การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับสมบัติทางไฟฟ้าของยางแผ่นดิบภาคตะวันออกของประเทศไทย

Study on Relationship between Moisture Content and Electrical Properties of Rubber Sheet in The Eastern Part of Thailand

นภัส ทองประไพ[1], ไชยณรงค์ จักรธรานนท์[1] และ พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์[1]

Napas Thongprapai[1], Chainarong Chaktranond[1] and Pinai Thongsawatwong[1]

Abstract

Moisture content is an important indicator of evaluating the quality and price of rubber sheet. This study aims to investigate the moisture content through electric properties (capacitance and resistance) of rubber sheets. Samples are brought from a rubber plantation of eastern Thailand. With repeating process, moisture content and electric properties are examined after the rubbers are exposed in shading environment having good ventilation. Moisture content is investigated through measuring the weight of rubber both before and after drying in a standard oven. In addition, electric properties are measured by two probe types, i.e. pinch and needle. Logarithmic relationship between moisture content against resistance and capacitance of rubber sheet by using pinch probe was obtained with multiple regression coefficients (R^2) equal to 0.92 and 0.88. And using needles probe was obtained with multiple regression coefficients (R^2) equal to 0.92 and 0.84. In the capacitance case, pinch probe gives reliability higher than needle probe. In contrast, reliability of both probes is not much different in resistance measure. Moreover, it is also found that utilizing electric resistance specifies the moisture content of rubber sheet correctly more than electric capacitance. This advantage is being processed to design and develop a new moisture content determination prototype.

Keywords: rubber sheet, moisture content, electrical properties

บทคัดย่อ

เปอร์เซ็นต์ความชื้นในยางแผ่นดิบเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพหรือเป็นตัวกำหนดราคาในการซื้อขายยางแผ่นดิบ บทความนี้ได้นำเสนอการใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้า ในการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในยางแผ่นดิบในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย ในการทดลองนี้ยางแผ่นดิบที่ใช้มีค่าความชื้นเริ่มต้นประมาณ 20% และถูกตากในที่ร่ม อากาศถ่ายเทสะดวกที่อุณหภูมิห้อง ให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 1% จำนวน 25 แผ่น ทำการทดลองวันละ 5 แผ่น จนครบ 5 วันโดยใช้ขั้วหัววัด 2 ชนิด ได้แก่ หัววัดแบบหนีบและแบบเข็ม ขั้วหัววัดต่อสายไฟฟ้าไปยังเครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า ในการวัดค่าความจุไฟฟ้าจะทำการแบ่งช่องยางแผ่นดิบ 20 ช่อง เป็นแนวตั้ง 4 แถว และแนวยาว 5 แถว และวัดค่าไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางของแต่ละช่อง โดยการทบแผ่นยาง 1 ทบ เพื่อให้แผ่นยางมีปริมาตรเต็มช่องระหว่างขั้วหัววัดพอดี โดยผลของค่าทางไฟฟ้าที่ได้ จะนำมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยวิธีมาตรฐาน จากการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้าของการใช้ขั้วหัววัดแบบหนีบอยู่ในรูปของลอการิทึม (logarithmic) โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) มากกว่า 0.95 และ 0.91 ตามลำดับ และความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้าของการใช้ขั้วหัววัดแบบเข็ม อยู่ในรูปของลอการิทึม (logarithmic) โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) มากกว่า 0.96 และ 0.86 ตามลำดับ ค่าความต้านทานของยางแผ่นดิบ มีความสัมพันธ์มากกว่าค่าความจุไฟฟ้า

คำสำคัญ: เปอร์เซ็นต์ความชื้นของยางแผ่นดิบ, ความจุไฟฟ้า, ความต้านทานไฟฟ้า

[1] ภาควิชาเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

[1] Department of Mechanical, Faculty of Engineer, Thammasat University, Pathumthani 12121

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก โดยที่การส่งออกต่างประเทศในรูปของยางแผ่นดิบ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย มีมูลค่าการส่งออกมาก สามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรสวนยาง ตลอดจนอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง (สถาบันวิจัยยาง, 2557)

เนื่องจากปริมาณความชื้นในยางแผ่นดิบถูกใช้เป็นดัชนีกำหนดคุณภาพและราคาในการซื้อขายยางแผ่นดิบ และการหาความชื้นของยางโดยวิธีมาตรฐานจะต้องนำใส่ตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือนานจนกระทั่งน้ำหนักของแผ่นยางคงที่ นอกจากนี้การประเมินระดับความชื้นเพื่อการซื้อขายที่สวนยางในปัจจุบันขึ้นกับประสบการณ์การมองสีผิวของแผ่นยางของผู้รับซื้อเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาความคลาดเคลื่อนของการประเมินความชื้นของยางแผ่นดิบที่เกิดขึ้น การหาวิธีวัดค่าความชื้นแบบอื่นที่มีความรวดเร็ว แม่นยำและสะดวกในการวัด จึงเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับเกษตรกรสวนยาง และการประเมินคุณภาพของวัสดุโดยใช้ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุเองเป็นวิธีที่น่าสนใจวิธีหนึ่ง

ชูศักดิ์ และคณะ (พ.ศ. 2555) ศึกษาการใช้ค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุทางไฟฟ้าประเมินค่าความชื้นยางแผ่นดิบ โดยหัววัดมีลักษณะเป็นหัวเข็มเหล็กกล้า 2 เข็ม ขนาดยาว 15 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างเข็ม 5 มิลลิเมตร ผลการทดสอบพบว่า ความชื้นของยางแผ่นดิบมีความสัมพันธ์กับความจุไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในรูป exponential และมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) มากกว่า 0.78 และ 0.56 ตามลำดับ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินค่าความชื้นยางแผ่นดิบ โดยใช้ค่าความต้านทานและค่าความจุไฟฟ้าของยางแผ่นดิบ โดยปรับปรุงให้มีตัวอย่างทดลองมากขึ้น และเปลี่ยนเครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าเป็นเครื่องวัดค่าฉนวนไฟฟ้าที่มีความสามารถในการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของยางแผ่นดิบที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ และเนื่องจากจุดวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของยางแผ่นดิบมีลักษณะไม่เรียบจึงเพิ่มชนิดของหัววัดแบบหนีบ ที่ซึ่งมีพื้นที่หน้าสัมผัสของหัววัดมากกว่าหัววัดแบบเข็ม เพื่อหาความเหมาะสมในการนำมาใช้หาค่าความชื้นของยางแผ่นดิบที่ใช้สำหรับการซื้อขาย

อุปกรณ์และวิธีการ

1 ยางแผ่นดิบที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างยางแผ่นดิบที่ใช้นำมาจากจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 25 แผ่น ทำให้แห้งโดยการตากผึ่งลมในที่ร่มและอากาศถ่ายเทสะดวก แบ่งช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 5 แผ่น โดยเก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบมาทดลอง 5 แผ่น ต่อ 1 วัน ยางแผ่นดิบถูกแบ่งออกเป็น 20 ส่วนแล้ววัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางของแต่ละส่วน หลังจากนั้นแต่ละส่วนจะถูกตัดแยกออกจากกันและนำไปอบแห้ง หาค่าความชื้นโดยเตาอบมาตรฐาน

2 การวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของยางแผ่นดิบ

การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้าของยางแผ่นดิบ โดยใช้ขั้วหัววัด 2 ชนิด ได้แก่ ขั้วหัววัดแบบหนีบและขั้วหัววัดแบบเข็ม (Figure 1) ขั้วหัววัดแบบหนีบ มีลักษณะเป็นคีมหนีบ โดยในการวัดจะหนีบหัววัดกับแผ่นยางและล็อคระยะห่างระหว่างขั้วหัววัดทั้งสอง 0.5 เซนติเมตร ตรงกึ่งกลางตำแหน่งจุดวัด ส่วนขั้วหัววัดแบบเข็ม ประกอบด้วยเข็มเหล็กกล้า 2 เข็ม เส้นผ่าศูนย์กลางของเข็มมีขนาด 1 มิลลิเมตร และยาว 15 มิลลเมตร มีระยะห่างระหว่างขั้วเข็ม 0.5 เซนติเมตร โดยการแทงยางแผ่นดิบตรงตำแหน่งจุดวัดให้ขั้วเข็มแทงทะลุยางแผ่นดิบ ขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดต่อสายไฟฟ้าเข้ากับเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า (Standard Insulation Tester รุ่น ST-2551) เพื่อใช้วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า (Digital Multimeter รุ่น AT9205D) ทำการอ่านค่าความต้านทานและความจุไฟฟ้า 3 ครั้งต่อ 1 จุดวัด โดยการวัดค่าความต้านทานและความจุไฟฟ้าของขั้วหัววัดทั้ง 2 ชนิด จะทำการพับแผ่นยางก่อน 1 ทบ เพื่อให้มีปริมาตรยางแผ่นดิบเต็มช่องขั้วหัววัดพอดี

3 การวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นยางแผ่นดิบ

หลังจากหาค่าคุณสมบัติไฟฟ้าของยางแผ่นดิบเสร็จแล้ว ตัดตัวอย่างยางแผ่นดิบขนาดกว้าง 1 นิ้วและยาว 1.5 นิ้ว ของแต่ละจุดวัด ทั้งหมด 20 จุด ต่อ 1 แผ่น นำไปชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งหน่วยเป็นกรัมแบบทศนิยม 3 ตำแหน่ง เป็นค่าน้ำหนักยางแผ่นดิบเริ่มต้น (initial weight, W_i) หลังจากนั้นนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยวิธีมาตรฐาน โดยนำตัวอย่างยางเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำยางแผ่นดิบออกจากตู้อบและทำการชั่งน้ำหนักยาง อบยางซ้ำจนกว่าน้ำหนักยางจะมีค่าคงที่ หลังจากนั้นนำเข้าโถดูดความชื้นเพื่อให้ยางแห้งสนิท หาค่าน้ำหนักยางแผ่นดิบสุดท้าย (final weight, W_f) และคำนวณหาค่าความชื้น (percent moisture content, %MC) ตามสมการหาค่าความชื้นตามสมการที่ 1 และหาความสัมพันธ์

ระหว่างความชื้นของยางแผ่นดิบและคุณสมบัติทางไฟฟ้าโดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความต้านทานไฟฟ้าและความจุไฟฟ้า ในช่วงความชื้น 0.5%-20%

$$MC=\left(\left(W_i-W_r\right)\div W_i\right)\times 100\,[\%] \qquad (1)$$

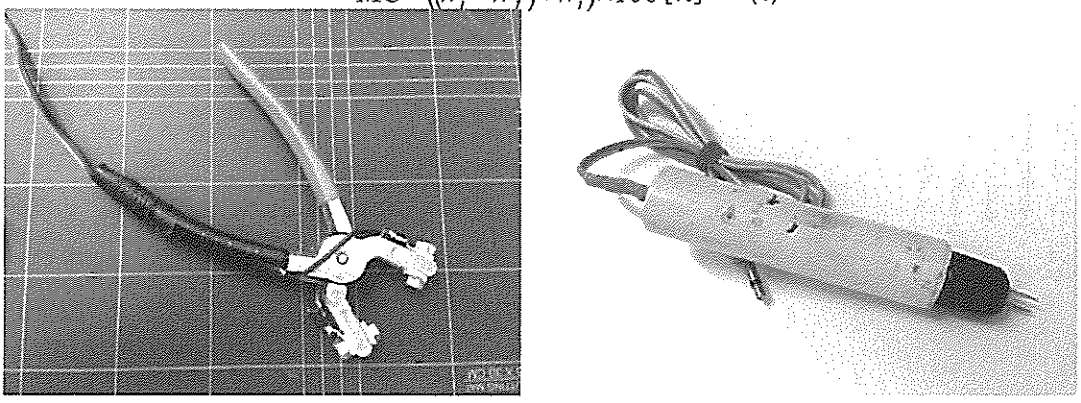

Figure 1 pinch probe (left) and needle probe (right)

ผล

ผลการทดลองของความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่าสมบัติไฟฟ้า พบว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับค่าความต้านทานไฟฟ้าของการใช้ขั้วหัววัดทั้งแบบหนีบและแบบเข็มมีค่าความน่าเชื่อถือใกล้เคียงกันมาก (Figure 2) คือ y = -2.035ln(x) + 14.063 และ y = -2.456ln(x) + 16.372 ตามลำดับ (R^2 มากกว่า 0.95 และ 0.96 ตามลำดับ) และสมการความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับค่าความจุไฟฟ้าของการใช้หัววัดทั้งแบบหนีบและแบบเข็มมีค่าความน่าเชื่อถือแตกต่างกัน (Figure 3) คือ y = 1.851ln(x) + 7.061 และ y = 1.992ln(x) + 8.690 ตามลำดับ (R^2 มากกว่า 0.91 และ 0.86 ตามลำดับ)

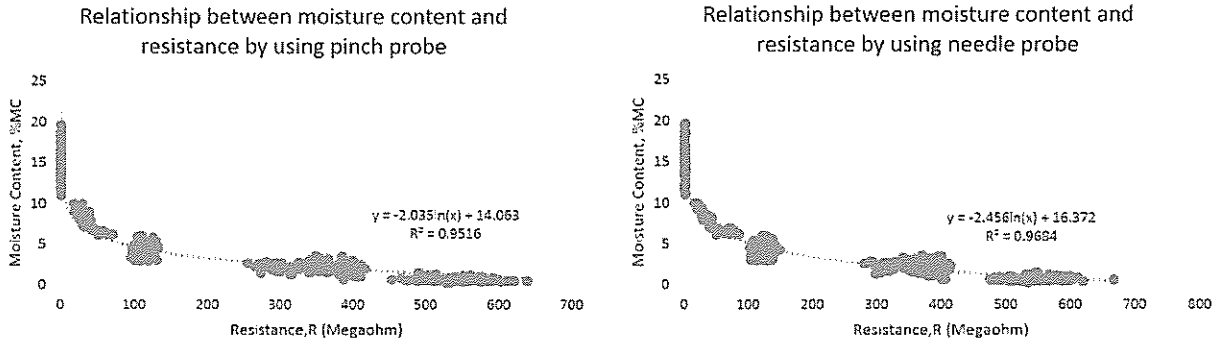

Figure 2 Relationship between moisture content and resistance by using pinch probe (left) and needle probe (right)

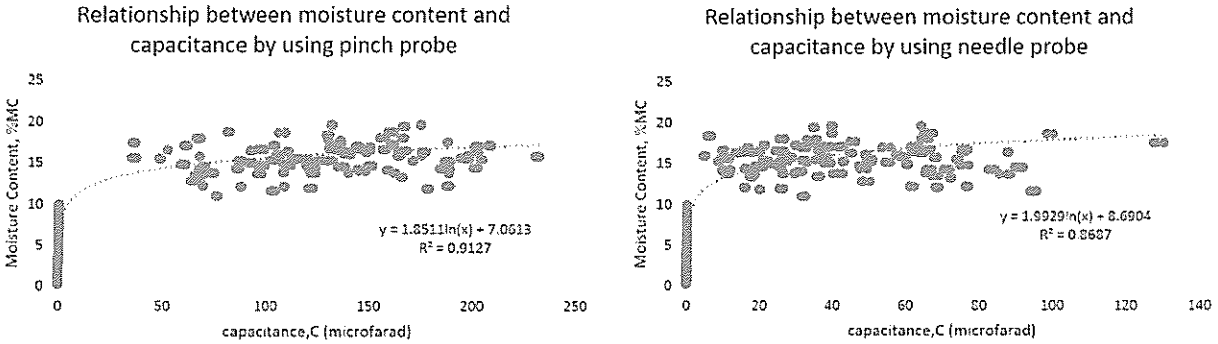

Figure 3 Relationship between moisture content and capacitance by using pinch probe (left) and needle probe (right)

วิจารณ์ผล

ช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้น 10%-20% ของความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความต้านทานไฟฟ้า กราฟมีลักษณะความชันสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นในช่วงอื่นๆ เนื่องจากในช่วงความชื้นสูงนั้นยางแผ่นดิบยังมีลักษณะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีทำให้กระแสที่ไหลผ่านแผ่นยางมีค่าคงที่ ในช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้น 3%-10% กราฟมีลักษณะความชันปานกลางเมื่อเทียบกับช่วงความชื้นสูงและความชื้นต่ำ เนื่องจากช่วงความชื้นในแผ่นยางเริ่มลดลงจนทำให้แผ่นยางเริ่มเข้าสู่ช่วงเป็นฉนวนไฟฟ้าจึงทำให้ค่าความต้านทานที่วัดได้มีค่าสูงขึ้น ส่วนในช่วงความชื้นต่ำกว่า 3% เป็นช่วงที่กราฟมีลักษณะความชันต่ำมากที่สุดเนื่องจากในช่วงนี้แผ่นยางมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ทำให้มีค่าความต้านทานสูงมาก และพบว่าที่ความชื้นต่ำมีค่าความน่าเชื่อถือสูงกว่าที่ความชื้นสูงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงแต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นต่ำ

ช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้น 10%-20% ของความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความจุไฟฟ้า ในช่วงความชื้นสูง (ช่วงความชื้นมากกว่า 10%) มีค่าความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ เนื่องจากค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนสูง ช่วงความชื้น 3%-10% ค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าต่ำลงใกล้เคียงกันกับค่าความจุไฟฟ้าของช่วงความชื้นต่ำ (ช่วงความชื้นน้อยกว่า 3%) จนไม่สามารถแยกช่วงความชื้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองเป็นอุปกรณ์วัดสมบัติไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ต่ำ จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถผ่านยางแผ่นดิบในช่วงความชื้นปานกลางและต่ำที่มีสมบัติทางกายภาพเป็นฉนวนไฟฟ้าได้เท่าที่ควรทำให้ค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนสูง

สรุป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นในยางแผ่นดิบและคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยวิธีวัดแบบหนีบและแบบเข็ม ผลการทดลองสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความต้านทานไฟฟ้ามีความน่าเชื่อถือมากกว่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความจุไฟฟ้า โดยมีความสัมพันธ์อยู่ในรูปสมการ (R^2 มากกว่า 0.95) ทั้งขั้วหัววัดแบบหนีบและแบบเข็ม โดยมีค่าความน่าเชื่อถือสูงในช่วงความชื้นต่ำ ดังนั้นจึงควรใช้คุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าในการออกแบบต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นของยางแผ่นดิบต่อไป เพื่อให้มีความถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วและมีราคาย่อมเยาต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ดร.ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ และ ดร. ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ และคณะ (2555). การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าในการหาความชื้นในยางแผ่นดิบ, *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมการเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13*, จังหวัดเชียงใหม่

วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2549). ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน, กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วน จำกัด ซีโน ดีไซน์

สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย กรมวิชาการเกษตร (2557). มาตรฐานยางแผ่นดิบ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.rubbernongkhai.com/index.php/standardrubber, เข้าดูเมื่อวันที่ 05/02/2557.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2557). สถิติยางไทย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.rubberthai.com/rubberthai, เข้าดูเมื่อวันที่ 05/02/2557.