



تشخیص پرتودیدگی سیب زمینی به وسیله اندازه‌گیری امپدانس الکتریکی

منیره شریف زاده*، مصطفی سهرابپور

مرکز تابش گاما، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۸۴۸۶ - ۱۱۳۶۵، تهران- ایران

چکیده: در این کار پژوهشی، هویت سیب زمینی پرتودیده (نوع آلفا)، به وسیله امپدانس الکتریکی آن تعیین و بررسی شده است. اعمال جریان متناوبی حدود ۳ میلی آمپر همراه با تغییردادن بسامد آن توسط الکترودهای فلزی که درون برشی از سیب زمینی فروبرده می‌شود، سبب تغییر امپدانس آن شده و در بسامدهای خاصی تشخیص امکان‌پذیر می‌گردد. پارامترهای موردنظر عبارتند از: نسبت امپدانس‌ها از صفر تا ۱۸۰ ثانیه (Z_0/Z_{180}) پس از قرار دادن الکتروود در نمونه، همچنین نسبت آنها در بسامدهای بالا (۵۰kHz) به بسامدهای پایین (۵، ۰/۵، ۰/۰۵). نتایج آزمایشها نشان می‌دهند که افزایش مقدار دُز باعث افزایش امپدانس می‌شود، در صورتی که افزایش بسامد جریان موجب کاهش آن می‌گردد، به طوری که عملاً تشخیص نمونه‌های پرتودیده در بسامدهای بالاتر از ۵۰kHz امکان‌پذیر نخواهد بود. همچنین نسبت Z_{50k}/Z_{5k} به سبب بستگی داشتن به دُز جذب شده و تغییرات اندک آن در مدت نگهداری نمونه‌ها بهترین پارامتر برای تعیین هویت نمونه‌های پرتودیده، حتی حدود ۶ ماه پس از پرتودهی است و می‌توان با آن مقدار دُز را نیز برآورد کرد. از نتایج تجربی بدست آمده در بسامدهای ذکر شده نیز روابط ریاضی مناسبی که نمایانگر ارتباط امپدانس با دُز جذب شده و دمای اندازه‌گیری باشد در قالب سه فرمول استنتاج شد. با این فرمولها می‌توان مقدار دُز را در محدوده دمای اندازه‌گیری شده ($20 - 35^\circ\text{C}$) با خطای حداکثر ۸ درصد برآورد کرد.

واژه‌های کلیدی: بسامد، امپدانس، پارامتر تشخیص پرتودیدگی، سیب زمینی پرتودیده

Identification of Irradiated Potatoes by Impedance Measurements

M. Sharifzadeh*, M. Sohrabpour

Gamma Irradiation Center, AEOL, P.O.Box: 11365 – 8486, Tehran - Iran

Abstract: Identification of irradiated potatoes (Alpha variety) by the electrical impedance measurements has been carried out. Experiments were performed by passing ~3mA alternating current through the potato tubers that were punctured with the galvanized metallic electrodes. The parameters Z_0/Z_{180} (impedance ratio at 50Hz, zero to 180 seconds post puncturing), Z_{50k}/Z_{5k} , $Z_{50k}/Z_{0.5k}$, $Z_{50k}/Z_{0.05k}$ (impedance ratio at 50kHz to 5kHz, 0.5kHz and 0.05kHz, respectively) were determined at various temperatures and the best temperature for the measurement was obtained. The selection of the identification parameter was based on its constancy over the post irradiation storage time (six months), as well as, its dependency on the magnitude of the absorbed dose. Based on the above criteria, the impedance ratio of Z_{50k}/Z_{5k} was determined to be the best identification parameter. The obtained empirical formulas allow to estimate the applied dose and also to differentiation between the irradiated and unirradiated potatoes at the temperature of the (20-35°C).

Keywords: frequency, impedance, identification parameter, irradiated potato



۱- مقدمه

با مقدار عناصر موجود در سیب زمینی، مانند کربوهیدراتها، اسیدهای آمینه و ویتامینها می باشند که مقادیر آنها در اثر این عوامل تغییر می کند [۱ و ۲]. استفاده از امپدانس و هدایت الکتریکی یکی از روشهای عملی و قابل اعتماد برای تشخیص پرتودیدگی مواد غذایی غده ای، از جمله سیب زمینی است. بنابراین، برای تعیین هویت سیب زمینی پرتودیده (نوع آلفا)، استفاده از اندازه گیری امپدانس الکتریکی آن مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایشهایی به منظور بررسی اثرهای بسامد جریان متناوب، مقدار دُز جذب شده، زمان اندازه گیری، مدت نگهداری، حرارت و غیره بر امپدانس و انتخاب بهترین شرایط برای تشخیص پرتودیدگی انجام شده است.

فرایند پرتودهی مواد غذایی در بعضی از کشورهای جهان در شرایط استاندارد مجاز اعلام شده، در حالیکه در کشورهای دیگر به علت مخالفت مصرف کنندگان و یا نهادهای کنترل کننده، پذیرفته نشده است. پرتودهی معمولاً باعث تغییرات ظاهری در مواد غذایی نمی شود و تشخیص یک ماده غذایی پرتودیده از پرتوندیده به سختی امکان پذیر است. از این رو در بیشتر کشورهای جهان توجه زیادی به تحقیق درباره روشهای فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی برای تشخیص پرتودیدگی مواد غذایی وجود داشته و تعیین هویت مواد غذایی پرتودیده توسط دستگاههای کنترل کننده با استفاده از روشهای متداول از اهمیت خاصی برخوردار است.

۲- روش کار

در این کار تحقیقی، نمونه های سیب زمینی (نوع آلفا) بکار رفته و پرتودهی آنها به وسیله گاماسل ۲۲۰ با نرخ دُز (0.44 ± 0.08 kGy/h) صورت گرفته و دُزهای ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ گری اعمال شده است. نمونه های پرتودهی شده، پس از پرتودهی به همراه نمونه های پرتوندیده در انکوباتور 15°C نگهداری شدند.

اندازه گیری امپدانس در دمای 25°C به وسیله الکترودهای سوزنی شکل از جنس فلز زنگ نزن، به قطر 0.9 میلی متر و با طول 10 میلی متر و به فاصله 10 میلی متر از یکدیگر انجام گرفته است (شکل ۱). این الکترودها را به نوسان نما (اسیلوسکوپ) متصل کرده و پس از فروکردن آنها در سیب زمینی و برقراری جریان متناوب حدود 3 میلی آمپر بین آنها، با اندازه گیری ولتاژهای موردنظر، امپدانس محاسبه می شد. ولتاژها بلافاصله پس

یکی از کاربردهای پرتودهی مواد غذایی جلوگیری از جوانه زدن پیازها و غدد (سیب زمینی) با استفاده از دُزهای کم پرتوهای یونیزه کننده است. تحقیقات (Delincee (۱۹۹۱) درباره ویژگیهای بافت سیب زمینی پرتودیده نشان داده است که مقدار دُز جذب شده کمتر از 150Gy هم ممکن است تغییراتی در امپدانس الکتریکی آن ایجاد کند که مبنای تشخیص پرتودیدگی سیب زمینی می شود. امپدانس یک گیاه بستگی به شرایط فیزیولوژیکی آن دارد و می توان آنرا برای بررسی آلودگیهای ویروسی، وضعیت زمستان گذرانی جوانه ها و همچنین تشخیص بافتهای پرتودیده از پرتوندیده بکار برد [۱].

روشی که بتوان با آن سیب زمینی های پرتودیده را تشخیص داد باید به دُز پرتودهی بستگی داشته و مستقل از عوامل دیگر، از جمله نگهداری، رشد، تولید و نوع سیب زمینی باشد. روشهای بکار رفته، اغلب مربوط به فعالیت آنزیم ها،



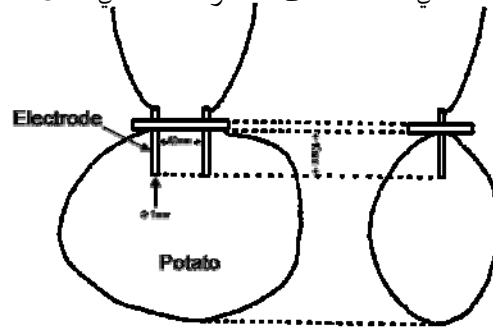
۱۰۰۰ گری پرتودیده‌اند کاهش می‌یابد (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهند که نسبت تغییر امپدانس نمونه‌ها (از لحظه

از فروکردن الکترودها در نمونه و حداکثر تا ۳ دقیقه پس از آن، در بسامدهای مختلف اندازه‌گیری شدند [۲ و ۳].

۳- یافته‌ها و نتیجه‌گیری

۳-۱ امپدانس در بسامدهای مختلف

امپدانس سیب زمینی‌هایی که پس از پرتودهی با دُزهای ۰، ۵۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ گری به مدت یک هفته در دمای ۱۵°C نگهداری شده بودند با بسامدهای مختلف در دمای ۲۵°C

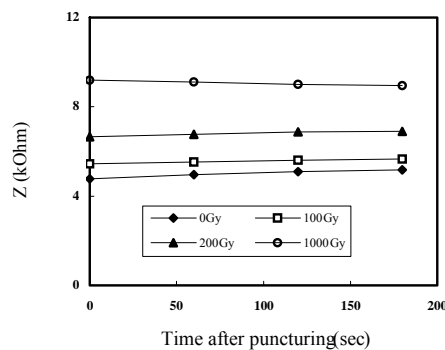


شکل ۱- طرح ساده وضع الکترودهای فلزی مورد استفاده در اندازه‌گیری امپدانس سیب‌زمینی اندازه‌گیری شد. شکل ۲ نتایج این اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. هر نقطه در این شکل معرف میانگین ۱۰ اندازه‌گیری در ۵ نمونه است که پس از فروبردن الکتروود در سیب زمینی بی‌درنگ اندازه‌گیری شده است [۱ و ۵]. این شکل نشان می‌دهد که در بسامدهای پایین مقدار امپدانس بسته به مقدار دُز متفاوت است ولی در بسامدهای بالا این تفاوت مشاهده نمی‌شود. به همین جهت، نسبت مقدار امپدانس در بسامد بالا به مقدار آن در بسامد پایین (مانند $Z_{0.0k}/Z_{0.7k}$ و $Z_{0.0k}/Z_{0.5k}$) برای تعیین اثر پرتویدگی مناسب است [۱ و ۲].

۳۲

Z (kOhm)

شکل ۲- تغییرات امپدانس بر حسب بسامدهای مختلف جریان متناوب



شبی، سوراخ‌های عمیق، اسپدانس با رسان در بسامد ۵۰Hz و در پرتودهی‌های مختلف پس از سوراخ کردن سیب زمینی با الکترودها سوراخ کردن نمونه تا ۱۸۰ ثانیه پس از آن) یعنی $Z_{0.0k}/Z_{0.7k}$ به علت تغییر امپدانس، معمولاً برای تشخیص پرتویدگی مناسب می‌باشد [۲]. این نسبت برای نمونه‌های پرتودیده در دُزها و بسامدهای مختلف، که به مدت یک هفته در دمای ۱۵°C نگهداری شده بودند در دمای محیط (۲۵°C) اندازه‌گیری شد. مقدار بدست آمده، متوسط ۶ اندازه‌گیری در ۶ نمونه است. پارامتر $Z_{0.0k}/Z_{0.7k}$ با افزایش دُز تا بسامد ۱۰kHz افزایش نشان می‌دهد، پس از آن تغییراتش ناچیز می‌شود (شکل ۴). برای انتخاب بهترین بسامد در تعیین $Z_{0.0k}/Z_{0.7k}$ نسبت $F=Vr/Ve$ حساب شد [۲]، و بسامد ۵۰ هرتز به سبب دارا بودن بیشترین مقدار F (جدول ۱)، برای تشخیص پرتویدگی بکار رفت.

۳-۲ تغییر امپدانس نمونه‌های سیب زمینی پس از سوراخ کردن آنها با الکترودها

امپدانس نمونه‌های سیب زمینی پرتوندیده پس از سوراخ کردنشان، حداکثر تا ۱۸۰ ثانیه افزایش می‌یابد، اما امپدانس نمونه‌های ۲۰۰ گری پرتودیده تقریباً ثابت باقی می‌ماند و امپدانس نمونه‌هایی که



همه پارامترها در محدوده دمایی ۲۵°C دارای فاکتور F بیشتری نسبت به دماهای دیگر بوده و بیشترین مقدار F مربوط به پارامتر $Z_{0.5k}/Z_{0.1k}$ می‌باشد. با استفاده از نتایج بدست آمده، دمای ۲۵°C بهترین دما برای تشخیص پرتودیدگی سیب زمینی شناخته می‌شود.

با توجه به شکلهای ۵ تا ۷ و از نتایج تجربی بدست آمده در بسامدهای مورد استفاده، روابط ریاضی نمایانگر ارتباط مناسب امپدانس با دز جذب شده و دمای اندازه‌گیری در قالب سه فرمول استخراج شد. با این فرمولها می‌توان مقدار دز پرتودهی را در محدوده دمایی اندازه‌گیری (۳۵°C - ۲۰) با حداکثر خطای ۸ ± درصد برآورد کرد:

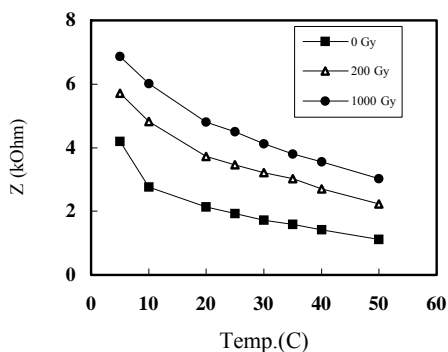
$$1) Z_{50k} = [0.29 + (0.00012D^{.64})][6.2 - \ln(t)]$$

$$2) Z_{5k} = [1.2 + (0.12D^{.25})][4.9 - \ln(t)]$$

$$3) Z_{0.5k} = [1.82 + 0.63D^{.17}][4.7 - \ln(t)]$$

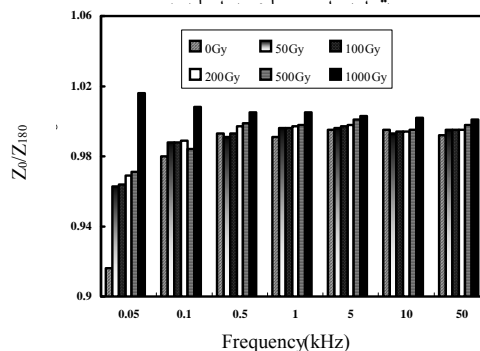
Z (kOhm)

شکل ۵- تغییرات امپدانس با دمای اندازه‌گیری در بسامد ۰/۵ kHz



۳-۳ اندازه‌گیری دما

نمونه‌های موردنظر با دزهای ۲۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ گری پرتودهی و به مدت یک هفته در دمای ۱۵°C نگهداری شدند.



شکل ۴- تغییرات پارامتر Z_0/Z_{180} با بسامد جریان متناوب در ۲۵°C

جدول ۱- نسبت واریانس ($F=Vr/Ve$) پارامتر تشخیص پرتودیدگی Z_0/Z_{180} در بسامدهای مختلف جریان متناوب

بسامد (Hz)	50	100	500	1k	5k	10k	50k
F	11.46	5.65	2.46	2.44	2.45	1.93	1.22
n	60	60	60	60	60	60	60

آنها با استفاده از دستگاه کنترل دما، در دماهای مختلف (از ۳۳ تا ۵۰°C) و در بسامدهای مختلف اندازه‌گیری و پارامترهای

$Z_{0.5k}/Z_{0.1k}$ ، $Z_{0.1k}/Z_{0.05k}$ و Z_0/Z_{180} در هر دما حساب شدند [۱]. مقادیر نشان داده شده در شکلهای ۵ تا ۹ متوسط ۱۰ اندازه‌گیری در ۵ نمونه است. در دماهای ۲۰ تا ۳۵°C، امکان تشخیص پرتودیدگی و برآورد مقدار دز جذب شده بیشتر است، ولی در دماهای بالاتر از این حد، امکان تعیین هویت کم می‌شود [۲].

برای تعیین بهترین شرایط تشخیص نمونه‌های پرتودیده نسبت واریانس F برای امپدانسها و پارامترهای مختلف حساب شد (جدول ۲). تقریباً



در مدت نگهداری به طور تقریبی بدست آورد.

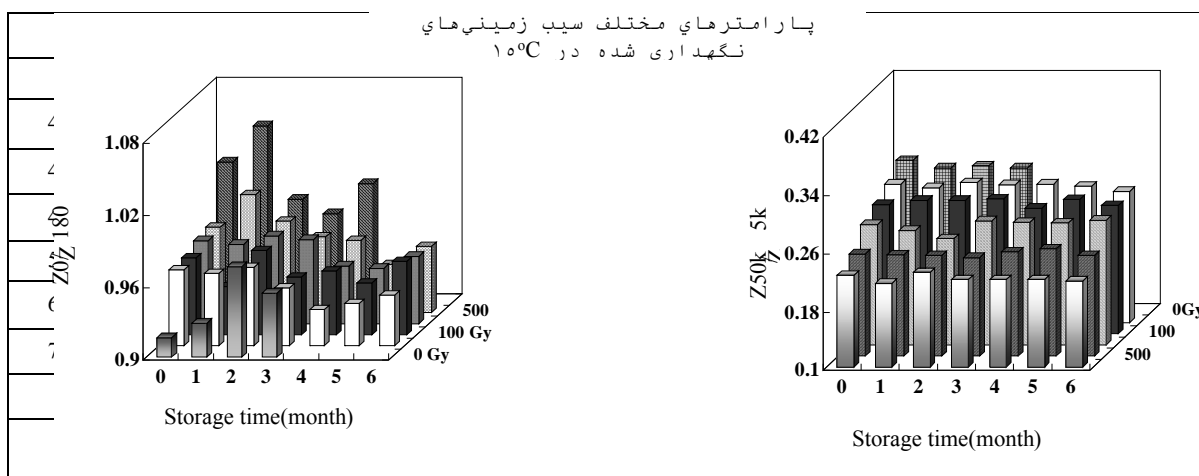
گرچه اندازه‌گیری امپدانس، روش عملی و قابل اعتمادی است که می‌توان به وسیله آن نمونه‌های پرتودیده را از پرتونیدیده تشخیص داد، ولی برای کاربرد این روش، مطالعات بیشتری بر روی واریته‌های دیگر سیب زمینی، و شرایط دیگر از جمله دماهای مختلف نگهداری و نواحی گوناگون برداشت محصول لازم است.

پارامتر برای تشخیص پرتودیدگی شناخته شده است.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، نسبت پارامتر $Z_{0,k}/Z_k$ برای تشخیص پرتودیدگی سیب زمینی (نوع آلفا) تا حدود شش ماه پس از پرتودهی است. همچنین به کمک روابط تجربی بدست آمده برای امپدانس در بسامدهای مختلف، به ویژه برای $Z_{0,k}$ ، با توزیع یکنواخت‌تر در محدوده پرتودهی (تا ۲۰۰ گری) مقدار دُز را نیز می‌توان

جدول ۳- ارتباط بین امپدانس و پارامترهای تشخیص پرتودیدگی و دُز پرتودهی



۳۵

Storage Time (month)

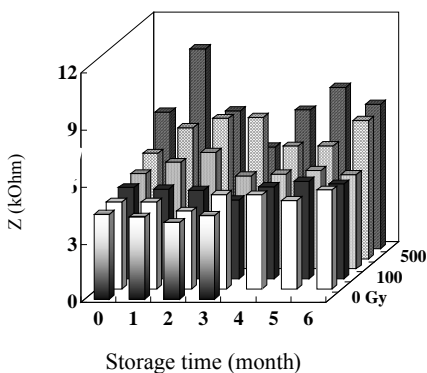
شکل ۱۳- امپدانس در ۵kHz

□□□□□□□□

$Z_{0,180}/Z_{180}$

Storage Time (month)

شکل ۱۲- $Z_{0,180}/Z_{180}$

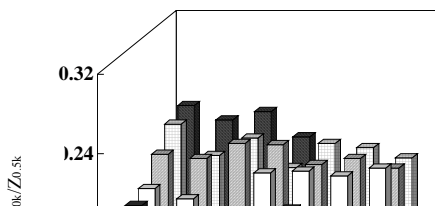


5k

Z_{50k}/Z_{5k}

Storage Time (month) شک

شکل ۱۰- $Z_{0,k}/Z_k$





شکل ۱۱ - $Z_{\text{ok}}/Z_{\text{ok}}$

پروژه مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تشکر و قدردانی
بدینوسیله از زحمات آقایان عباسعلی مرشد، علی سرک و خسرو محمودنژاد که در انجام این

References:

1. T. Hayashi, "Identification of irradiated potatoes by impedemetric methods," In: Health Impact Identification and Dosimetry of Irradiated Foods, Report of WHO Working Group, ericht des Institutes für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, ISH - 125, 432-452. Nneuerberg, FRG (1988).
2. T. Hayashi, M. Iwamoto, K. Kawashima, "Identification of irradiated potatoes by impedance measurements," Agric. Biol. Chem, (Tokyo) **46**, 905-912 (1982).
3. T. Hayashi, K. Kawashima, M. Iwamoto "Impedance measurement of irradiated potatoes," Nippon Shokuhin Kogyo Gakkai-shi. Journal of Food Science and Technology, Japan **30**, **1**, 51-54 (1983).
4. IAEA-TECDOC-587, "Analytical Detection Methods for Irradiated Foods," IAEA, Vienna **8** (1991).
5. T. Hayashi, S. Todoriki, K. Otobe, J. Sugiyama, "Impedance measuring technique for identifying irradiated potatoes," Biosci. Biotechnol. Biochem., **56**, 1929 (1994).
6. T. Hayashi, S. Todoriki, K. Otobe, J. Sugiyama, "Applicability of impedance measuring method to the detection of irradiation treatment of potatoes," J. Jpn. Soc. Food. Sci. Technol., **40**, 378 (1994).