امکان سنجی استفاده از روش خازنی به منظور اندازه‌گیری رطوبت شلتوک رقم پژوهش

محمد طهماسبی[۱*]، رضا طباطبایی‌کلور[۲] و جعفر هاشمی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، m.tahmasbi@sanru.ac.ir
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده

رطوبت یک فاکتور اساسی و مهم در برداشت و انبار داری محصولات کشاورزی است، رطوبت عاملی است که بر اکثر خصوصیات مواد غذایی و محصولات کشاورزی از جمله اصطکاک، زاویه ریپوز تخلیه و پرشدن، هدایت حرارتی و الکتریکی تاثیر می گذارد. در این مطالعه شلتوک به عنوان ماده دی‌الکتریک بین صفحات یک خازن قرار گرفت و تغییرات ولتاژ خروجی خازن در ۴ سطح رطوبتی ۱۳، ۱۶، ۱۹ و ۲۲ درصد بر پایه خشک و ۴ بسامد ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ کیلوهرتز در ۳ تکرار به روش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی اندازه‌گیری شد و رابطه بین محتوای رطوبتی و ولتاژ خروجی حسگر تعیین گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رطوبت و بسامد و همچنین اثر متقابل رطوبت و بسامد بر ولتاژ خروجی حسگر در سطح ۱ درصد معنی دار بود لذا بسامد ولتاژ ورودی و محتوای رطوبتی اثر مستقیمی بر ولتاژ خروجی حسگر خازنی دارد؛ همچنین یک رابطه درجه دوم نسبتا قوی با ضریب تعیین ۰/۸۹ تا ۰/۹۵ بین محتوای رطوبتی نمونه ها و ولتاژ خروجی از حسگر وجود دارد بنابراین با توجه به ضریب تعیین بالای رابطه بین ولتاژ خروجی از حسگر و محتوای رطوبتی شلتوک می توان از این روش به منظور اندازه گیری رطوبت شلتوک استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: رقم پژوهش، روش خازنی، شلتوک، فرکانس و محتوای رطوبتی.

مقدمه

رطوبت یک فاکتور اساسی و مهم در برداشت و انبارداری محصولات کشاورزی است که بر اکثر خصوصیات مواد غذایی و محصولات کشاورزی از جمله اصطکاک، زاویه ریپوز تخلیه و پرشدن، هدایت حرارتی و الکتریکی تاثیر می گذارد. در صنایع غلات از جمله برنج تعیین سریع میزان رطوبت برای کنترل فرآیندهای انجام شده بر روی آن امری حیاتی است از این رو دستگاههای رطوبت‌سنج از اهمیت ویژه‌ای برای صاحبان صنایع غلات برخوردارند (Cnossen and Siebenmorgen, 2000). روش‌های مختلفی برای تعیین رطوبت محصولات کشاورزی ابداع شده است اما روش معمولی آون، یک روش مخرب و وقت گیر است؛ همچنین رطوبت را می توان با استفاده از ابزار اندازه گیری رطوبت نوترونی، و با بهره گیری از وابستگی به پارامترهای نوترون در

غلظت هیدروژن تعیین کرد. همچنین طیف سنجی جذب مادون قرمز و لیزر برای اندازه‌گیری رطوبت سطحی در مواد مختلف استفاده می‌شود، اما این تکنیک ها نیاز به ابزار دقیق و گران قیمت دارد (Taghinezhad *et al.*, 2012). بنابراین طراحی و ساخت دستگاه‌های رطوبت‌سنجی که بتوانند به‌صورت پیوسته و با سرعت بالا و دقت کافی و هزینه کم رطوبت را اندازه‌گیری کنند از نیازهای صنایع غلات از جمله برنج می باشد. روش خازنی از این نظر ایده‌آل به نظر می‌رسد.

اولین گزارش‌ها در زمینه خواص دی‌الکتریکی محصولات کشاورزی به حدود ۸۰ سال پیش برمی‌گردد که تحقیقاتی به منظور تعیین محتوای رطوبتی غلات بر پایه اندازه‌گیری مقاومت دی‌الکتریک و استفاده از جریان مستقیم انجام شد (Debye, 1929)؛ در سال‌های بعد جریان متناوب نیز مورد استفاده قرار گرفت (Nelson, 2006). تکنیک‌های حسگر خازنی را می‌توان برای تعیین خواص متفاوتی از طیف وسیعی از مواد گیاهی مورد استفاده قرار داد. مطالعه صورت گرفته به منظور اندازه‌گیری جرم دانه با استفاده از سنسورهای خازنی نشان داد که معایب حسگر خازنی برای این منظور این بود که سنسور به تنوع رطوبت دانه پاسخ داده و نسبت به توزیع مواد در داخل دستگاه حساس است (Stafford *et al.*, 1996). یکی دیگر از اولین تحقیقات در رابطه خواص دی الکتریکی روی هویج و در بسامد ۱۸ کیلوهرتز تا ۵ مگاهرتز انجام شد. آنها رابطه ثابت دی الکتریک و هدایت الکتریکی را با ابعاد و رطوبت محصول، بسامد و دما مورد بررسی قرار دادند و گذارش نمودند که ثابت دی الکتریکی تا رطوبت ۸ درصد ثابت بود و سپس به سرعت رشد داشته است .(Dunlap and Makower, 1945)

بنابراین به نظر می‌رسد با این روش بتوان میزان رطوبت شلتوک را نیز اندازه‌گیری نمود. زیرا با افزایش رطوبت محصول تغییراتی در محتوای دی‌الکتریکی آن به وجود می آید. به این منظور در این مطالعه شلتوک به عنوان ماده دی‌الکتریک بین صفحات خازن قرار گرفت و محتوای رطوبتی آن تعیین گردید.

مواد و روش ها

آماده سازی نمونه ها

در این مطالعه ابتدا شلتوک رقم پژوهش محصول سال زراعی ۹۱ از مزارع موسسه ژنتیک و زیست فناوری خزر دریافت و دانه ها قبل از شروع آزمایش اندازه‌گیری، پاک و اجسام خارجی آن از قبیل خاک، پوشال و دانه‌های آسیب دیده جداسازی شد و با قرار دادن آن ها در یک خشک‌کن آزمایشگاهی در درجه حرارت ۱ ±۱۰۱ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت و براساس روش استاندارد وزنی به شماره S352.3 رطوبت اولیه آن ها برپایه خشک بر اساس رابطه ۱ تعیین شد (ASAE, 1994).

$$M_d = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100 \qquad (1)$$

در این رابطه، M_d: رطوبت بر پایه خشک، W_w: وزن آب موجود در محصول، W_d: وزن ماده خشک می باشد.

سپس قبل از انجام آزمایش ابتدا برای رسیدن بذور به سطوح رطوبتی بالاتر مطابق رابطه ۲ مقدار کافی آب به دانه‌ها اضافه شد. (Balasubramanian, 2002)

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \qquad (۲)$$

در این رابطه، Q: جرم آب اضافه شده بر حسب کیلوگرم، W_i: جرم اولیه نمونه برحسب کیلوگرم، M_i:محتوای رطوبتی اولیه نمونه بر پایه خشک، M_f: رطوبت نهایی نمونه بر پایه خشک می باشد.

بعد از رسیدن نمونه ها به سطوح رطوبتی موردنظر، به منظور توزیع یکنواخت رطوبت در سراسر دانه، دانه ها برای مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱±۵ درجه سانتی‌گراد درون یخچال نگهداری شدند (Aydin, 2002; Aydin *et al*., 2002; Carman, 1996). پس از متعادل سازی و قبل از انجام آزمایش‌ها محتوای رطوبتی نمونه‌ها تعیین شد.

طراحی و ارزیابی سیستم اندازه گیری

به دلیل پایداری زیاد و عدم اکسیده شدن آلومنیوم صفحات حسگر با استفاده از دو صفحه آلومینیومی به ضخامت ۲ میلیمتر و ابعاد ۸۰ در ۱۰ سانتی‌متر ساخته و به منظور عدم تماس با قسمت‌های دیگر با دو پروفیل نایلونی به ابعاد ۲۵ سانتی‌متر طول و به عرض و ضخامت ۲ سانتی‌متر در دو سمت یک نقاله به طول ۲ متر و با فاصله ۳۰ سانتی‌متر قرار داده شد.

شکل ۱ مدار اندازه‌گیری ظرفیت خازن را نشان می‌دهد. قسمت مولد موج، ولتاژ ورودی از منبع تغذیه را در یک بسامد مشخص به دو صفحه خازن اعمال می‌کند؛ سپس میکروکنترلر مقدار خروجی از سنسور را دریافت و محاسبه می کند و به قسمت مبدل می‌فرستد پس از تبدیل بر حسب میلی ولت با استفاده از نرم افزار MATLAB 2011 بر روی کامپیوتر ذخیره می‌شود.

شکل ۱. مدار اندازه گیری و ثبت ولتاژ خروجی خازن

اندازه‌گیری دی‌الکتریک برنج در ۴ سطح رطوبتی ۱۳، ۱۶، ۱۹ و ۲۲ درصد بر پایه خشک و ۴ بسامد ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ کیلوهرتز در ۳ تکرار به روش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. در طی آزمایش با استفاده از یک اینورتر سرعت نقاله بر روی ۱ $m.s^{-1}$ ثابت شد و شلتوک‌ها با نرخ جرمی ثابت ۱ $kg.s^{-1}$ از بین دو صفحه حسگر خازنی عبور داده شدند. داده‌های حاصل از پژوهش به کمک نرم افزار SAS 9.2 و Excel 2013 مورد تجزیه قرار گرفت.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رطوبت و بسامد و همچنین اثر متقابل رطوبت و بسامد بر ولتاژ خروجی حسگر در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می‌باشد. بنابراین بسامد ولتاژ ورودی و محتوای رطوبتی اثر مستقیمی بر ولتاژ خروجی حسگر خازنی دارد.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس مربوط به داده‌های آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
بسامد	۳	۱۹۰۶۶/۴۱۰	۲۰۲۰**
رطوبت	۳	۳۳۸/۲۴۳	۳۵/۸۴۰**
رطوبت × بسامد	۹	۱۱۵/۲۸۰	۱۲/۲۱۵**
خطای آزمایش	۳۲	۹.۴۳۸	

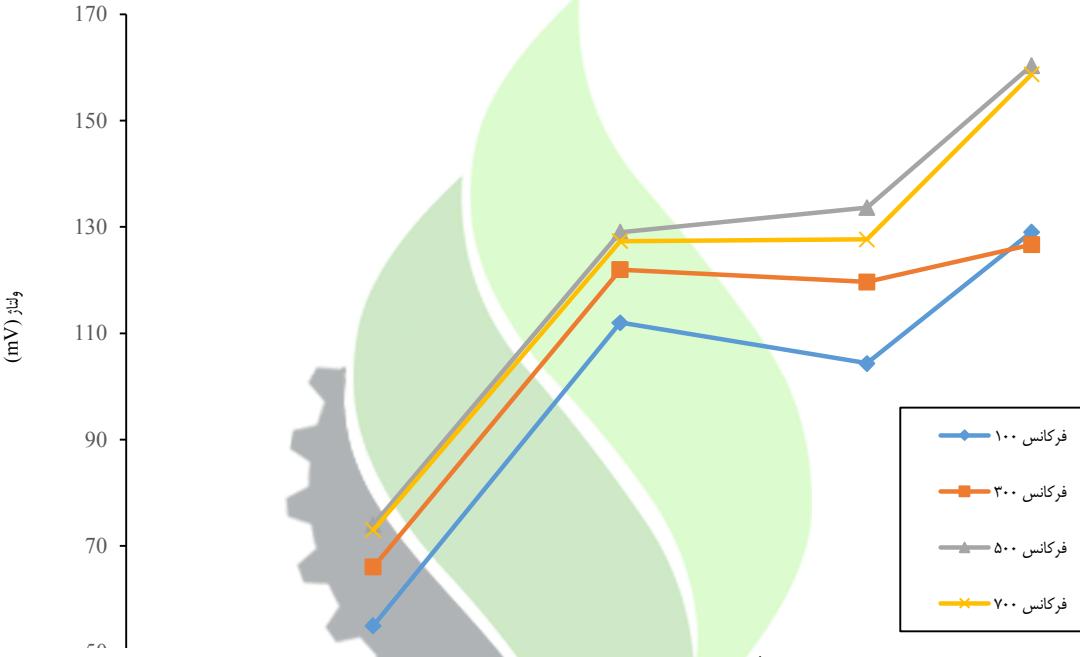
****معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪**

تغییرات ولتاژ خروجی از حسگر با محتوای رطوبتی وزنی شلتوک در بسامد ۱۰۰ تا ۷۰۰ کیلوهرتز در شکل ۲ نشان داده شده است. روابط بین ولتاژ خروجی با محتوای رطوبتی شلتوک یک رابطه درجه دوم با ضریب تعیین ۰.۸۹ ، ۰.۹۵ ، ۰.۹۲ و ۰.۹۵ بر منحنی داده شده به ترتیب برای بسامد ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ کیلوهرتز برازش شده است.

جدول ۲. روابط بین ولتاژ خروجی با محتوای رطوبتی شلتوک

بسامد	تابع	ضریب تعیین
۱۰۰	y = -1.0604x2 + 46.153x - 361.79	0.89
۳۰۰	y = -1.6339x2 + 64.497x - 493.8	0.95
۵۰۰	y = -0.652x2 + 33.829x - 252.88	0.92
۷۰۰	y = -0.7946x2 + 38.953x - 294.93	0.95

اگرچه رابطه ولتاژ خروجی حسگر در همه‌ی بسامدها ضریب تعیین بالایی بر حسب رطوبت وزنی شلتوک داشت ولی ضریب تعیین بالاتر در بسامدهای ۳۰۰ و ۷۰۰ کیلوهرتز نشانگر برازش بهتر معادله درجه دو در داده‌های این دو بسامد می‌باشد. نتایج حاصل از واسنجی حسگر نشان داد که همانند سایر تحقیقات صورت گرفته در این زمینه مثل تقی زاده و همکاران (۲۰۱۲) و لاورنس وهمکاران (۲۰۰۱) بین خروجی حسگر و محتوای رطوبتی شلتوک رابطه درجه دوم وجود دارد. لذا استفاده از روش خازنی یک روش قابل اتکا به منظور تعیین محتوای شلتوک با دقت و سرعت بالا می‌باشد.



شکل ۲. نمودار واسنجی حسگر خازنی جریان جرمی

نتیجه گیری

در این تحقیق از حسگر خازنی ساخته شده برای محاسبه محتوای رطوبتی شلتوک استفاده شد. آزمایشات نشان داد بسامد و محتوای رطوبتی اثر مستقیمی بر ظرفیت حسگر خازنی دارد و تقریبا رابطه درجه دوم بین محتوای رطوبتی و ظرفیت حسگر خازنی وجود دارد. به نظر می‌رسد با این روش تقریبا می‌توان شدت محتوای رطوبتی را محاسبه نمود. البته نیاز به مطالعات بیشتر در محدوده بسامدی بالاتر احساس می‌شود.

منابع

1- ASAE Standards. 41th Ed. 1994. S352.2. Moisture measurement-ungrounded grains and seeds. St. Joseph, MI, ASAE.

2- Aydin, C. 2002. Physical properties of hazel nuts. Biosystems Engineering 65: 297-303.
3- Aydin, C., H. Ogut, and M. Konak. 2002. Some physical properties of Turkish Mahaleb. Biosystems Engineering 82: 231-234.
4- Balasubramanian, D. 2001. Physical properties of raw cashew nut: Journal of Agricultural Engineering Research 78: 291-297.
5- Carman, K. 1996. Some physical properties of lentil seeds. Journal of Agricultural Engineering Research 63: 87-92.
6- Cnossen, A.G., and T.J. Siebenmorgen. 2000. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering. Effect on milling Quality. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 43: 1661-1667.
7- Dunlap, W.C., and B. Makower. 1945. Radio frequency dielectric properties of dehydrated carrots. Journal of Physical Chemistry 49(6): 601-621.
8- Debye, P. 1929. Polar Molecules. Dover Publications Inc. New York.
9- Nelson, S.O. 2006. Agricultural applications of dielectric measurements. IEEE Transactions on dielectrics and Electrical Insulation 16: 688-702.
10- Stafford, J.V., B. Ambler, R.M. Lark, and J. Catt. 1996. Mapping and interpreting the yield variation in cereal crops. Computers and Electronics in Agriculture 14: 101-119.
11- Taghinezhad, J., R. Alimardani, and A. Jafari. 2012. Development of a Capacitive Sensing Device for Prediction of Water Content in Sugarcanes Stalks. International Journal of Advanced Science and Technology 44: 61-64.

The feasibility of a Capacitive Sensing Method for Measurement of Moisture content in paddy pazhohesh Variety

Mohammad Tahmasebi[1*] Reza Tabatabaei Kolor [2] and Jafar Hashemi [2]

1- MSc Student, Department of Mechanics of Agricultural Machinery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
m.tahmasebi@sanru.ac.ir
2- Assistant Professor, Department of Mechanics of Agricultural Machinery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Moisture content is a basic and important factor in the harvest and storage of agricultural products. Moisture content is a factor that effects on most properties food and crops such as friction, discharge and filling repose angle, thermal conductivity and electric and Etc. In this study, paddy as was dielectric material between the plates of a capacitor; and changes of the output voltage of the capacitor in 4 levels of moisture 13 %, 16%, 19% and 22 % Based on dry and 4 levels of frequency 100, 300, 500 and 700 KHz in The 3 replication and in factorial design on completely randomized design base was measurement; and relation between moisture content and the output voltage determined. Results from variance analysis of data, showed that effect of moisture content and the sensor input voltage frequency and also mutual effect of moisture content and the sensor input voltage frequency was significant in in 1%. Therefore frequency of the input voltage and moisture content has a direct effect on the output voltage of the capacitive sensor; Also there are a one relatively strong quadratic relationship between moisture content of the samples and the output voltage of the sensor; and there are high correlation coefficient between the output voltages of the sensor and moisture content of pad 0.89 to 0.95 R-squared values. Therefore a cording to high R-squared in relationship between moisture content and the output voltage of the sensor, this method can be used to measure the paddy moisture content.

Keywords: Capacitive Sensing, Frequency, Moisture Content, Paddy and Pazhoh Variety.