



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، هويت سیب زمینی پرتودیده (نوع آلفا)، به وسیله امپدانس الکتریکی آن تعیین و بررسی شده است. اعمال جریان متناوبی حدود ۳ میلی آمپر همراه با تغییر دادن بسامد آن توسط الکترودهای فلزی که درون برشی از سیب زمینی فروبرده می‌شود، سبب تغییر امپدانس آن شده و در بسامدهای خاصی تشخیص امکان پذیر می‌گردد. پارامترهای مورد نظر عبارتند از: نسبت امپدانس‌ها از صفر تا ۱۸۰ ثانیه (Z_0/Z_{180}) پس از قرار دادن الکترودها در نمونه، همچنین نسبت آنها در بسامدهای بالا (۵۰ kHz) به بسامدهای پایین (۵ kHz، ۰/۵، ۰/۱۰۵). 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 ۵۰ kHz امکان پذیر 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 هويت 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 استخراج شد. با این فرمولها می‌توان مقدار دُز را در محدوده دمای اندازه‌گیری شده (۲۰ - ۳۵°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, AEOI, 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

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 نمی‌شود و تشخیص یک ماده غذایی پرتودیده از پرتوندیده به سختی امکان‌پذیر است. از این رو در بیشتر کشورهای جهان توجه زیادی به تحقیق درباره روشهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی 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.

یکی از کاربردهای پرتودهی مواد غذایی جلوگیری از جوانه‌زدن پیازها و غدد (سیب زمینی) با استفاده از دزهای کم پرتوهای یونیزه کننده است. تحقیقات (Delincee, 1991) درباره ویژگیهای بافت سیب زمینی پرتودیده نشان داده است که مقدار دز جذب شده کمتر از 150 Gy هم ممکن است تغییراتی در امپدانس الکتریکی آن ایجاد کند که مبنای تشخیص پرتودیدگی سیب زمینی می‌شود. امپدانس یک گیاه بستگی به شرایط فیزیولوژیکی آن دارد و می‌توان آنرا برای بررسی آلودگیهای ویروسی، وضعیت زمستان گذرانی جوانه‌ها و همچنین تشخیص بافتهای پرتودیده از پرتوندیده بکار برد [1].

روشی که بتوان با آن سیب زمینی‌های پرتودیده را تشخیص داد باید به دز 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 آنزیم‌ها، یا مقدار عناصر موجود در سیب زمینی، مانند کربوهیدراتها، اسیدهای آمینه و ویتامینها می‌باشند که مقادیر آنها در اثر این عوامل تغییر می‌کند [1 و 2].

استفاده از امپدانس و هدایت الکتریکی یکی از روشهای عملی و قابل اعتماد برای تشخیص پرتودیدگی مواد غذایی غده‌ای، از جمله سیب زمینی است. بنابراین، برای تعیین هویت سیب زمینی پرتودیده (نوع آلفا)، استفاده از اندازه‌گیری امپدانس الکتریکی آن مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایشهایی به منظور بررسی اثرهای بسامد جریان متناوب، مقدار دز جذب شده، زمان

اندازه‌گیری، مدت نگهداری، حرارت و غیره بر امپدانس و انتخاب بهترین شرایط برای تشخیص پرتودیدگی انجام شده است.

۲- روش کار

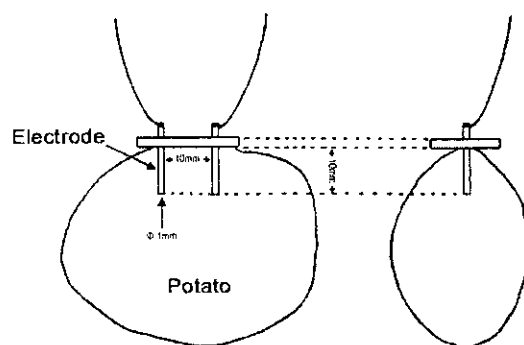
در این کار تحقیقی، نمونه‌های سیب زمینی (نوع آلفا) بکار رفته و پرتودهی آنها به وسیله گاماسل ۲۲۰ با نرخ دز $(8/86 \pm 0/44 \text{ kGy/h})$ صورت گرفته و دزهای ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ گری اعمال شده است. نمونه‌های پرتودهی شده، پس از پرتودهی به همراه نمونه‌های پرتوندیده در انکوباتور 15°C نگهداری شدند.

اندازه‌گیری امپدانس در دمای 25°C به وسیله الکترودهای سوزنی شکل از جنس فلز زنگ نزن، به قطر $0/9$ میلی‌متر و با طول 10 میلی‌متر و به فاصله 10 میلی‌متر از یکدیگر انجام گرفته است (شکل ۱). این الکترودها را به نوسان‌نما (اسیلوسکوپ) متصل کرده و پس از فروکردن آنها در سیب زمینی و برقراری جریان متناوب حدود 3 میلی آمپر بین آنها، با اندازه‌گیری ولتاژهای موردنظر، امپدانس محاسبه می‌شود. ولتاژها بلافاصله پس از فروکردن الکترودها در نمونه و حداکثر تا 3 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 دزهای ۰، ۵۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ گری به مدت یک هفته در دمای 15°C نگهداری شده بودند با بسامدهای مختلف در دمای 25°C



شکل ۱- طرح ساده وضع الکترودهای فلزی مورد استفاده در اندازه‌گیری امپدانس سیب‌زمینی



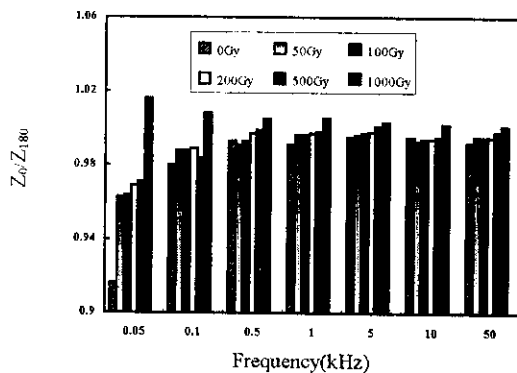
سوراخ کردن نمونه تا ۱۸۰ ثانیه پس از آن یعنی Z_{0}/Z_{180} به علت تغییر امپدانس، معمولاً برای تشخیص پرتودیدگی مناسب می‌باشد [۲].

این نسبت برای نمونه‌های پرتودیده در دژها و بسامدهای مختلف، که به مدت یک هفته در دمای 15°C نگهداری شده بودند در دمای محیط (25°C) اندازه‌گیری شد. مقدار بدست آمده، متوسط ۶ اندازه‌گیری در ۶ نمونه است. پارامتر Z_{0}/Z_{180} با افزایش دژ تا بسامد 10kHz افزایش نشان می‌دهد، پس از آن تغییرات ناچیز می‌شود (شکل ۴).

برای انتخاب بهترین بسامد در تعیین Z_{0}/Z_{180} نسبت واریانس $F=Vr/Ve$ حساب شد [۲]، و بسامد ۵۰ هرتز به سبب دارا بودن بیشترین مقدار F (جدول ۱)، برای تشخیص پرتودیدگی بکار رفت.

۳-۳ اندازه‌گیری دما

نمونه‌های موردنظر با دژهای ۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ گری پرتودهی و به مدت یک هفته در دمای 15°C نگهداری شدند. امپدانس



شکل ۴- تغییرات پارامتر Z_{0}/Z_{180} با بسامد جریان متناوب در 25°C

جدول ۱- نسبت واریانس ($F=Vr/Ve$) پارامتر تشخیص پرتودیدگی Z_{0}/Z_{180} در

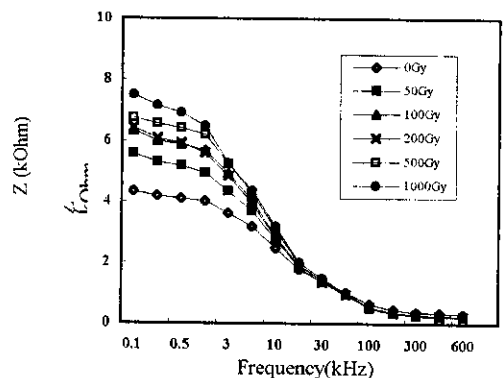
بسامدهای مختلف جریان متناوب

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

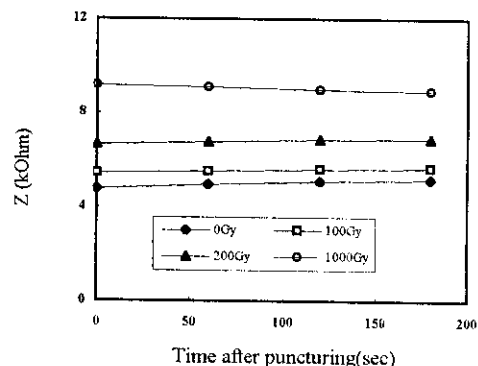
اندازه‌گیری شد. شکل ۲ نتایج این اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. هر نقطه در این شکل معرف میانگین ۱۰ اندازه‌گیری در ۵ نمونه است که پس از فروبردن الکتروود در سیب زمینی بی‌درنگ اندازه‌گیری شده است [۱ و ۵]. این شکل نشان می‌دهد که در بسامدهای پایین مقدار امپدانس بسته به مقدار دژ متفاوت است ولی در بسامدهای بالا این تفاوت مشاهده نمی‌شود. به همین جهت، نسبت مقدار امپدانس در بسامد بالا به مقدار آن در بسامد پایین (مانند $Z_{0,k}/Z_{0,0k}$ و $Z_{0,k}/Z_{0,0k}$) برای تعیین اثر پرتودیدگی مناسب است [۱ و ۲].

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

امپدانس نمونه‌های سیب زمینی پرتودیده پس از سوراخ کردنشان، حداکثر تا ۱۸۰ ثانیه افزایش می‌یابد، اما امپدانس نمونه‌های ۲۰۰ گری پرتودیده تقریباً ثابت باقی می‌ماند و امپدانس نمونه‌هایی که ۱۰۰۰ گری پرتودیده‌اند کاهش می‌یابد (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهند که نسبت تغییر امپدانس نمونه‌ها (از لحظه

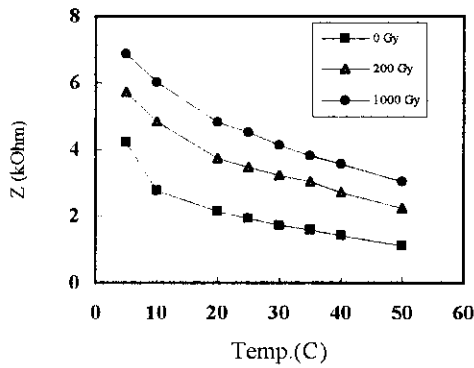


شکل ۲- تغییرات امپدانس بر حسب بسامدهای مختلف جریان متناوب

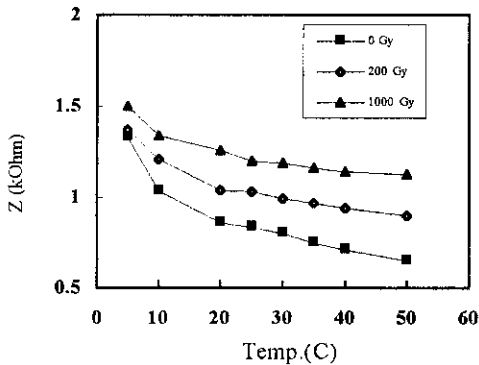


شکل ۳- نمودارهای تغییرات امپدانس با زمان در بسامد ۵۰ Hz و در پرتودهی‌های

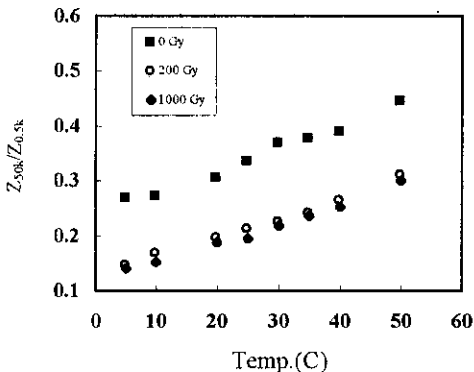
مختلف پس از سوراخ کردن سیب زمینی با الکتروودها
 www.SID.ir



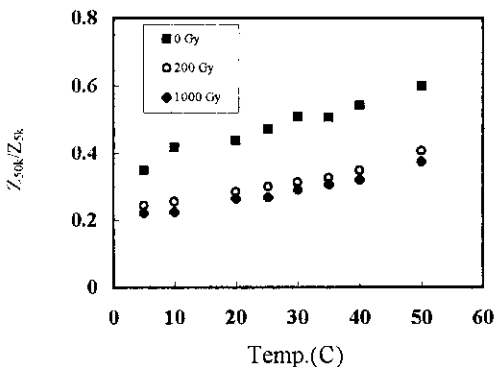
شکل ۶- تغییرات امپدانس با دمای اندازه گیری در بسامد ۵ kHz



شکل ۷- تغییرات امپدانس با دمای اندازه گیری در بسامد ۵۰ kHz



شکل ۸- تغییرات پارامتر تشخیص پرتودیدگی $Z_{50k}/Z_{0.5k}$ با دمای اندازه گیری



شکل ۹- تغییرات پارامتر تشخیص پرتودیدگی Z_{50k}/Z_{5k} با دمای اندازه گیری

آنها با استفاده از دستگاه کنترل دما، در دماهای مختلف (از ۵ تا ۵۰°C) و در بسامدهای مختلف اندازه گیری و پارامترهای $Z_{50k}/Z_{0.5k}$ ، Z_{50k}/Z_{5k} ، $Z_{0.5k}/Z_{5k}$ و $Z_{0.5k}/Z_{10k}$ در هر دما حساب شدند [۱]. مقادیر نشان داده شده در شکل‌های ۵ تا ۹ متوسط ۱۰ اندازه گیری در ۵ نمونه است. در دماهای ۲۰ تا ۳۵°C، امکان تشخیص پرتودیدگی و برآورد مقدار دُز جذب شده بیشتر است، ولی در دماهای بالاتر از این حد، امکان تعیین هویت کم می‌شود [۲].

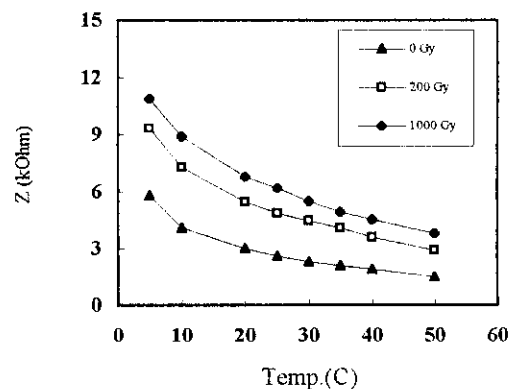
برای تعیین بهترین شرایط تشخیص نمونه‌های پرتودیده نسبت واریانس F برای امپدانس‌ها و پارامترهای مختلف حساب شد (جدول ۲). تقریباً همه پارامترها در محدوده دمای ۲۵°C دارای فاکتور F بیشتری نسبت به دماهای دیگر بوده و بیشترین مقدار F مربوط به پارامتر $Z_{0.5k}/Z_{5k}$ می‌باشد. با استفاده از نتایج بدست آمده، دمای 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 دُز جذب شده و دمای اندازه گیری در قالب سه فرمول استنتاج شد. با این فرمولها می‌توان مقدار دُز پرتوهی را در محدوده دمای اندازه گیری (۲۰ - ۳۵°C) با حداکثر خطای $\pm 8\%$ درصد برآورد کرد:

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

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

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



شکل ۵- تغییرات امپدانس با دمای اندازه گیری در بسامد ۵ kHz



جدول ۲- نسبت واریانس ($F=Vr/Ve$) پارامترهای تشخیص پرتودیدگی بدست آمده در دماهای مختلف برای سبب زمینی‌های پرتودیده در دزهای ۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ گری

دما (°C)								پارامترها
50	40	35	30	25	20	10	5	
30.1	29.7	30.9	31.7	31.9	25.77	30.71	27.5	$Z_{0.5k}$
30.7	20	23.1	24	34.7	17.6	18	6.8	$Z_{50k}/Z_{0.5k}$
29.5	31.3	29.8	31.8	31.74	22.8	30.76	15.62	Z_{5k}
31.2	22.75	29.1	20.7	24.07	16.12	15.36	6.25	Z_{50k}/Z_{5k}
28.52	27	29.24	30.72	32.75	28.15	29.47	21.6	$Z_{0.5k}$
7.06	7.8	10.7	15.5	17.7	11.04	11.77	5.2	$Z_{50k}/Z_{0.5k}$
19.5	13	13.2	14.3	12.75	14.8	7.87	2.1	Z_{50k}

پارامتر برای تشخیص پرتودیدگی شناخته شده است.

۳-۴- تشخیص در مدت نگهداری

سبب زمینی‌های پرتودیده در دمای ۱۵°C به مدت ۶ ماه نگهداری شده‌اند و در این مدت امیدانس آنها در دمای ۲۵°C اندازه‌گیری شده است. نتایج پنج اندازه‌گیری در پنج نمونه در شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ نشان داده شده است [۱ و ۶]. اندازه‌گیری امیدانس سبب زمینی‌های پرتودیده تا ۳ ماه بیشتر تعقیب نشد، زیرا پس از گذشت یک ماه و نیم، جوانه‌ها شروع به رشد کرده و طول آنها پس از گذشت این مدت به چند سانتی‌متر رسیده بود. با توجه به نتایج بدست آمده پس از ۶ ماه اندازه‌گیری امیدانس، مقادیر انحراف معیاری و آنالیز واریانس F برای پارامترهای موردنظر حساب شده‌اند (جدول ۳). بر طبق این جدول، پارامتر $Z_{0.5k}/Z_{0.5k}$ ، همچنین امیدانس Z_{0k} دارای بیشترین مقدار F بوده و در تمام مدت نگهداری تقریباً ثابت بوده‌اند، ولی پارامترهای $Z_{0.5k}/Z_{180}$ و $Z_{0.5k}/Z_{10k}$ به تدریج پس از پرتودهی تغییر کرده و مقادیر آنها پراکندگی بیشتری نسبت به مقادیر پارامترهای دیگر داشته‌اند. به همین جهت نسبت $Z_{0.5k}/Z_{0k}$ در دمای ۲۵°C بهترین

۴- نتیجه‌گیری

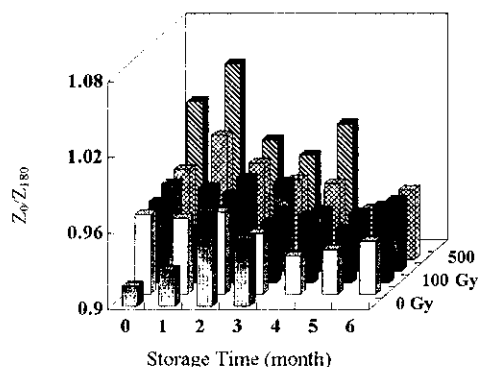
بر اساس نتایج بدست آمده، نسبت $Z_{0.5k}/Z_{0k}$ پارامتر مناسبی برای تشخیص پرتودیدگی سبب زمینی (نوع آلفا) تا حدود شش ماه پس از پرتودهی است. همچنین به کمک روابط تجربی بدست آمده برای امیدانس در بسامدهای مختلف، به ویژه برای Z_{0k} ، با توزیع یکنواخت‌تر در محدوده پرتودهی (تا ۲۰۰ گری) مقدار دز را نیز می‌توان در مدت نگهداری به طور تقریبی بدست آورد.

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

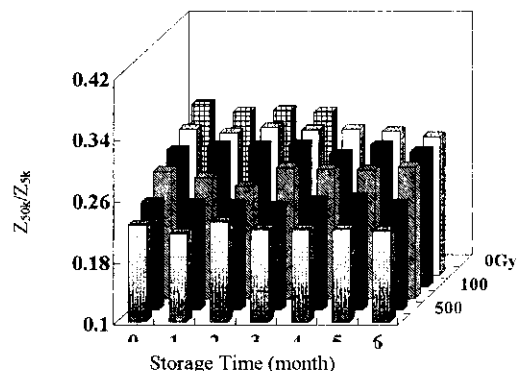
جدول ۳- ارتباط بین امیدانس و پارامترهای تشخیص پرتودیدگی و دز پرتودهی

Parameter						دز (Gy)
$Z_{0.5k}$	Z_{5k}	$Z_{50k}/Z_{0.5k}$	Z_{50k}/Z_{5k}	$Z_{50k}/Z_{0.05k}$	Z_0/Z_{180}	
4.27±.440	3.01 ± .365	0.195±.024	0.302±.025	0.219±.025	0.940±.039	0
4.70±.586	3.28 ± .413	0.177±.025	0.285±.016	0.20 ± .024	0.948±.025	50
4.74±.685	3.42 ± .463	0.182±.024	0.280 ±.019	0.203±.023	0.954±.030	100
5.23±.780	3.64±.486	0.166±.028	0.264 ±.024	0.184±.029	0.959±.020	200
6.60±1.35	4.25±.636	0.144±.030	0.240 ±.020	0.158±.031	0.963±.031	500
7.67±2.47	4.57±.734	0.122±.034	0.221±.022	0.141±.036	1.003±.042	1000
31.42	34.7	27.14	60.4	17.06	14.82	F-Value
195	195	195	195	195	195	Π (تعداد نمونه‌ها)

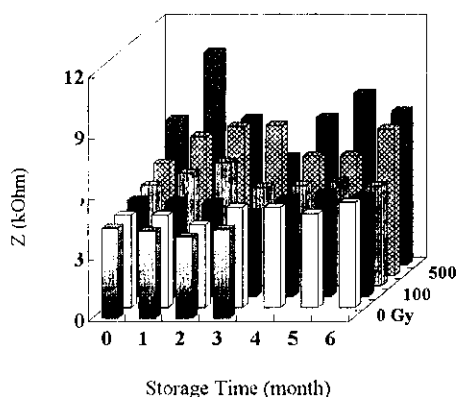
پارامترهای مختلف سیب زمینی‌های نگهداری شده در ۱۵°C



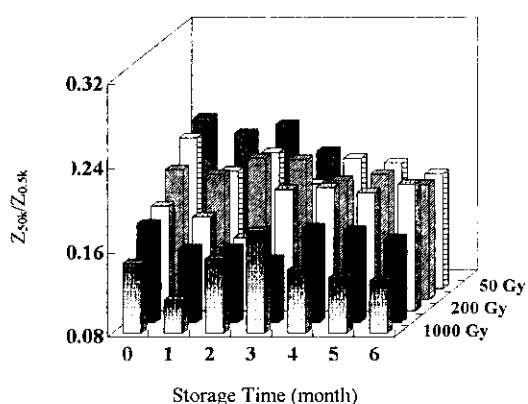
شکل ۱۲ - Z_0/Z_{180}



شکل ۱۰ - Z_{500k}/Z_{5k}



شکل ۱۳ - امپدانس در kHz



شکل ۱۱ - $Z_{500k}/Z_{0.5k}$

خسرو محمودنژاد که در انجام این پروژه مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات آقایان عباسعلی مرشد، علی سرلک و

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).