Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 378-380 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 378-380 (2554)

คุณสมบัติไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพด

Dielectric properties of rice and maize seeds

จิตรกานต์ ภควัฒนะ[1,2] **พัชธิชา ไชยชนะ**[1,2] Dieter von Hörsten[3], Wolfgang Lücke[3] **สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์**[1,2] **และ สุชาดา เวียรศิลป์**[1,2]

Chittakarn Pakawattana[1,2] Patticha Chaichana[1,2] Dieter von Hörsten[3], Wolfgang Lücke[3] Sa-nguansak Thanapornpoonpong[1,2] and Suchada Vearsilp[1,2]

Abstract

The dielectric property of rice and maize seeds with an accumulation of electric energy storage (Dielectric constant) and the release of energy (Loss factor) were evaluated. The precision impedance analyzer in frequency range 0-50 MHz was used. The air, rice and maize seeds with initial moisture content of 25 and 29 percent on a wet weight basis (wb) were determined. Then, the seed samples were dried by radio frequency (RF) waves at 27.12 MHz at the temperature of 38°C to 14% (wb) were determined the dielectric property again. The results showed that dielectric constant of rice and maize seeds with moisture content of 25 and 29 percent (wb) were 1.87-3.16±0.03 and 2.59-8.41±0.12 and the loss factor were 1.22-5.58±0.17 and 2.82-10.51±0.32. After drying the seeds to moisture content of 14 percent (wb), the dielectric constant of rice and maize seeds were 1.43-1.89±9.28E-03 and 1.91-2.70±0.01, respectively, and the loss factor were 0.44-3.15±0.10 and 0.64-5.28±0.18, respectively. Therefore, maize seed showed higher ability to accumulate and release the electric energy than rice seed.

Keywords: Dielectric properties, Rice seed, Maize seed

บทคัดย่อ

คุณสมบัติไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดที่ทดสอบจากการวัดค่าการสะสมพลังงานไฟฟ้า (Dielectric constant) และค่าการปลดปล่อยพลังงานไฟฟ้า (Loss factor) ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz ด้วยเครื่องเครื่องวิเคราะห์ อิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง โดยทำการวัดอากาศ ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้น 25 และ 29 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก และทำการลดความชื้นด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ช่วงคลื่น 27.12 MHz อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสให้ความชื้นลดลงเหลือ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกมาทำการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ผลการทดลองพบว่า ค่าคงตัวไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดที่ความชื้น 25 และ 29 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกมีค่าเท่ากับ 1.87-3.16±0.03 และ 2.59-8.41±0.12 และมีค่าแฟกเตอร์การสูญเสียในเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดอยู่ที่ 1.22-5.58±0.17และ2.82-10.51±0.32 เมื่อทำการลดความชื้นด้วย RF ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีความชื้นอยู่ที่ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกของข้าวและข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 1.43-1.89±9.28E-03 และ1.91-2.70±0.01 ตามลำดับ และมีค่าแฟกเตอร์การสูญเสียในเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพด มีค่าเท่ากับ 0.44-3.15±0.10 และ 0.64-5.28±0.18 ตามลำดับ ดังนั้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจึงมีความสามารถในการสะสม และปลดปล่อยพลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าว

คำสำคัญ: สมบัติไดอิเล็กทริก เมล็ดพันธุ์ข้าว เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

บทนำ

คุณสมบัติไดอิเล็กทริกเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ใช้อธิบายอันตรกิริยา (interaction) ของวัตถุกับสนามไฟฟ้า ซึ่งวัดจากค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (dielectric constant, ε') และ ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor, ε'') ซึ่งเป็นส่วนจริงและจินตภาพของสภาพะยอมเชิงซ้อนสัมพัทธ์ (relative complex permittivity, ε_r) ดังสมการ $\varepsilon_r = \varepsilon' - j\varepsilon''$ (Nelson and Datta, 2001) ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเป็นค่าที่วัดความสามารถในการสะสมพลังงานสนามไฟฟ้า และค่าแฟกเตอร์การสูญเสียเป็นค่า

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200
[1] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
[2] Postharvest Technology Research Institute/, Chiang Mai University/ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education
[3] Department of Crop Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, George – August University Goettingen, Germany

ที่วัดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่สะสมไว้ให้เป็นความร้อน (Liao *et al*., 2001) โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวใหม่มีระดับความชื้นสูง จำเป็นต้องลดระดับความชื้นให้เร็วที่สุดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย การใช้เครื่องอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่จำเป็นในการลดความชื้น (Brandenburg *et al*, 1961) ปัจจุบันได้มีการทำการวิจัยโดยการใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ โดยสร้างความร้อนอย่างรวดเร็วภายในของผลิตผลเกษตร (Wang *et al*., 2003) สามารถทำให้เกิดอุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นกว่าวิธีการเดิม ทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น โดย Shivhare *et al*. (1992) รายงานว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจะมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดซับพลังงานของวัตถุ ระยะเวลาที่ให้แก่เมล็ด ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของ เมล็ดและอัตราการลดความชื้นที่เกิดขึ้น และ Christoph *et al*. (2000) รายงานว่า ในกระบวนการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่น RF ระดับพลังงานที่เกิดจากการให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแก่เมล็ดพันธุ์จะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณความชื้นในเมล็ด โดยที่ระดับความชื้นในเมล็ดที่สูงส่ง ผลให้เมล็ดมีการดูดซับพลังงานและเอื้อต่อการเกิด ประสิทธิภาพในการถ่ายเทและนำพาความร้อนในเมล็ดเกิดได้สูง Janhang *et al*. (2005) พบว่า การใช้คลื่นความถี่ที่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 นาที ในการควบคุมเชื้อ *Trichoconis padwickii* ทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกจาก 10.4 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 9.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำการควบคุมเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีผลทำให้ความงอกลดลง จาก 94 เปอร์เซ็นต์เหลือ 82 เปอร์เซ็นต์ (Liao *et al*., 2001) แต่การประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ที่จะทำการลดความชื้น ภายในเมล็ดจะประกอบ ไปด้วยโมเลกุลของน้ำที่เป็นความชื้นในเมล็ด เมื่อให้คลื่นความถี่วิทยุแก่เมล็ด เมล็ดทำการดูดซับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดความสัมพันธ์ของวัตถุกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะไปทำให้อุณหภูมิในเมล็ดสูงขึ้น แรงดันภายในของเมล็ดอันเนื่องมาจาก โมเลกุลของน้ำได้รับพลังงานจนเกิดการเคลื่อนที่กลายเป็นความดันที่สูงกว่าภายนอกเมล็ดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะทำให้น้ำในเมล็ดเคลื่อนออกมาจากภายในเมล็ดเพื่อรักษาสมดุลความดันนี้ ทำให้ความชื้นในเมล็ดลดลงยิ่งอุณหภูมิสูงมากเท่าไหร่ การเคลื่อนที่ของน้ำจากในเมล็ดออกสู่ภายนอกก็จะเป็นไปได้มากเท่านั้น งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาสมบัติไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพด เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากค่าคงตัวไดอิเล็กทริกแล้วนำมาประยุกต์กับการจัดการลดความชื้นด้วยคลื่นความถี่วิทยุให้มีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะเวลาการทดลอง ธันวาคม ถึง มีนาคม 2554 ทำการวัดสมบัติไดอิเล็กทริกที่ช่วงความถี่ 1-50 MHz ด้วยเครื่องวิเคราะห์ อิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง โดยทำการวัด อากาศ เมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 และเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ โชกุล 90 โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดจากการเก็บเกี่ยวใหม่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 25 และ 29 เปอร์เซ็นต์ ให้ลดลงเหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ความถี่ 27.12 เมกะเฮิตร์ ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส โดยแต่ละกรรมวิธีทำการวัดทั้งหมด 4 ซ้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดสอบคุณสมบัติไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดที่ระดับความชื้นเริ่มต้น 25 และ 29 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดหลังผ่านการลดความชื้นด้วย RF ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ให้ระดับความชื้นลดลงเหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ช่วงความถี่ 1-50 MHz พบว่า ค่าคงตัวไดอิเล็กทริก เพิ่มตามปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพด (Figure 1a) โดยที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ความชื้นเริ่มต้น 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 1.87-3.16±0.03 เมื่อทำการลดความชื้นให้เหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ ค่าคงตัวไดอิเล็กทริกลดลงเหลือ1.43-1.89±9.280E-03 และในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 29 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 2.59-8.41±0.12 เมื่อทำการลดความชื้นทำให้ค่าคงตัวไดอิเล็กทริกลดลงเหลือ 1.91-2.7±0.01และค่าคงตัวไดอิเล็กทริกของอากาศมีค่าอยู่ที่ 0.97-1.09±3.042E-03 เพราะ โมเลกุลของน้ำมีลักษณะเป็นโมเมนต์ขั้วคู่ (dipole moment) เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแรงจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกมากระทำ จะทำให้เกิดการเรียงตัวตามแนวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอก หรือเกิด polarization ส่งผลให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในลดลงและค่าคงตัวไดอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้น และยังพบว่าที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เท่ากัน ในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกที่มากกว่าข้าว ซึ่งเป็นเพราะขนาดของเมล็ดพันธุ์ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของเมล็ดที่แตกต่างกัน โดยมวลต่อปริมาตรหรือความหนาแน่นมีผลต่อสมบัติไดอิเล็กทริก เป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของฉนวนของวัตถุกับในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Nelson, 1992) เมื่อมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าคงตัวไดอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกที่มากกว่าข้าว ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีความสามารถในการกักเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่าข้าวเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จาก Figure 1b ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น ตามปริมาณความชื้นของเมล็ด เช่นเดียวกับค่าคงตัวไดอิเล็กทริก โดยที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแฟกเตอร์การสูญเสียอยู่ในช่วง 1.22-5.58±0.17 เมื่อผ่านการลดความชื้นให้เหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียลดลงอยู่ที่ 0.44-3.15±0.10 และในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ความชื้นเริ่มต้นที่ 29 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแฟกเตอร์การสูญเสียอยู่ในช่วง 2.82-10.51±0.32 ลดลงเหลือ 0.64-5.28±0.18 และค่าแฟกเตอร์การสูญเสียของอากาศมีค่าเท่ากับ 0.15-1.30±0.03 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีค่าค่าแฟกเตอร์การสูญเสียมากกว่าข้าว ส่งผลให้เมล็ดข้าวโพดมีค่าพลังงานที่สูญเสียไปเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในวัตถุมากกว่าข้าวเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และเมื่อมีการเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้น ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียจะเพิ่มขึ้นตาม

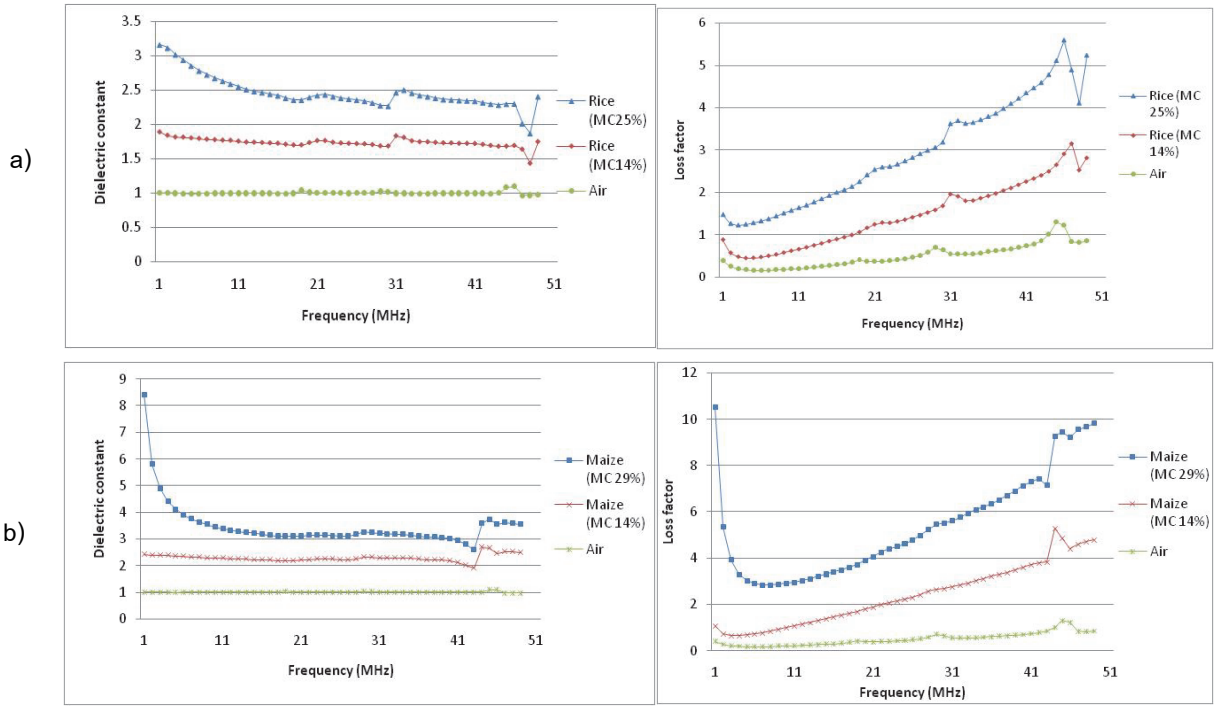

Figure 1 Variation of dielectric constant and loss factor of a) rice and b) maize seed at 25 °C, with 1-50 MHz frequency

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกและค่าแฟกเตอร์การสูญเสียที่มากกว่าข้าว ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีความสามารถในการกักเก็บสะสมพลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในวัตถุมากกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้น การวัดคุณสมบัติไดอิเล็กทริกของเมล็ดพันธุ์ข้าวและข้าวโพด จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการลดความชื้นให้เร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สุชาดา เวียรศิลป์. 2551. การปรับปรุงสภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์. เอกสารประกอบการสอน, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Brandenburg, N.R., J.W. Simons and L.L. Smith. 1961. The Processing of Seeds. In Seeds. The Yearbook of Agriculture. The United States Department of Agriculture, Warsington DC: 295-304

Christoph O., P. Elke and L. Wolfgang. 2000. Prospects for the application of dielectric heating processes in the pre-treatment of oilseeds. Euro. Journal. Lipid Science and Technology 120: 487-493.

Janhang, P., N. Kritigamas, L. Wolfgang and S. Verasilp. 2005. Using radio frequency heat treatment to control seed-borne *Trichoconis padwickii* in rice seed (*Oryza ativa* L.). Deutcher Tropentag 2005, Stuttgart-Hohenheim, Germany.

Liao, X., V.G.S. Raghavan, V. Meda and V.A. Yaylayan. 2001. Dielectric properties of Supersaturated α-D-Glucose Aqueous Solutions at 2450 MHz. Journal of microwave Power & Electromagnetic Energy 36(3): 131-138.

Nelson, S.O. and A.K. Datta. 2001. Dielectric Properties of Food Materials and Electric Field Interactions. Handbook of Microwave Technology for Food Applications. New York. 69-114 p.

Shivhare, U., G.S.V. Raghavan and R.G. Bosisio. 1991. Drying corn using variable power with a surface wave applicator. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy: 26(1).