



การวัดค่าความเข้มข้นน้ำยางพาราด้วยเทคนิคตัวเก็บประจุแผ่นขนาน

Measurement of Concentrated Natural Latex by Parallel Plate Capacitor Technique

สมกรณ์ ชัยวารากรณ์*, สุนิตย์ โรจนสุวรรณ และยุสรี ดอเลาะเซ็ง

Sommkorn Chaiwarakorn*, Sunit Rojanasuwan and Yusree Dorlohseng

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Major of Physics, Faculty of Science Technology and Agriculture, YalaRajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราสดโดยวิธีตัวเก็บประจุแผ่นขนานในรูปของค่าความจุไฟฟ้าซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในช่วง 1.5-12.0 โวลต์ ร้อยละของน้ำที่ผสมในน้ำยางพาราสดเท่ากับ 10 20 30 40 50 60 70 80 และ 90 โดยปริมาตรตามลำดับ แล้ววิเคราะห์ความสัมพันธ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (k) ในน้ำยางพาราสดกับร้อยละเนื้อยางแห้ง (%DRC) จากการทดลองพบว่า เมื่อร้อยละของน้ำที่ผสมในน้ำยางพาราสดเพิ่มขึ้นร้อยละเนื้อยางแห้ง (%DRC) มีค่าลดลง เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเนื้อยางแห้ง (%DRC) กับค่าคงตัวไดอิเล็กตริกพบว่า มีความสัมพันธ์ในลักษณะโพลิโนเมียล ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) อยู่ในช่วง 0.963 - 0.9877

คำสำคัญ : น้ำยางสด เนื้อยางแห้ง ตัวเก็บประจุแผ่นขนาน

*Corresponding Author, e-mail:sommkorn.c@yru.ac.th



Abstract

In this research project, a parallel plate capacitor was used to measure the dry rubber content of concentrated natural latex in term of capacitor. By measuring the input voltage in rang of 1.5-12.0 Volt. The percentages of water blend with natural rubber latex are 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 by volume, respectively. Change in dielectric constant of natural rubber latex was investigated as a function of dry rubber content (%DRC). Results showed that the deceased dry rubber content was increasing the volume of water. The polynomial relationship between dry rubber content and dielectric constant (k) was obtained with multiple regression coefficients (R^2) in rang of 0.963 - 0.9877.

Keywords: Natural latex, Dry rubber content, Capacitor

บทนำ

ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศของไทย ในปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 18,320,011 ไร่ ให้ผลผลิต 3,252,135 ตัน (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2557) สร้างรายได้ให้ประเทศเป็นจำนวนมหาศาลจากการจำหน่ายผลผลิต น้ำยางพาราสดและการแปรรูปเป็นยางพาราแผ่น ทั้งนี้เพื่อประหยัดเวลา เกษตรกรนิยมจำหน่าย เป็นน้ำยางพาราสด (Concentrated natural latex) มากกว่าการทำเป็นยางพาราแผ่น (Rubber sheet) โดยในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยส่งออกน้ำยางข้น (Concentrated latex) ทั้งสิ้น 876,382,199 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 76,632,762,871 บาท (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตร, 2557) โดยมีเงื่อนไขราคากำหนดน้ำยางพาราสดจากร้อยละเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, %DRC) เป็นสำคัญ วิธีการตรวจสอบร้อยละเนื้อยางแห้งในการรับซื้อ น้ำยางพาราทำได้ 2 วิธีหลัก (Chaisrichonlathan et al., 2011) คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้กระบวนการตามมาตรฐาน ISO 126 : 1955 ที่มีความแม่นยำสูงแต่ใช้เวลาการตรวจสอบ นานประมาณ 16-24 ชั่วโมง และการคำนวณค่าความหนาแน่นของน้ำยางด้วยเครื่องมือวัด ที่เรียกว่าเมโทรแล็ค (Metrolac) ซึ่งมีความผิดพลาดของร้อยละเนื้อยางแห้งสูงกว่าร้อยละ 35 ในประเทศมาเลเซีย และสูงกว่าร้อยละ 39 ในประเทศไทย

ปัญหาอันเกิดจากวิธีการตรวจสอบค่าเปอร์เซ็นต์ยางแห้งจึงมีการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ วัดร้อยละเนื้อยางแห้ง อาทิเช่น วิสุทธิ์ ศุกลรัตน์ (2546) ได้พัฒนาเครื่องต้นแบบวัดปริมาณ เนื้อยางแห้งชนิดพลาสติก เรียกว่าลาเท็กซ์มิเตอร์ (Latex meter) พบว่า ลาเท็กซ์มิเตอร์กับ



เมโทรแล็ค มีค่าสหสัมพันธ์ใกล้เคียงกันคือร้อยละ 84.7 และ 82.7 แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนต่างกันมาก กล่าวคือ เมโทรแล็คมีค่าเท่ากับร้อยละ 14.2 ในขณะที่ลาเท็กซ์มีเตอร์มีค่าเท่ากับ 8.1 และลาเท็กซ์มีเตอร์ใช้วัดปริมาณเนื้อยางแห้งในช่วงร้อยละ 25-50 เช่นเดียวกับเมโทรแล็ค แต่มีความทนทาน ราคาถูก ผลิตได้ภายในประเทศและทดสอบมาตรฐานได้ และได้หาปริมาณเนื้อยางแห้งโดยวิธีวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะพบว่า ค่าความจุความร้อนจำเพาะมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นกับปริมาณเนื้อยางแห้ง โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละ 0.7 เทียบกับวิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีค่าร้อยละ 4.0 และวิธีวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะสามารถวัดได้รวดเร็วกว่าในขณะเดียวกันนุชนาฏ สุชาติพงศ์ (2553) วุฒิไกร จำรัสแนว และคณะ (2551) และ Jayanthi & Sankaranarayanan (2005) ได้ศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกเพื่อใช้ในการวัดระดับความเข้มข้นของน้ำยางพาราและหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ซึ่งให้ข้อสรุปในทิศทางเดียวกันว่าค่าไดอิเล็กตริกมีค่าเพิ่มขึ้นตามร้อยละความเข้มข้นของน้ำยางพาราที่เพิ่มขึ้น และค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีความสัมพันธ์กับความชื้น กล่าวคือ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้การหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้คลื่นไมโครเวฟสามารถวัดหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ถูกต้องแม่นยำมากกว่าวิธีการวัดโดยใช้เมโทรแล็คและรวดเร็วกว่าวิธีการอบแห้งส่วนปริมาตรรณ ไชยศรีชลธาร และคณะ (2554) ได้หาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางพาราด้วยวิธี Platform Scale ที่ใช้หลักของความถ่วงจำเพาะเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้เวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงผกผันกับปริมาณ DRC และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.86 ใช้เวลาในการวัดตัวอย่างละ 10 นาที จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า วิธีหาร้อยละเนื้อยางแห้งในน้ำยางพาราส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือที่มีหลักการทำงานซับซ้อน ราคาสูง จึงไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระดับเกษตรกรผู้ทำสวนยาง ผู้ทำวิจัยเล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวจากวิธีการทดสอบร้อยละเนื้อยางแห้ง (การแยกความเข้มข้นของน้ำยางพาราสด) จึงมีแนวคิดที่จะสร้างนวัตกรรมการวัดค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราขึ้นโดยอาศัยวิธีตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน ที่ประดิษฐ์ได้ง่าย ลงทุนน้อย และเกษตรกรผู้ทำสวนยางพาราสามารถตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำยางได้ด้วยตนเอง ซึ่งนำไปสู่การทราบคุณภาพของน้ำยางและสามารถกำหนดราคาน้ำยางพาราได้อย่างเป็นธรรมได้ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มข้นของน้ำยางพารา โดยวิธีตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานอย่างง่าย
2. เพื่อทดลองวัดและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเนื้อยางแห้งกับค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ร้อยละของน้ำในน้ำยางพาราแตกต่างกัน

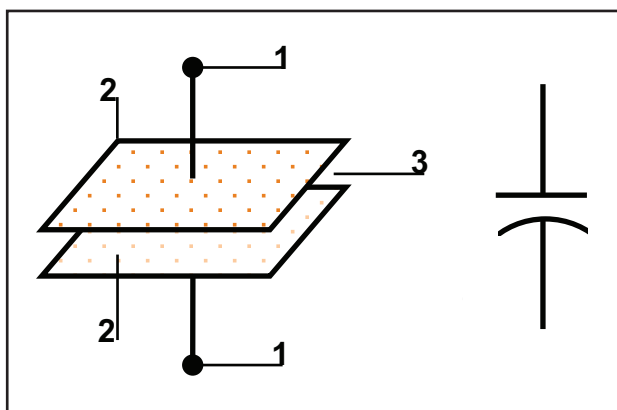
วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นำยางพาราดิบได้จากสวนเกษตรกรผู้ทำสวนยางในตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา โดยเก็บตัวอย่างหลังจากเกษตรกรกรีดยางเสร็จแล้วประมาณ 1 ชั่วโมง บรรจุในถังพลาสติก ที่ปิดสนิทขนาด 5 ลิตร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้โดยนำสารตัวนำ 2 ชั้นมาวางขนานใกล้กันแต่ไม่ต่อกัน ระหว่างตัวนำทั้งสอง กั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) อาจเป็นอากาศไมก้าพลาสติกเซรามิค หรือ สารที่มีสภาพคล้ายฉนวนอื่นๆ โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ (Griffiths, 1999)

(เลข 1 คือ จุดที่ต่อกับวงจร เลข 2 คือ สารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท และเลข 3 คือ ฉนวน)

ความจุไฟฟ้า เกิดจากการป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับขั้วทั้งสองของจุดที่ต่อใช้งานของ สารตัวนำ (เลข 1) ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า และเกิดสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท ทำให้เกิดค่าความจุไฟฟ้าขึ้น เรียกว่าการเก็บประจุ เมื่อนำไปใช้งานเรียกว่าการคายประจุ (Discharge) ภาพที่ 2 ความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ พื้นที่หน้าตัด (A) ของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท กล่าวคือ ถ้าพื้นที่หน้าตัดมาก แสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อย ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง (d) กล่าวคือ ถ้าแผ่นเพลทอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กันความจุจะมีค่ามาก ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย และค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (k) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่น



ระหว่างแผ่นเพลท ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัวจะแตกต่างกัน ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกัน ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากัน ค่าความจุและอัตราทนแรงดันอาจแตกต่างกันออกไป สূณญาณาคเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น และสามารถคำนวณค่าการเก็บประจุได้จากสมการ ดังนี้

$$C = k \frac{A}{d} \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ค่าการเก็บประจุ (ฟารัด) k คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก A คือ พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท (ตารางเมตร) และ d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลท (เมตร) ในทำนองเดียวกันกรณีการกำหนดให้ตัวเก็บประจุแผ่นขนาน (Parallel plate capacitor) ประกอบด้วยตัวนำแบนราบสองแผ่น มีพื้นที่แผ่นละ A และวางห่างกัน d เพื่อตัดปัญหาค่าขอบทางไฟฟ้า ซึ่งทำให้สนามไฟฟ้าบริเวณขอบไม่สม่ำเสมอ จะต้องให้ d มีขนาดเล็กมากๆ เมื่อเทียบกับความกว้างของแผ่นขนาน สมมติว่าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นขนานคู่นี้สม่ำเสมอ และช่องว่างระหว่างตัวนำบรรจุด้วยไดอิเล็กตริก ซึ่งมีสภาพยอม ϵ ไว้จนเต็ม ดังภาพที่ 3 แล้วนำกฎของเกาส์มาพิจารณา (Griffiths, 1999) ขนาดของสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นขนาน เป็นไปตามสมการ (2) คือ

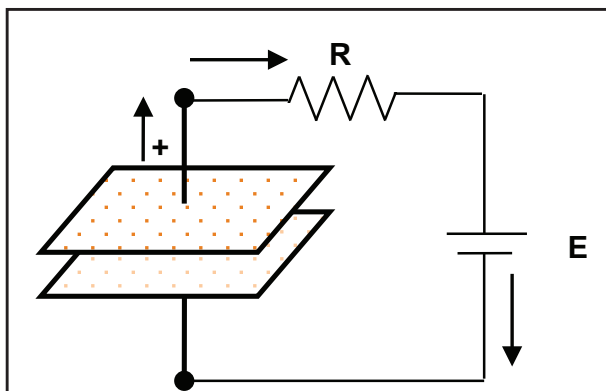
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{Q}{\epsilon A} \quad (2)$$

เมื่อ Q เป็นประจุที่สะสมบนแผ่นขนานแต่ละแผ่น ($Q = \sigma A$) ส่วนความต่างศักย์ระหว่างแผ่นขนานหาได้จากสมการ $\Delta V = Ed$ และจากสมการ $Q = C \Delta V$ หรือ $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ค่าประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบนี้ คือ

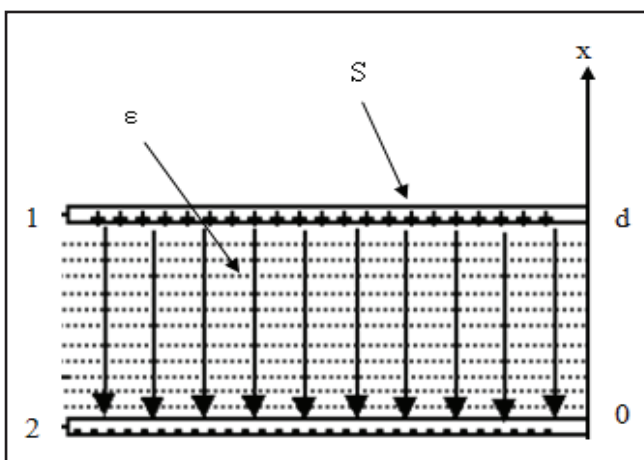
$$C = \frac{Q}{Ed} = \frac{\epsilon A}{d} \quad (3)$$

จะเห็นว่าความจุไฟฟ้าเป็นสัดส่วนตรงกับพื้นที่ของแผ่นขนาน และสภาพยอมไดอิเล็กตริก และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน ซึ่งแสดงว่าขึ้นอยู่กับรูปทรงเรขาคณิตของตัวเก็บประจุ ถ้าช่องว่างระหว่างแผ่นขนานไม่มีไดอิเล็กตริก แต่เป็นสุญญากาศ ให้ค่าความจุไฟฟ้า เรียกว่า C_0 ซึ่งตามสมการ (3) มีค่าเป็น

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



ภาพที่ 2 การเกิดความจุไฟฟ้าเนื่องจากการป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้า



ภาพที่ 3 ตัวเก็บประจุแผ่นขนาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

อุปกรณ์วัดค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราหรือร้อยละเนื้อยางแห้ง (%DRC) ทำได้โดยนำตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานที่สร้างขึ้นเองด้วยวัสดุทองแดงขนาดดังนี้ $7.1 \times 7 \times 2$, $8.6 \times 7 \times 2$, $10 \times 7 \times 2$, $11.4 \times 7 \times 2$ และ $14.3 \times 7 \times 2$ cm^3 ดังภาพที่ 4

การทดลองวัดค่าร้อยละเนื้อยางแห้งทำได้โดยเทน้ำยางพาราสดปริมาตร 200 มิลลิลิตร และน้ำยางพาราสดที่ผสมน้ำเท่ากับร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 80 และ 90 ของน้ำยางตามลำดับ ลงในอุปกรณ์วัด %DRC แล้วจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 1.5 3.0 6.0 9.0 และ 12.0V ตามลำดับ จากนั้นวัดค่าการเก็บประจุไฟฟ้าด้วยเครื่องดิจิตอลมัลติมิเตอร์ความละเอียด 0.1 โวลต์ จากนั้นนำน้ำยางไปหาค่าร้อยละเนื้อยางแห้งในน้ำยางพาราสด ตามวิธีมาตรฐาน (ปริตววรรณ ไชยศรีชลธาร และคณะ, 2554) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างน้ำยางพารา 10.0 กรัม เติมน้ำกรดอะซิติก 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 15-20 นาที ให้น้ำยางเกาะตัวแล้วรีดให้เป็นแผ่น

ความหนาไม่เกิน 2.0 มิลลิเมตร จากนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-20 ชั่วโมง ดังภาพที่ 5 แล้วคำนวณร้อยละเนื้อยางแห้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของค่าคงตัวไดอิเล็กตริกภายในตัวเก็บประจุแผ่นขนานกับร้อยละเนื้อยางแห้งเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการวัดค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราสดสำหรับเกษตรกรสวนยางพาราในพื้นที่จริง



ภาพที่ 4 อุปกรณ์วัด %DRC ของน้ำยางพารา



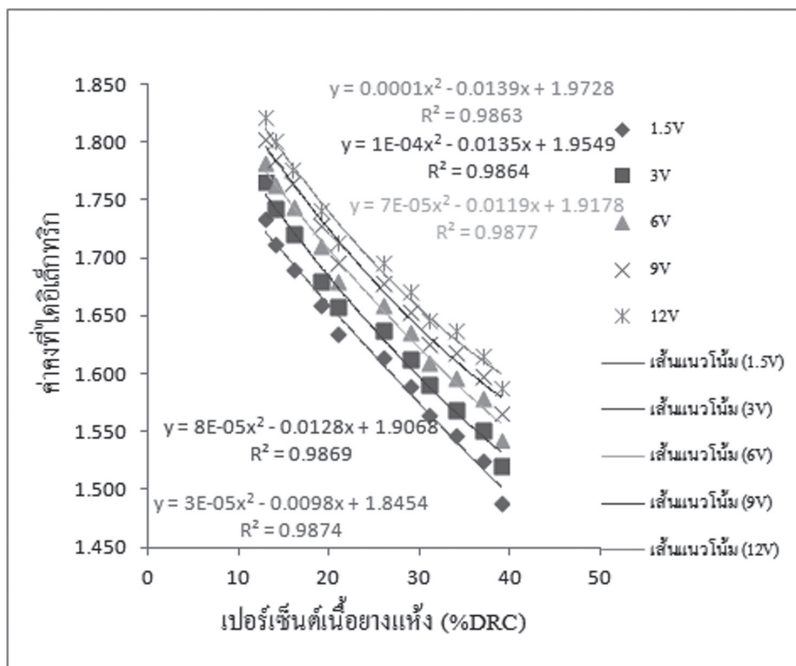
ภาพที่ 5 การหาละเอียดเนื้อยางแห้งตามวิธีมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of determination) ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายสมการการถดถอย (Regression equation) ที่ใช้ประมาณค่าว่าตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) ในแบบจำลองสามารถอธิบายความผันผวน (Variation) ของตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใดทำให้สามารถระบุได้ว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้มากหรือน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 ทั้งนี้ถ้าค่าที่ได้มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้มาก แต่ถ้าค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้น้อย

ผล

จากการทดลองวัดค่าความจุไฟฟ้าและร้อยละเนื้อยางแห้งในน้ำยางพาราสด พบว่า ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกที่ได้อยู่ในช่วง 1.488-1.827 เมื่อควบคุมแรงดัน 1.5 3 6 9 และ 12 V ตามลำดับ ให้กับอุปกรณ์วัด %DRC ในขณะที่ค่า %DRC อยู่ในช่วงร้อยละ 13-39 ดังภาพที่ 6 ซึ่งค่า % DRC ที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของประยุทธ์ อัครเอกตมาลิน และคณะ (2553) กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของเนื้อยางจะอยู่ในช่วงร้อยละ 25-45



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC และค่าคงตัวไดอิเล็กตริก

อภิปรายผล

เมื่อนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์สมการถดถอยในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC และค่าคงตัวไดอิเล็กตริกที่แรงดันไฟฟ้าต่างๆ กัน ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะโพลิโนเมียล ดังนี้

$$\%DRC = 3 \times 10^{-5}x^2 - 0.0098x + 1.8454; R^2 = 0.9874 \text{ (ที่แรงดันไฟฟ้า 1.5 V)} \quad (5)$$

$$\%DRC = 8 \times 10^{-5}x^2 - 0.0128x + 1.9068; R^2 = 0.9869 \text{ (ที่แรงดันไฟฟ้า 3.0 V)} \quad (6)$$

$$\%DRC = 7 \times 10^{-5}x^2 - 0.0119x + 1.9178; R^2 = 0.9877 \text{ (ที่แรงดันไฟฟ้า 6.0 V)} \quad (7)$$

$$\%DRC = 1 \times 10^{-4}x^2 - 0.0135x + 1.9549; R^2 = 0.9864 \text{ (ที่แรงดันไฟฟ้า 9.0 V)} \quad (8)$$

$$\%DRC = 1 \times 10^{-4}x^2 - 0.0139x + 1.9728; R^2 = 0.9863 \text{ (ที่แรงดันไฟฟ้า 12.0 V)} \quad (9)$$



สรุป

จากการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัด %DRC ของน้ำยางพาราสดโดยวิธีตัวเก็บประจุแผ่นขนาน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ร้อยละเนื้อยางแห้ง (%DRC) ลดลงเมื่ออัตราส่วนหรือร้อยละของน้ำในน้ำยางพาราสดเพิ่มขึ้น
2. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนหรือร้อยละของน้ำในน้ำยางพาราสดเพิ่มขึ้น
3. ความสัมพันธ์ระหว่าง %DRC และค่าคงตัวไดอิเล็กตริกมีรูปแบบสมการในลักษณะโพลิโนเมียล ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในช่วง 0.983-0.9877
4. อุปกรณ์วัด %DRC ที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถใช้วัดความเข้มข้นน้ำยางพาราสดได้โดยเกษตรกรผู้ทำสวนยางพารา ต้นทุนการผลิตต่ำ ซ่อมบำรุงและใช้งานง่าย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่สนับสนุนทุนวิจัย งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- นุชนาฏ สุชาติพงศ์. (2553). การศึกษาเพื่อการพัฒนาอุปกรณ์วัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ประยุทธ์ อัครเอกมอลิน เสวก พงษ์สำราญ และสมพร ศรีวัฒนพล. (2556). เครื่องวัด %DRC โดยใช้ความถี่คลื่นไมโครเวฟ [Online]. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2557, จาก : <http://www.cop.rmutsb.ac.th>.
- ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร ชูศักดิ์ ขวประดิษฐ สุภัทร หนูสวัสดิ์ และสันติ โพธิทอง. (2554). การศึกษาหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางพาราด้วยวิธี Platform Scale Method. ว. วิทย. กษ., 42(3)(พิเศษ), 753-756.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. พื้นที่ปลูกยางไทย [Online]. ค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2557, จาก : <http://www.rubberthai.com>.
- วุฒิไกร จำรัสแนว ปานหทัย บัวศรี และกิตติพงษ์ ต้นมิตร. (2551). ศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกเพื่อใช้ในการวัดระดับความเข้มข้นของน้ำยางพารา. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน, 28-29 มกราคม 2551, ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.



สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. *สถิติยางไทย* [Online]. ค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2557,
จาก : <http://www.rubberthai.com>.

Chaisrichonlathan, P., Chavapradit, C., Noosawasd, S. & Pothong, S. (2011). Study on dry rubber content in latex using platform scale method. *Agricultural Sci, J.*, 42(2)(Suppl.), 753-756.

Griffiths, D. J. (1999). *Introduction to Electrodynamics*. (3rd ed.). London: Prentice Hall.

Jayanthy, T. & Sankaranaraya, P. E. (2005). Mesurement of dry rubber contentment in latex using microwave technique. *Measurement Science Review*, 5(3), 50-54.