

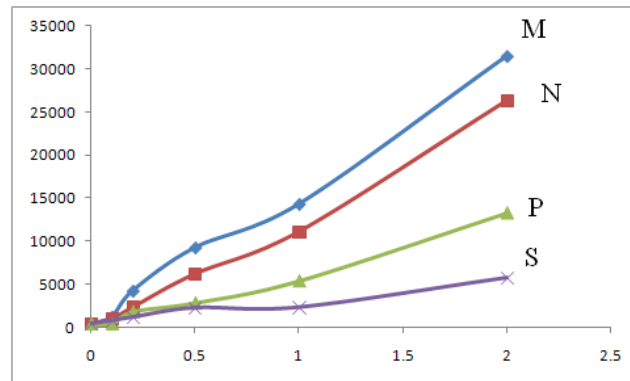
پاسخ روش‌های تشخیص مواد غذایی پرتودهی شده باید در هنگام ذخیره مواد غذایی از بین نرفته و قابلیت تکرارپذیری داشته باشند. بدین منظور، اثر ذخیره سیب‌زمینی‌ها، بر روی پیکهای ترمولومینسانس بررسی شد. نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد در شرایط مختلف (اتاق تاریک، $1 \pm 0^\circ C$ ؛ اتاق تاریک، $5 \pm 25^\circ C$ ؛ اتاق با نور طبیعی، $5 \pm 25^\circ C$) ذخیره شدند و بعد از هفت ماه ذخیره نمونه‌ها، دوباره منحنی‌های درخششی آنها ثبت گردید. شکل (۳) تغییرات سطح زیر پیک ترمولومینسانس یک نمونه سیب‌زمینی در هنگام ذخیره شده در شرایط متفاوت را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان می‌دهند که کاهش سطح زیر پیکهای ترمولومینسانس به شرایط نگهداری بستگی دارد. با توجه نتایج حاصل به نظر می‌رسد حضور نور طبیعی غیر مستقیم موجب تسریع در کاهش شدت پیکهای ترمولومینسانس نمونه‌های پرتودهی شده می‌شود. از اینرو در کنترل مواد غذایی پرتودهی شده، شرایط نگهداری باید در نظر گرفته شود. علیرغم اینکه اتلاف ترمولومینسانس در هنگام نگهداری و ذخیره نمونه‌ها صورت می‌گیرد، با این وجود تمایز بین نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد، بعد از هفت ماه امکان‌پذیر می‌باشد.



مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)



شکل ۳) نمودار دزپرتودهی - پاسخ TL برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط مختلف {M= پنج ساعت بعد از پرتودهی؛ نمونه‌های ذخیره شده به مدت هفت ماه [N= اتاق تاریک، $1 \pm 0^\circ\text{C}$ ؛ P= اتاق تاریک، $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ؛ S= اتاق با نور طبیعی، $25 \pm 5^\circ\text{C}$]}.

نتیجه‌گیری

خاکهای جدا شده از روی پوست نمونه‌های سیب زمینی پرتودهی شده و شاهد مورد تحقیق قرار گرفت. تجزیه کمی نمونه‌های مناطق مختلف نشان داد این خاکها عموماً دارای ترکیبات فلداسپار و سیلیس بوده و درصد فلداسپار و سیلیس موجود در نمونه‌های کشت شده در مناطق مختلف متفاوت معنی داری دارد. منحنی‌های درخشش نمونه‌های پرتودهی شده دارای یک پیک دارای ماکزیمم نشر در دمای تقریبی 170°C بوده که ناشی از حضور فلداسپار می‌باشد. همچنین پیک ترمولومینسانس نمونه‌ها دارای دنباله بوده که مقدار دنباله‌دار بودن آن به درصد سیلیس موجود در نمونه‌ها بستگی دارد. شدت پیکهای ترمولومینسانس به درصد فلداسپار و سیلیس موجود در ماده معدنی جدا شده از سیب زمینی بستگی دارد. نتایج حاصل نشان داد که در محدوده دز پرتودهی $2-0/1 \text{ kGy}$ مقادیر نسبت ترمولومینسانس با دز پرتودهی رابطه خطی دارد و بنابراین می‌توان مقدار دز به کار رفته برای پرتودهی نمونه‌های سیب زمینی را مشخص نمود. مطالعات پایداری ترمولومینسانس، نشان داد که شدت پیکهای ترمولومینسانس نمونه‌های پرتودهی شده به شرایط ذخیره بستگی داشته و حضور نور طبیعی غیر مستقیم به میزان زیادی از ترمولومینسانس نمونه می‌کاهد. علیرغم اتلاف ترمولومینسانس در طی ذخیره سیب زمینی به مدت هفت ماه، تشخیص نمونه‌های پرتودهی شده و پرتودهی نشده به دلیل تفاوت در مقدار ترمولومینسانس امکان‌پذیر می‌باشد.

مراجع:

- 1- D.C.W. Sanderson, C. Slater, K.J. Cairns" Thermoluminescence of foods: Origins and implications for detecting irradiation" International Journal of Radiation, 34, 915- 924 (1989)



مجموعه مقالات

چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹۴، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای)

The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

- 2- C Soika, H Delincée "Thermoluminescence analysis for detection of irradiated food—luminescence characteristics of minerals for different types of radiation and radiation doses", *LWT-Food Science and Technology*, 33, 431-439 (2000)
- 3- S. K. Chauhan, R. Kumar, A. S. Bawa" Detection Methods for Irradiated Foods" *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 4-16 (2009)
- 4- MC D'Oca, A Bartolotta, C Cammilleri, S Giuffrida, "The additive dose method for dose estimation in irradiated oregano by thermoluminescence technique" *Food Control*, 20, 304-306 (2009)
- 5- H. Chung, H. Delince, J. kowan," The application of different detection methods for irradiated dried anchovy and shrimp" *Radiat. Phys. Chem*, 63, 3, 411-414 (2002)
- 6- J. M. Oduko, N. M. Spyrou," Thermoluminescence of irradiated foodstuffs" *Radiat. Phys. Chem*, 36, 5, 603- 607(1990)
- 7- R. Isabey- Gschwind, L. Makovicka, D. Klein, E, Duverger,"Development of thermoluminescent probe for natural radiation measurements in soil" *Radiat. Phys. Chem.*, 61, 669- 672) 2001(
- 8- L.A. Camichael, D. C. W. Sanderson," The use of acid hydrolysis for extracting minerals from shellfish for thermoluminescence detection of irradiation" *Food Chemistry*, 68, 2, 233-238(2000)
- 9- M.C. D'Ocaa, A. Bartolotta, M.C. Cammilleria, M. Braib," Qualitative and quantitative thermoluminescence analysis on irradiated oregano" *Food Control*, 18, 996-1001 (2007)
- 10- N. Kiyak," Application of thermoluminescence technique to identify radiation processed foods " *Radiat. Phys. Chem.*, 46, 4, 721-723(1995)
- 11- J. Kwon, J. Jeong, H. Chung,"Thermoluminescence characteristics of minerals from irradiated potatoes of different origins of production " *Radiat. Phys. Chem.*", 63, 415-418(2002)
- 12- S. Pinnioja, M. Siitari- Kauppi, J. Jenstrom, A Lindberg," Detection of irradiated foods by luminescence of contaminating minerals—effect of mineral composition on luminescence intensity" *Radiat. Phys. Chem*, 55, 743-747(1999)