نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد نهم، شماره دوم، ۹۶
۱۰۱-۱۱۰
http://ejfpp.gau.ac.ir

(مقاله کوتاه)

تشخیص سیب‌زمینی‌های سالم از ناسالم با استفاده از امواج ماکروویو

علی ملکی[۱*]، محمدعلی قضاوی[۱]، فرزاد مهدیه بروجنی[۳]، مهدی مرادی[۳]، نیلوفر باغوردانی[۴]

[۱]دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲]استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۳]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۴]دانش‌آموخته کارشناسی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم ، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: سیب‌زمینی در طول دوره رشد و انبارمانی با آفت و خرابی‌های متعددی روبه‌رو می‌شود، که برخی از این خرابی‌ها در اثر شرایط محیطی و یا در اثر تنش‌های مختلف مکانیکی به وجود می‌آیند و در نتیجه هیچ‌گونه اثری در سطح محصول باقی نمی‌گذارند اما بر کیفیت محصول تأثیر منفی می‌گذارند. برای تشخیص این خرابی‌ها، چندین روش موجود است که یکی از آنها به کارگیری امواج ماکروویو است. لذا پژوهش حاضر با هدف امکان سنجی جداسازی سیب زمینی سالم از ناسالم بر مبنای مقدار ثابت دی‌الکتریک انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای تهیه نمونه‌های ناسالم، نمونه‌های اولیه در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبتی نسبی ۴۰ درصد، درون کیسه‌های نایلونی به مدت ۴ ماه نگهداری گردید تا از لحاظ ظاهری به کیفیت نامطلوب برسد. همچنین برای اندازه‌گیری امپدانس نمونه‌ها، از استوانه برنجی واقع در کانکتور به ابعاد ۱۳/۱×۲۰/۶ میلی‌متر استفاده شد. امواج مخابراتی با فرکانس‌های بالا به سمت نمونه موردنظر فرستاده می‌شد که مقداری از این امواج توسط نمونه جذب‌شده و بقیه برگشت داده می‌شوند. میزان جذب موج توسط نمونه، به جنس(بافت)، دمای نمونه و فرکانس موج اولیه بستگی دارد که با درجه‌بندی آن می‌توان ثابت دی‌الکتریک نمونه را اندازه‌گیری نمود. در این تحقیق ثابت‌های دی‌الکتریک سه واریته سیب‌زمینی آگریا، آرینداو ساوالان با استفاده از سامانه خط انتقال اتصال کوتاه در دو سطح دمایی ۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سه سطح فرکانسی ۹۱۵، ۱۸۰۰ و ۲۴۵۰ هرتز اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد کلیه پارامترهای مستقل و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده است. بررسی اثر متقابل دما و رقم نشان داد که بیشترین میزان ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی‌های سالم برای رقم آرینداو دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۵۹/۱۷ و کمترین میزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آگریا و دمای صفر درجه سانتی‌گراد،۵۲/۷۳ حاصل شد. این در حالیست که برای سیب‌زمینی‌های ناسالم بیشترین میزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آرینداو دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد،۵۷/۶۱ و کمترین مقدار برای رقم آگریا و دمای صفر درجه سانتی‌گراد،۵۱/۴۵ حاصل شد. نتایج مربوط به اعمال سه سطح فرکانسی نشان داد، در فرکانس۹۱۵ مگاهرتز بیشترین مقدار ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد معادل ۵۹/۳۱ و کمترین مقدار آن در فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و دمای صفر درجه سانتی‌گراد، ۵۳/۳۰ است.

*مسئول مکاتبه: maleki@agr.sku.ac.ir

نتیجه‌گیری: به طور کلی، برای سیب‌زمینی‌های ناسالم در تیمارهای متناظر، مقادیر ثابت دی‌الکتریک بین 1 الی ۲ واحد کمتر است و با افزایش دما، ثابت دی الکتریک افزایش می‌یابد. اساسی‌ترین دلیل آن از دست‌دادن رطوبت (آبهای آزاد) در طی دوره انبارمانی است. همچنین باتوجه به بافت ارقام مختلف سیب‌زمینی، ثابت دی‌الکتریک آریندا بیشتر از ساوالان و ساوالان بیشتر از آگریا است. براین اساس به منظور جداسازی کیفی محصول، بسته‌بندی و ... از تفاوت در ثابت‌های دی الکتریک، می‌توان به خوبی بهره‌برد.

واژه‌های کلیدی: امواج مخابراتی،ثابت دی الکتریک، دما، سیب‌زمینی، فرکانس

مقدمه

در زمان برداشت سیب‌زمینی و مراحل پس از آن (حمل و نقل، انبار کردن و...)، تنش‌های مختلفی به صورت مکانیکی و طبیعی ممکن است به غده وارد شود و بر روی کیفیت این محصول تأثیر منفی بگذارد (۱۳). برخی از این تنش‌ها باعث بروز آثاری در سطح سیب‌زمینی می‌شوند که به راحتی با چشم قابل تشخیص هستند اما برخی از خرابی‌ها هستند که در اثر شرایط محیطی رشد و نگهداری یا در اثر تنش‌های مختلف مکانیکی به وجود می‌آیند و هیچ گونه اثری در سطح به جا نمی‌گذارند، بلکه خرابی‌هایی در داخل غده ایجاد می‌کنند. پوک‌شدگی[1]، لکه سیاه[2]، قلب سیاه[3] و چندین آسیب دیگر از جمله ی این خرابی‌های داخلی می‌باشند (۱۵). برای تشخیص این دسته از خرابی‌ها بدون اینکه سیب‌زمینی بریده شود، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آن‌ها به کارگیری امواج مایکروویو است. ماکروویوها در حقیقت موج‌های الکترومغناطیس با دامنه فرکانسی ۳۰۰مگاهرتز تا ۳۰۰گیگاهرتز هستند (۱۶). این در حالی است که سیستم‌های ماکروویو صنعتی در فرکانس۹۱۵مگاهرتز تا ۲/۴۵گیگاهرتز کار می‌کنند (۱، ۱۰). در کشاورزی و فرآوری مواد غذایی معمولاً از امواج مایکروویو برای تعیین میزان رسیدگی و کیفیت محصولات و همچنین تشخیص برخی خرابی‌ها استفاده شده است (۳). روش استفاده از امواج مایکروویو مزایای فراوانی مانند اندازه‌گیری و تفسیر سریع، دقت بالا، نفوذ به درون موادی که از نظر اپتیکی کدر هستند، هزینه‌ی تقریباً مناسب، نداشتن خطر تشعشع و میسر بودن امکان اندازه‌گیری دوران خطی را دارا می‌باشد (۲ و ۱۴).

در یک خط تولید وابسته به سیب‌زمینی یا برای درجه‌بندی سیب‌زمینی نمی‌توان تمام سیب‌زمینی‌ها را تکه تکه کرد تا علائم داخلی آن‌ها را مشاهده کرد، چرا که این امر برای سیب‌زمینی‌هایی که قرار است انبار شوند یا به فروش برسند، غیرممکن است. از این رو استفاده از روشی که بتوان بیماری‌ها و خرابی‌های داخلی سیب‌زمینی را به راحتی تشخیص داد مسئله‌ای است که باید حل شود. یکی از روش‌های موجود برای تشخیص این خرابی‌ها استفاده از امواج مایکروویو است (۸).

بکارگیری امواج مایکروویو در علوم کشاورزی: هر چند بیش از نیم قرن از استفاده از امواج ماکروویو جهت مصارف خانگی گذشته است، اما مصارف صنعتی این امواج تنها محدود به سال‌های اخیر است (۷). امواج مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیسی هستند و موج مایکروویو علاوه بر طول موج به عامل مهم جنس ماده نیز وابسته است. اکثر محققان به وجود رابطه بین سختی و فرکانس تشدید پی برده‌اند.

گیو و همکاران (۲۰۰۷) خواص دی‌الکتریک سیب‌های تازه را طی انبارمانی بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که خواص دی‌الکتریک سیب الزاماً طی دوره انبار مانی ثابت باقی می‌ماند(۴). گیو و همکاران (۲۰۰۸) خواص دی‌الکتریک چهار نمونه آرد نخود را در سطوح مختلف دما، رطوبت و فرکانس اندازه‌گیری کردند. خواص دی‌الکتریک نمونه‌ها با افزایش فرکانس کاهش یافت اما با افزایش دما و میزان رطوبت افزایش پیدا کرد(۵). نلسون (۲۰۰۶) خواص دی‌الکتریک سیب، آووکادو، موز، طالبی، هویج، خیار، انگور، پرتقال و سیب‌زمینی را به صورت ترسیمی ارائه کرده است. ثابت دی‌الکتریک در فرکانس‌های پایین با افزایش دما افزایش یافت، اما در فرکانس‌های بالا کاهش پیدا کرد(۱۱). گیو و همکاران (۲۰۱۱) اثر رسیدگی را بر خواص دی‌الکتریک سیب

1- Hallow Heart
2- Black Spot
3- Black Heart

بررسی کردند. رابطه مشخصی بین ثابت دی‌الکتریک و سختی، میزان رطوبت یا اسیدیته یافت نشد(۶).

ساسیلیک و همکاران (۲۰۰۷) در گستره ۱ تا ۱۰۰ مگاهرتز خواص دی‌الکتریک بذر گلرنگ را بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که خواص دی‌الکتریک به شدت متأثر از میزان رطوبت، فرکانس و چگالی حجمی محصول می‌باشد(۱۲). نتایج مجذوبی و فلسفی (۲۰۱۵) در رابطه با تأثیر امواج ماکروویو بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نشاسته‌های ذرت و یولاف نشان داد که با افزایش زمان فرآیند حرارت دهی، در ماکروفر در اثر تخریب ساختار درشت مولکول‌های نشاسته، سفتی بافت نمونه‌ها کاهش می‌یابد، درحالی که قدرت جذب آب و حلالیت نمونه‌ها افزایش پیدا کرد (۷). پژوهش حاضر به منظور تعیین مقدار ثابت دی الکتریک سیب‌زمینی سالم و ناسالم انجام گردید تا بتوان از این طریق به ارتباط خواص کیفی محصول با ثابت دی‌الکتریک دست یافت و بتوان از آن در جداسازی محصولات سالم از ناسالم بر مبنای مقدار ثابت دی‌الکتریک اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از سه واریته سیب‌زمینی به نام‌های آگریا[1] ، آریندا[2] و ساوالان[3] استفاده شد. نمونه‌های سالم تا زمان آزمایش‌ها در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. برای تهیه نمونه‌های ناسالم، نمونه‌های اولیه در شرایط دمایی و رطوبتی آزمایشگاه (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۰٪) درون کیسه‌های نایلونی به مدت ۴ ماه نگهداری گردید تا از لحاظ ظاهری به کیفیت نامطلوب برسد (۸). پنج روش اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک با استفاده از امواج مایکروویو وجود دارد، که عبارتند از: سامانه‌های بازتابش خطی شیاردار[4]، خط انتقال هم محور اتصال کوتاه[5]، انتقال فضای آزاد[6]، تشدید حفره پرشده[7] و سامانه بازتابش پروب[8]، جهت اندازه‌گیری خواص دی‌الکتریک مواد مختلف به کار برده می‌شوند (۱٤). از آنجایی که تلفات دی‌الکتریک برای محصولات کشاورزی خیلی بالا است، در نتیجه برای افزایش دقت اندازه‌گیری سه سامانه هم‌محور اتصال کوتاه، انتقال فضای آزاد، و بازتابش پروب انتخاب شدند. مقادیر ثابت دی‌الکتریک در روش خط انتقال هم محور اتصال کوتاه، با اندازه‌گیری مقادیر دامنه و فاز موج برگشتی از نمونه نسبت به موج رفت، بدست خواهد آمد. میزان جابجایی موج برگشتی (تغییر فاز) به مقدار ثابت دی‌الکتریک بستگی دارد. در این روش نمونه‌ها باید به صورت حلقوی برش داده شوند. ضخامت معمول نمونه‌های مورد استفاده در محدوده فرکانسی ۲۴۵۰ مگاهرتز از ۵ میلی‌متر برای چوب‌ها تا ۱۹ میلی‌متر برای چربی‌ها و روغن‌ها است. یکی از جنبه‌های مهم این روش اندازه‌گیری، طراحی نگهدارنده نمونه (محفظه قرارگیری نمونه) برای اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک است. از آنجا که جهت اندازه‌گیری امپدانس نمونه‌ها، نیاز به برش نمونه و قراردادن آن به درون استوانه برنجی واقع در کنکتور بود، برای انجام این عمل وسیله‌ای با ابعاد ۲۰/۶ میلی‌متر ساخته شد (شکل۱- وسط). با گذاشتن نمونه‌های سیب‌زمینی سالم و ناسالم در شرایط فریز و محیط، دو سطح دمایی (۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به دست می‌آید. همچنین سه سطح فرکانسی

1- Agria
2-Arinda
3 -Savalan

4- Slotted line reflection system
5- Shorted transmission line
6 -Free space transmission system
7- Filled cavity resonance system
8 -Probe reflection system

(۹۱۵، ۱۸۰۰و ۲۴۵۰ مگاهرتز) بر طبق استانداردهای فرکانس امواج مخابراتی انتخاب شدند. در نهایت ثابت دی‌الکتریک بدست‌آمده در تیمارهای مختلف به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SPSS.20 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و روابط بین ثابت دی‌الکتریک محصول سالم و ناسالم با متغیرهای فرکانس و دما به دست آمد.

شکل ۱- سامانه انتقال فضای آزاد برای اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک به روش غیر مخرب(راست). شماتیک سوراخ‌کن (وسط). نمونه‌های استوانه‌ای بافت سیب‌زمینی (چپ)

Figure 1. Free space transmission system for measuring dielectric properties in non-destructive method (right), punch schematics (center), and cylindrical samples of potato texture (left)

نتایج

نتایج تجزیه واریانس ثابت‌های دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم و ناسالم تحت سطوح مختلف پارامترهای مستقل رقم در سه سطح، دما در دو سطح و فرکانس در سه سطح در جدول۱ آمده‌است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد کلیه پارامترهای مستقل اعمالی و اثرات متقابل آنها در دو پارامتر و سه پارامتر در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است (۹). مقایسه هر سه پارامتر رقم، دما و فرکانس و همچنین اثرات متقابل آنها، در سطح ۱ درصد برای سیب‌زمینی‌های سالم و ناسالم معنی‌دار شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم و ناسالم

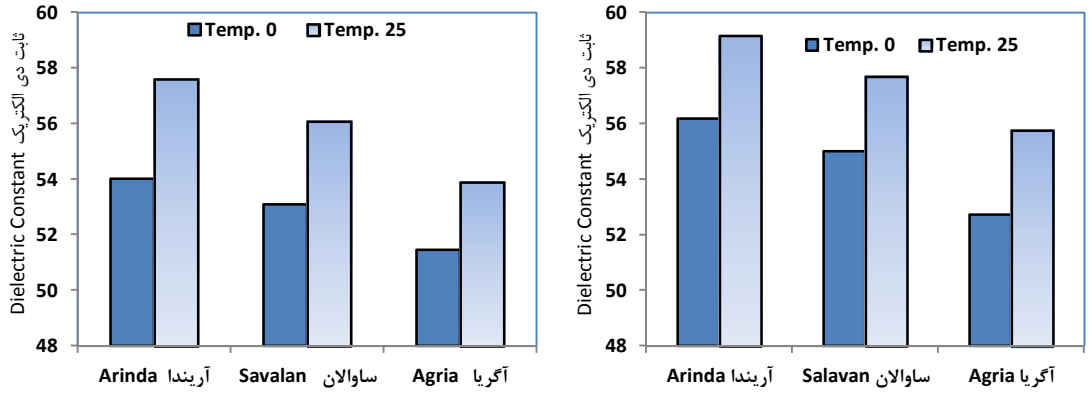
Table 1. Analysis of variance from dielectric constant of healthy and defected potato

میانگین مربعات Mean Square		درجه آزادی Degree of freedom	منبع تغییرات Source of variations
ناسالم defected	سالم Healthy		
44.869**	53.927**	2	رقم Variety (V)
122.703**	114.116**	1	دما Temperature (T)
41.414**	49.541**	2	فرکانس Frequency (F)
1.503**	0.147**	2	رقم × دما V * T
0.262**	0.231**	4	رقم × فرکانس V *F
1.798**	0.661**	2	دما × فرکانس F *T
0.424**	0.308**	4	رقم × دما × فرکانس V * T * F
0.019	0.022	36	خطا Error
0.94	0.53		ضریب تغییرات Coefficient of variations

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد است.

** Significant at 99% confidency

با توجه به شکل۲- راست، بیشترین میزان ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی‌های سالم برای رقم آرینـدا و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۵۹/۱۷ و کمتـرین میـزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آگریا و دمای صفر درجه سانتی‌گراد، ۵۲/۷۳ حاصل شد. این در حالی است که برای سیب‌زمینی‌های ناسالم (شکل ۲- چپ) بیشترین میزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آرینـدا و دمـای ۲۵ درجـه سـانتی‌گراد، ۵۷/۶۱ و کمتـرین میـزان ثابـت دی‌الکتریک بـرای رقـم آگریـا و دمـای صـفر درجـه سـانتی‌گراد، ۵۱/۴۵ حاصـل شـد. بـه‌طورکلی بـرای سـیب‌زمینی‌های ناسـالم مقـادیر ثابـت دی‌الکتریـک کاهش و با افزایش دما، ثابـت دی الکتریـک افـزایش می‌یابد. همچنین بـا توجـه بـه بافـت ارقـام مختلـف سیب‌زمینی، ثابت دی‌الکتریک آریندا بیشتر از ساوالان و ساوالان بیشتر از آگریا است.

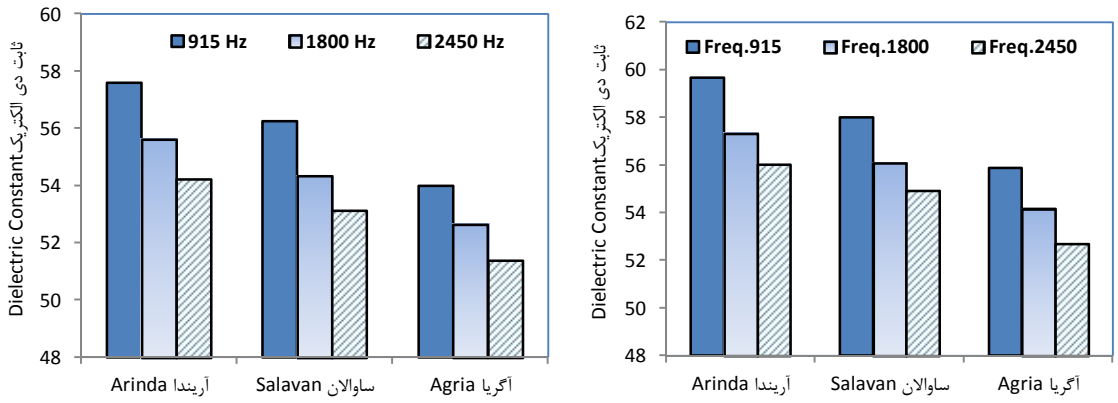


شکل۲- اثرات متقابل عامل‌های رقم و دما بر مقدار ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم(راست) و سیب‌زمینی ناسالم(چپ)

Figure 2. Interactions effects of potato variety and temperature factors on dielectric constant of healthy (right) and defected potato (left)

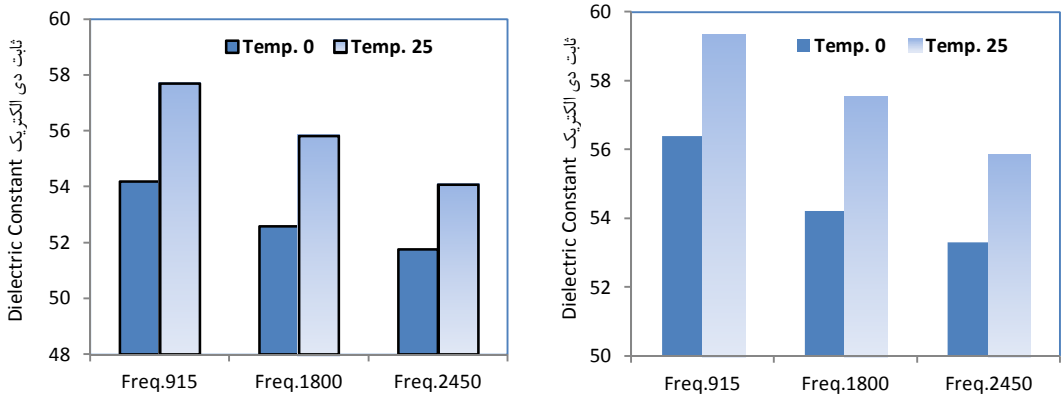
شـکل ۳ مقایسـه میانگین‌هـای اثـرات متقابـل پارامترهـای مسـتقل واریتـه و فرکـانس را بـر ثابـت دی‌الکتریک سیب‌زمینی‌های سالم (راسـت) و ناسـالم (چپ) نشان می‌دهد. با توجـه بـه شـکل ۳، راسـت، می‌توان گفت برای سیب‌زمینی‌های سالم هرچه میـزان فرکانس افزایش یابد ثابت دی‌الکتریک کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار ثابت دی‌الکتریک برای رقم آریندا و فرکانس ۹۱۵ مگـاهرتز، ۵۹/۶۹ و کمتـرین مقـدار آن برای رقـم آگریـا و فرکـانس ۲۴۵۰ مگـاهرتز، ۵۲/۷۰ اندازه‌گیری شـد. بـرای سـیب‌زمینی ناسـالم بیشـترین میزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آرینـدا در فرکـانس ۹۱۵مگاهرتز، ۵۷/۵۹ و کمترین مقدار آن بـرای رقـم آگریا در دمای صـفر درجـه سـانتی‌گـراد و فرکـانس ۲۴۵۰ مگاهرتز، ۵۱/۷۷ بدست آمد. بـه‌طورکلی بـرای سیب‌زمینی سالم مقادیر ثابت دی‌الکتریک نسـبت بـه سیب‌زمینی ناسالم بیشتر است (شکل ۳-چپ)

همچنین با توجه به شکل۴ سمت راست بیشترین مقدار ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فرکانس ۹۱۵ مگـاهرتز، ۵۹/۳۱ و کمترین مقدار آن در دمای صفر درجـه سـانتی‌گراد و فرکانس ۲۴۵۰ مگـاهرتز، ۵۳/۳۰ بدسـت آمـد. گـوا و همکـاران در تحقیقـی روی سـیب نشـان دادنـد کـه بیشترین مقدار ثابت دی‌الکتریـک در بیشـترین سـطح رطوبت و کمترین سطح فرکانس اتفاق می‌افتد، که بـا نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



شکل ۳- اثرات متقابل عامل‌های رقم و فرکانس بر مقدار ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم (راست) و سیب‌زمینی ناسالم (چپ)

Figure 3. Interactions effects of variety and frequency factors on dielectric constant of healthy potato (right) and defected potato (left)



شکل٤- اثرات متقابل پارامترهای مستقل فرکانس ودما بر مقدار ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم(راست) و سیب‌زمینی ناسالم (چپ)

Figure 4. Interaction effects of frequency and temperature factors on dielectric constant of healthy potato (Right) and defected potato (Left)

مقایسه تحلیل داده‌های ثابت‌های دی‌الکتریک سیب‌زمینی‌های سالم و ناسالم نشان می‌دهد، به طور متوسط ثابت دی‌الکتریک سیب‌زمینی سالم نسبت به ناسالم در تیمارهای متناظر بین ۱ الی ۲ واحد بیشتر است. اساسی‌ترین دلیل آن می‌تواند از دست دادن رطوبت (آبهای آزاد) در طی دوره انبارمانی و از دست دادن کیفیت آن باشد. به منظور کیفیت سنجی محصولات مختلف کشاورزی به منظور جداسازی کیفی (سالم و ناسالم و همچنین رسیدگی) محصول، بسته‌بندی و... از این اختلاف ثابت‌های دی الکتریک، می‌توان به خوبی بهره‌برد.

نتیجه‌گیری و بحث

با افزایش فرکانس و کاهش دما، میزان ثابت دی‌الکتریک کاهش می‌یابد. که دلیل آن وجود حرکت‌های اغتشاشی مولکول‌های ماده مورد نظر در دماهای بالا می‌باشد زیرا عبور موج به سختی صورت می‌پذیرد و همین عامل ثابت دی‌الکتریک را در دمای بالا افزایش می‌دهد. میزان ثابت دی‌الکتریک مربوط به ارقام سالم در مقایسه با ناسالم بیشتر است، که این نتیجه خود در اثر کم‌شدن سطح رطوبت سیب‌زمینی و فعل و انفعالات شیمیایی در سطوح داخلی غده حاصل می‌گردد. بیشترین میزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آریندا و دمای۲۵ درجه سانتی‌گراد،۵۹/۱۷ و

کمترین میزان ثابت دی‌الکتریک برای رقم آگریا و دمای صفر درجه سانتی‌گراد،۵۲/۷۳ حاصل شد. به طور کلی با افزایش دما، ثابت دی‌الکتریک افزایش می‌یابد. همچنین باتوجه به بافت متفاوت ارقام سیب‌زمینی، ثابت دی‌الکتریک آریندا بیشتر از ساوالان و ساوالان بیشتر از آگریا است. بیشترین مقدار ثابت دی‌الکتریک برای رقم آریندا و فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز،۵۹/۶۹ و کمترین مقدار آن برای رقم آگریا و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز،۵۲/۷۰ اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که در دماهای بالاتر سیب‌زمینی، با افزایش فرکانس ثابت دی‌الکتریک کاهش می‌یابد ولی این روند در دماهای پایین‌تر به دلیل تأثیر دو دسته رطوبت آزاد و مقید در خاصیت عایقی الکترومغناطیس، کاملاً عکس می‌باشد به‌طوری که هر چه فرکانس افزایش می‌یابد ثابت دی‌الکتریک نیز افزایش می‌یابد. بیشترین تأثیر در روند افزایش ثابت دی‌الکتریک را دما داشته و کمترین پارامتر متأثر فرکانس است. علت تأثیرپذیر بودن مضاعف رقم نسبت به فرکانس، وجود آب‌های آزاد در بافت سیب‌زمینی است.

منابع

1. Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., and Basak, T. 2013. Microwave food processing-A review. Food Research International 52:243-261.
2. Chari, V.K., Butts, C.L., and Nelson, S.O. 2007. Capacitance sensor for nondestructive measurement of moisture content in nuts and grain. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 56: 1809-1813.
3. Cheng, Y., and Haugh, C.G. 1994. Detecting Hollow Heart in Potatoes Using Ultrasound. Transactions of the ASAE 37: 217-222.
4. Guo, W. Nelson, S.O. Trabelsi, S., and Kays, S. 2007. 10-1800 MHz dielectric properties of fresh apples during storage. Journal of Food Engineering, 83:562-569
5. Guo, W. Tiwari, G. Tang, J., and Wang, S. 2008. Frequency, moisture and temperature dependent dielectric properties of chickpea flour. Biosystems Engineering, 16: 217-224.
6. Guo, W., Zhu. X., Nelson, S.O., Yue, R., Liu, H., and Liu, Y. 2011. Maturity effects on dielectric properties of apples from 10 to 4500 MHz. Food Science and Technology, 44:224-230.
7. Majzobi, M. & Falsafi, S.R. 2015. Effect of microwave on physicochemical properties of maize and oat starch. Journal of food science and industrial. 46:199-209. (in Persian)
8. Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties (2nd Ed.). Gordon Breach Science Publisher, New York.
9. Nelson, S.O. 2005. Dielectric spectroscopy of fresh fruit and vegetable tissues from 10 to 1800 MHz. Journal of Microwave Power Electromagnetic Energy, 40(1): 31-47.
10. Nelson, S.O., Guo, W., and Trabelsi, S. 2008. Investigation of dielectric sensing for fruit quality determination. IEEE Sensors Applications Symposium, Atlanta, U.S.A. (12-14).
11. Nelson, S.O., Trabelsi, S., and Kays, S.J. 2006. Correlating dielectric properties of melons with quality. IEEE, 75: 484-492
12. Sacilik, K., Tarimci, C. and Colak, A. 2007. Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range. Journal of Food Engineering, 78: 1111–1116.
13. Sheen, N.I, and Woodhead, I.M. 1999. An Open-ended Coaxial Probe for Broadband Permittivity Measurement of Agricultural Products. Agricultural Engineering Research, 74:193-202
14. Venkatesh, M.S., and Raghavan G.S.V. 2005. An overview of dielectric properties measuring techniques.

Canadian Biosystem Engineering, 47-7:15-30.

15. Yaldagard, M., Mortazavi, S.A., and Tabatabaie, F. 2006. The Effectiveness of Ultrasound Treatment on the Germination Stimulation of Barley Seed and its Alpha- Amylase Activity. International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering, 24: 425-436.

16. Zhongdong, L., Peng, L., and Kennedy, J.F. 2005. The thchnology of molecular manipulation and modification assisted by microwaves as applied to starch granules. Carbohydrate Polymers 61: 374-378.

EJFPP, Vol. 9 (2): 101-110
http://ejfpp.gau.ac.ir

Recognition of Defected Potato Tubers From intact one by Using Microwave

A. Maleki[1], M.A. Ghazavi[2], F. Mahdiyeh Broujeni[3], M. Moradi[3] and N. Baghvardani[4]
[1]Associate professor, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Sharekord, Iran
[2]Assistant professor, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Iran
[3]M.Sc. graduate, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Sharekord, Iran
[4]B.Sc. graduate, Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Sharekord, Iran
Received: 2015/12/06 ; Accepted: 2017/03/04

Abstract

Background and objectives: Potato is subject to various pests and damages during growth and storage, some of which caused by environmental conditions, growth or different mechanical tensions do not leave any traces on the surface. There are some methods for determining such damages, one of which is applying microwaves. Therefore, the aim of this research is possibility of finding healthy and defected potato by using microwave.

Materials and methods: For preparing defected potato samples, healthy samples were stored in nylon bag at 25 ° and 40% relative air humidity for 4 months to get unfavorable surface quality. Also, a brazen cylindria (20.6 * 13.1 mm) in connector was used for measuring the samples impedance. High-frequency wave telecom was sent to the given sample, some of these waves were absorbed by the sample and the rest returned. The amount of wave absorption sent by the sample depended on the texture, sample temperature and frequency of the first wave, that would be useful for measuring sample dielectric constant. In this research, short circuit transmission line system was used for measuring dielectric constant of three varieties of potato, Agria, Arinda and Savalan. Dielectric constants of both healthy and defected levels of quality were measured at two temperature levels of 0 and 25 ^{0}C, and three frequency levels of 915, 1800, and 2450 MHz.

Results: The results of measuring dielectric constants showed that all independent variables and their intractions had significant effects on tested samples. Interaction study of temprature and variety showed that for healthy potato maximum amount of dielectric constant was 59.17 for Arinda at 25 ° and the minimum value was 52.73 for Agria at 0 °C. Whereas, maximum and minimum amount of dielectric constant for defected potato were 57.61 in Arinad at 25 ° and 51.45 in Agria at 0 °C, respectively. Results of frequency levels showed that maximum amount of dielectric constant of healthy potato were 59.31 at 25 ° C in 915 MHz and minimum amount of was 53.30 at 0 ° C in 2450 MHz.

Conclusion: Generally dielectric constant of defected potato is lower (1 to 2) in comparison to healthy one in similar treatments that is increased by temperature rise. The main reason for this manner is missing the moisture during storage period. Also, due to different texture of potato varieties, the score for dielectric constant was found to be as Arinda> Savalan> Agria. Therefore, difference in dielectric constant would be a very good criteria for product grading and storage.

***Keywords*:** Telecom wave; dielectric constant; temperature; potato; frequency

* Corresponding author: maleki@agr.sku.ac.ir