



การศึกษาการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มสำหรับปาล์มทะลายโดยใช้ต้นแบบหัววัด

Study of palm oil percentage measurement for oil palm bunch using electric probe prototype

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชธาร^{1*}, ชุศักดิ์ ขวประดิษฐ์¹, นายพงษ์วิ นามวงศ์², สุรชาติ ระย้าทอง¹

Preedawan Chairichonlathan¹, Chusak Chavapradit¹, Pongrawee Namwong¹, Surachart Rayathong¹

¹สถาบันวิจัยวิศวกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 10900

¹Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok 10900

²ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร จ.เชียงใหม่, 50100

²Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Department of Agriculture, Chiang Mai 50100

*Corresponding author: Tel: +66-8-0588-4959, Fax: +66-2-529-0663-4, E-mail: jasmine.1100@hotmail.com

บทคัดย่อ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีนโยบายจะประกาศบังคับการซื้อขายปาล์มทะลายตามเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย แต่ปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มที่สามารถวัดได้ถูกต้อง รวดเร็ว สอดคล้องกับการวัดด้วยวิธีมาตรฐาน การออกแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มในทะลายปาล์มต้องคำนึงถึงลักษณะของปาล์มทะลายซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ให้น้ำมันและไม่ให้น้ำมันอีกทั้งความสุกแก่ของผลปาล์มไม่เท่ากันทั้งทะลาย วัตถุประสงค์ของรายงานฉบับนี้คือการศึกษาการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มสำหรับปาล์มทะลายโดยใช้ต้นแบบหัววัดไฟฟ้า โดยหัววัดทรงกระบอกถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้บรรจุเปลือกปาล์มที่ถูกผ่านเป็นแผ่นบางใสในหัววัด ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มสำหรับปาล์มน้ำมัน ได้รับการพัฒนาจากความสัมพันธ์สองประการ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเปลือกปาล์มกับความจุไฟฟ้าของเปลือกปาล์มชั้นบางโดยใช้หัววัดทรงกระบอก และความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกปาล์มกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายปาล์ม แรงดันไฟฟ้าขาออกแบบโวลต์ พีค-พีคจากวงจรไฟฟ้าต้นแบบถูกอ่านค่าโดยเครื่องออสซิลโลสโคป ต้นแบบจะต้องทำการเปลี่ยนค่าความต้านทาน (R) ด้วยสวิตช์เลือก 3 ระดับ โดยใช้ต้านทาน (R) เป็นค่า 613 k Ω , 100 k Ω และ 10 k Ω สำหรับเปลือกปาล์มสุกจัด ปาล์มกึ่งสุก และ ปาล์มดิบ ตามลำดับ ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มในทะลายปาล์มน้ำมันจะถูกพัฒนาต่อในรูปแบบของแผ่นวงจรพีซีบี เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ถูกต้อง สามารถวัดซ้ำ และสามารถผลิตซ้ำได้

คำสำคัญ: ปาล์มทะลาย, ความจุไฟฟ้า, การวิเคราะห์องค์ประกอบทะลาย

Abstract

Ministry of Agriculture and Cooperatives policy for oil palm looking forward to announce a regulation for oil palm dealing to be obligated on percentage of oil. However, there is currently no accurate, fast and standardized instrument for measuring percentage of oil in palm. Consideration of all oil palm bunch characteristics consists of oil and non-oil portions and irregular maturity of oil palm bunch had to be concluded in design and development of palm oil percentage meter. The objective of this report was study of palm oil percentage measurement for oil palm bunch using electric probe prototype. Appropriate probe was cylindrical type cup and apposite electrical

Received: August 03, 2022

Revised: August 20, 2022

Accepted: August 22, 2022

Available online: August 31, 2022

property was capacitance. Oil palm fibrous husk or mesocarp in this developed measurement methods were sliced and filled in a modified cylinder probe. Prototype of palm oil percentage meter for oil palm bunch was developed from relationship between moisture content of palm fibrous husk and capacitance value of sliced palm fibrous husk from modified cylindrical probe and relationship between moisture content of palm fibrous husk and oil percentage per oil palm bunch. Output signals of the prototype circuit in terms of peak-peak output voltage were achieved from oscilloscope. The prototype must change the resistance value (R) with a 3-selector switch. Resistivity value (R) was used as 613 $k\Omega$, 100 $k\Omega$ and 10 $k\Omega$ for ripe, semi-ripe and unripe palms, respectively. The prototype will be further developed in terms of PCB circuit boards to make it easy to use, fast, accurate, repeatable, re product and reproductivity

Keywords: Palm bunch, Capacitance, Composition analysis method

1 บทนำ

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงที่ปาล์มสุกพอดีจะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์น้ำมันดีที่สุด ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มขึ้นเป็น 21 เปอร์เซ็นต์จากเดิมที่มีอยู่เพียง 17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาจากผลผลิตที่เท่ากัน 11.62 ล้านตัน จะทำให้ประเทศไทยมีรายได้เพิ่มขึ้น 90,000 ล้านบาทต่อปี โดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มถึง 781,000 ไร่ (เพ็ญศิริ, 2557) การซื้อขายปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ในสภาพการขายทั้งทะลายปาล์ม โดยทะลายปาล์มน้ำมันประกอบด้วย ก้านทะลาย ก้านทะลายย่อย และผลปาล์มน้ำมัน ผลปาล์มน้ำมันไม่มีก้านผล (Sessile drupe) ประกอบด้วย ผิวเปลือกนอก (Exocarp) ชั้นเปลือกนอก (Mesocarp) และเมล็ดประกอบด้วย กะลา (Endocarp) และเนื้อในเมล็ด (Endosperm) (อรรถน และคณะ, 2554) ส่วนที่ให้น้ำมันมี 2 ส่วน คือ เปลือกชั้นกลาง (Mesocarp) และส่วนเนื้อในเมล็ด (Endosperm)

เปอร์เซ็นต์น้ำมันส่วนใหญ่ได้มาจากชั้นเปลือก (Mesocarp) สอดคล้องกับมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5702-2562 เรื่อง ทะลายปาล์มน้ำมัน ซึ่งกำหนดให้การวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากการสกัดผลปาล์มน้ำมันโดยไม่รวมเนื้อในเมล็ดปาล์มด้วยวิธี American oil chemists society (AOCS) official method Ac-3-44 หลักการ Solvent extraction (Soxtec system) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2562) แต่เนื่องจากความสุกแก่ของผลปาล์มในทะลายปาล์มไม่เท่ากันทั้งทะลาย โดยมีการสุกจากด้านนอกสุดของทะลายเข้าสู่ก้านทะลาย ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันของแต่ละผลปาล์มในทะลายปาล์มไม่เท่ากัน และเพื่อให้เกิดมาตรฐานการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันเพื่อให้ได้ราคาที่เป็นธรรมจึงมีการคิดกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบทะลายปาล์ม (Bunch analysis) เพื่อเป็นวิธี

มาตรฐานในการสุ่มตัวอย่างผลปาล์มจากทะลายแล้วนำมาสกัดน้ำมันด้วย Soxtec system (Hartley, 1988, ชีระ, 2554, กรมวิชาการเกษตร, 2548 และ เบญจมาภรณ์ 2553) วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทะลายปาล์มเป็นวิธีที่ประกอบด้วยหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ตัวแทนของผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันในห้องปฏิบัติการ และเทียบกลับมาเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำมันทั้งทะลายปาล์ม

กรมวิชาการเกษตร ได้รายงานการทดลองหัตถ์ 2 แบบ คือ แบบเข็มและแบบทรงกระบอก พบว่า หัตถ์แบบทรงกระบอกมีความแม่นยำกว่าหัตถ์แบบเข็ม โดยความจุไฟฟ้าเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เหมาะสมสอดคล้องกับการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มด้วยวิธีมาตรฐาน (ปรีดาวรรณ และคณะ, 2564)

ในรายงานฉบับนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อจะหาจุดต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มสำหรับปาล์มทะลาย โดยแสดงผลผ่านทางเครื่องออสซิลโลสโคป ในรายงานฉบับต่อไปต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มในทะลายปาล์มน้ำมันจะถูกพัฒนาต่อในรูปแบบของแผ่นวงจรพีซีบี (Printed circuit board: PCB) เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ถูกต้อง สามารถวัดซ้ำ และสามารถผลิตซ้ำได้

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

1. ทะลายปาล์มพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 จำนวน 125 ทะลาย ประกอบด้วย ทะลายปาล์มดิบ ทะลายปาล์มกึ่งสุก และทะลายปาล์มสุก
2. เครื่องวัดไฟฟ้ามาตรฐาน มัลติมิเตอร์ รุ่น DT-9205
3. เครื่องออสซิลโลสโคป รุ่น DSO5102BMT

2.2 การออกแบบหัววัด

ในรายงานฉบับนี้เป็นการออกแบบหัววัดทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 50 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 mm และมีความสูง 30 mm มีขั้วไฟฟ้า 2 ด้าน ทดลองบรรจุเปลือกปาล์มแห้งจำนวน 2 g. (Figure 1) ที่มีความสูงและระดับต่างกันในตัววัดทรงกระบอกแล้วปิดฝา ใส่ลงในช่องรับตัวอย่างซึ่งต่อกับเครื่องวัดไฟฟ้ามาตรฐาน DT-9205 เพื่อทำการวัดค่าความจุไฟฟ้า (Figure 2) นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความชื้นเปลือกปาล์มกับค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกปาล์ม

ออกแบบวงจรไฟฟ้าที่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้าของเปลือกปาล์มแห้งบางซึ่งบรรจุในตัววัดทรงกระบอก โดยที่เปลือกปาล์มตั้งแต่ดิบจนถึงสุกครอบคลุมความจุไฟฟ้าเป็นช่วงกว้างมากตั้งแต่ 10 – 200 μF ในการวัดจึงต้องปรับค่าความต้านทาน (R) ด้วยสวิตช์เลือก เมื่อทำการหมุนสวิตช์ไปที่หมายเลข 1 เป็นการเลือกใช้ความต้านทาน (R) เป็นค่า 613 $\text{k}\Omega$ สำหรับเปลือกปาล์มที่มีความจุไฟฟ้า 0.2 – 2 μF และหมายเลข 2 เพื่อเลือกใช้ความต้านทาน (R) เป็นค่า 100 $\text{k}\Omega$ สำหรับเปลือกปาล์มที่มีความจุไฟฟ้า 2 – 20 μF และหมายเลข 3 เพื่อเลือกใช้ความต้านทาน (R) เป็นค่า 10 $\text{k}\Omega$ สำหรับเปลือกปาล์มที่มีความจุไฟฟ้า 20 – 200 μF ตามลำดับ (วงจรไฟฟ้าที่ออกแบบเป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน))



Figure 1 Modified cylinder probe.

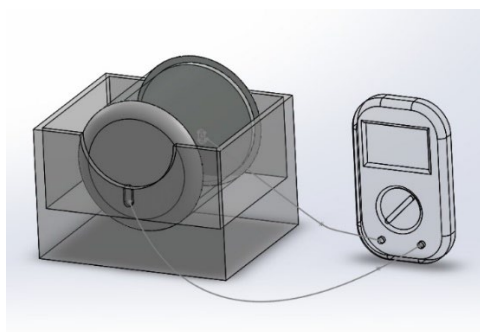


Figure 2 Utilization of modified cylinder probe.

2.3 การทดลองวงจรต้นแบบ

ทะลายปาล์มพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 จำนวน 125 ทะลาย ประกอบด้วย ทะลายปาล์มดิบ ทะลายปาล์มกึ่งสุก และทะลายปาล์มสุก โดยสภาพปกติทั่วไป ทะลายปาล์มจะมีสภาพเปลือกแข็งและดำไม่มีผลร่วง สภาพเปลือกสัมนดำ ผลร่วงน้อยกว่า 10 ผล และ เปลือกสัมนสด ผลร่วงมากกว่า 10 ผล ตามลำดับ ถูกวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทะลายโดยแต่ละทะลายจะสุ่มเลือก 15 ก้านช่อต่อซ้ำ จำนวน 2 ซ้ำต่อทะลาย แล้วเลือกตัวอย่างผลปาล์ม 25 ผลต่อซ้ำ จากการเลือกผลปาล์มจากกลุ่มผลใหญ่และกลุ่มผลเล็ก ซึ่งจะมีทั้งหมด 250 ซ้ำ นำผลปาล์ม 25 ผลต่อซ้ำมาหั่นเปลือกเป็นชิ้นบางและหนาประมาณ 1 mm แล้วนำเปลือกปาล์มหั่นบางไปทดสอบวงจรไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้น ส่วนกะลาถูกเกลาให้เกลี้ยง หลังจากทดสอบวงจรไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้ว นำเปลือกปาล์มทั้งหมดไปอบให้แห้ง เพื่อหาค่าความชื้นเปลือกผลปาล์ม

การทดสอบวงจรไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้น นำตัวอย่างเปลือกปาล์มหั่นบาง จำนวน 2 g. แล้วนำมาบรรจุในตัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 50 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 mm และมีความสูง 30 mm มีขั้วไฟฟ้าที่ฝา 2 ด้าน ปิดฝาแล้วนำมาใส่ลงในช่องรับตัวอย่างซึ่งต่อกับวงจรไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้น แสดงผลด้วยเครื่องออสซิลโลสโคปรุ่น DSO5102BMT เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก (the peak-peak out V.) (Figure 3) นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความชื้นเปลือกปาล์มกับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก (the peak-peak out V) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกปาล์มกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายปาล์ม

การวิเคราะห์หาความชื้น ดำเนินการโดยชั่งน้ำหนักเปลือกปาล์มหั่นบาง 10 g นำเข้าตู้อบลมร้อน อุณหภูมิลมร้อน 60°C อบจนน้ำหนักตัวอย่างไม่ลดลงแล้ว นำออกมาชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าความชื้นของตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทะลายปาล์มซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างผลปาล์มจากทะลาย 15 ช่อต่อทะลาย และเทียบบัญญัติไตรยางค์จากผลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รวม 25 ผล นำมาหั่นเปลือกปาล์ม เกลาให้เกลี้ยง แล้วนำเปลือกปาล์มหั่นบางไปอบแห้ง นำมาบด แล้วสกัดน้ำมันด้วย Soxtec system แล้วทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์กลับไปเป็นน้ำมันต่อทะลาย

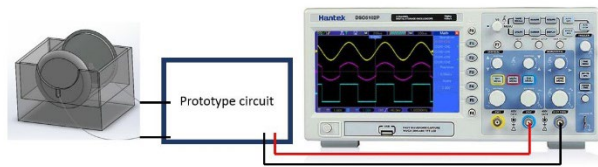


Figure 3 The prototype electrical circuit test.

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการออกแบบหัววัด

ผลวิเคราะห์การทดลองพบว่าความจุไฟฟ้าของผลปาล์มแบบใช้หัววัดแบบทรงกระบอก มีค่าความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกปาล์มสูงที่สุด ดัง Figure 4 พบว่าปาล์มดิบมีความจุไฟฟ้า 137.96 μF มีค่าความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุด 70 %wb ปาล์มกึ่งสุกความชื้น 50 %wb จะมีความจุไฟฟ้า 33.41 μF ปาล์มสุกความชื้น 30 %wb จะมีความจุไฟฟ้า 8.09 μF

จากผลการทดลองซึ่งพบว่าเปลือกปาล์มแห้งมีความจุไฟฟ้าช่วงกว้างมากตั้งแต่ 10 – 200 μF ซึ่งถือว่าเป็นความจุไฟฟ้าตามธรรมชาติขนาดใหญ่สำหรับตัวความจุไฟฟ้าแบบไม่มีขั้ว เนื่องจากหากเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ความจุไฟฟ้ามาตรฐานแล้ว อุปกรณ์ความจุไฟฟ้าแบบไม่มีขั้วมาตรฐานมีค่าสูงสุดเพียง 1 μF

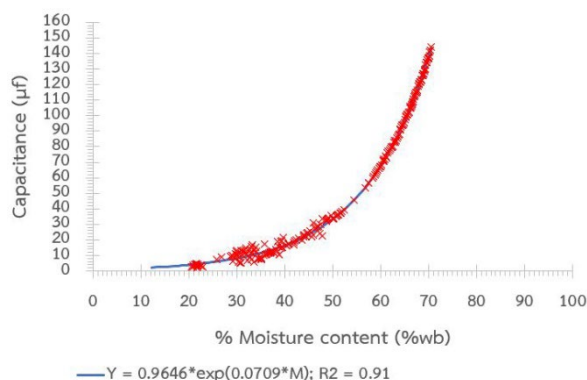


Figure 4 Relationship between % moisture content of palm fibrous husk by using the modified cylinder probe and capacitance values (μF) from DT9205A multimeter

3.2 ผลการทดลองวงจรต้นแบบ

ออกแบบวงจรเพื่อวัดเปลือกปาล์มตั้งแต่ดิบจนถึงสุก ครอบคลุมความจุไฟฟ้าเป็นช่วงตั้งแต่ 10 – 200 μF ซึ่งเป็นความจุไฟฟ้าของเปลือกปาล์มที่อยู่ในช่วงกว้างมากจึงจะต้องทำการเปลี่ยนค่าความต้านทาน (R) ด้วยสวิตช์เลือก โดยทำการหมุนเลือกสวิตช์ไปที่หมายเลข 1 เพื่อเลือกใช้ความต้านทาน (R) เป็นค่า 613 $\text{k}\Omega$ สำหรับปาล์มสุกจัด หมุนเลือกไปที่หมายเลข 2

เพื่อเลือกใช้ความต้านทาน (R) เป็นค่า 100 $\text{k}\Omega$ สำหรับปาล์มกึ่งสุก และหมุนเลือกไปที่หมายเลข 3 เพื่อเลือกใช้ความต้านทาน (R) เป็นค่า 10 $\text{k}\Omega$ สำหรับเปลือกปาล์มดิบ ผลการทดลองพบว่าวงจรต้นแบบสามารถให้ผลการวัดมีความสัมพันธ์ของความชื้นเปลือกปาล์มกับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก ดัง Figure 5 และความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกปาล์มกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายปาล์ม ตาม Figure 6

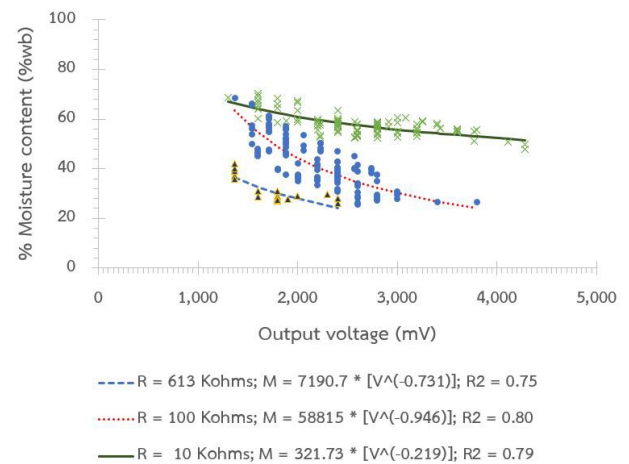


Figure 5 Relationship between % moisture content of palm fibrous husk by using the modified cylinder probe and the peak-peak output voltage from oscilloscope.

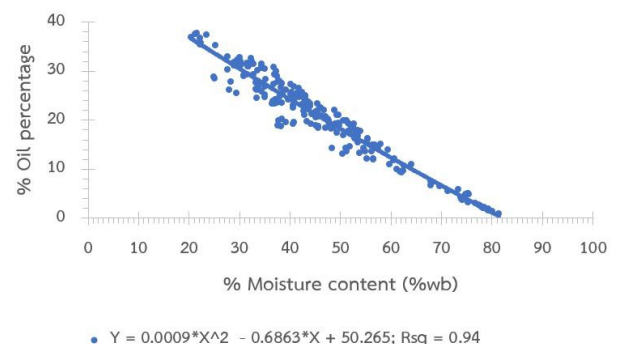


Figure 6. Relationships between moisture content of palm fibrous husk and oil percentage per oil palm bunch

4 สรุป

เปลือกปาล์มดิบจนถึงปาล์มสุกบรรจุในหัววัดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 50 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 mm และมีความสูง 30 mm มีขั้วไฟฟ้า 2 ด้าน เมื่อนำมาทดลองวัดความชื้นกับความจุไฟฟ้า พบว่าเปลือกปาล์มมีความจุไฟฟ้าเป็นช่วงตั้งแต่ 10 – 200 μF

วงจรต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มสำหรับปาล์มทะเลายแสดงผลด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป รุ่น DSO5102BMT เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก จะต้องทำการเปลี่ยนค่าความต้านทาน (R) ด้วยสวิตช์เลือก 3 ระดับ โดยใช้ต้านทาน (R) เป็นค่า 613 k Ω , 100 k Ω และ 10 k Ω สำหรับเลือกปาล์มสุกจัด ปาล์มกึ่งสุก และ ปาล์มดิบ ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ความชื้นเลือกปาล์มมีความสัมพันธ์กับค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก และความชื้นเลือกปาล์มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำมันของเลือกปาล์ม ดังนั้นต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มในทะเลายปาล์มน้ำมันจะถูกพัฒนาต่อในรูปแบบของแผ่นวงจรพีซีบี เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ถูกต้อง สามารถวัดซ้ำ และสามารถผลิตซ้ำได้ และเป็นเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มที่มีราคาถูกกว่าวิธีวัดแบบอื่นๆ เช่น NIR เป็นต้น

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ในการสนับสนุนทุนวิจัยโครงการการศึกษาเทคนิคการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มในทะเลายปาล์มน้ำมันอย่างรวดเร็วโดยใช้ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันกับค่าทางไฟฟ้า ซึ่งบทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการดังกล่าว

6 เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. เอกสารวิชาการ ปาล์มน้ำมัน. เอกสารวิชาการลำดับที่ 16/2547 ISBN 974-436-315-7 พิมพ์ครั้งที่ 2 สิงหาคม 2548 ชุมชุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2554. อัตราพันธุ์กรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะเชิงปริมาณ ในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน หน้า 259-308. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เบญจมาภรณ์ พิมพ์. 2553. โครงการการศึกษาปริมาณน้ำมันในทะเลายปาล์มสุกและสภาวะการบ่มที่มีผลต่อคุณภาพและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบในจังหวัดสุราษฎร์ธานี รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สกว.

ปรีดาพรรณ ไชยศรีชลาธาร, ชุศักดิ์ ขวประดิษฐ์, นายพงษ์วินามวงศ์, ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์, ศุภร อ่างบุญพงษ์, สุรชาติ ระย้าทอง. 2564. การศึกษาเปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้าของตัวอย่างปาล์มน้ำมันด้วยหัววัดแบบเข็มและหัววัดทรงกระบอกกับเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้ามาตรฐาน. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22.

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วันที่ 12-14 พฤษภาคม พ.ศ. 2564

เพ็ญศิริ จำรัสฉาย. 2557. ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม ใครได้ใครเสีย. ในการอภิปราย “ปาล์มน้ำมันไทยแข่งขันได้ด้วยวิชาการ – ประเทศก้าวหน้า เกษตรกรรมคง” ห้องประชุมมนตรีรัฐาคม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร วันที่ 30 พฤษภาคม 2557

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร, 2562. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : ทะลายปาล์มน้ำมัน มกษ. 5702-2562 จำนวน 9 หน้า

อรรถัน วงศ์ศรี, เตือนจิตร เพ็ชรธนู และ ชญาดา ดวงวิเชียร. 2554. พันธุ์และการคัดเลือกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในเอกสารการจัดการสวนปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์มสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 1 – 10.

Hartley C.W.S. 1988. The Oil Palm. 2nd Longman Publishers Ltd., London. 706 pp.