Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 498-501 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 498-501 (2556)

ศึกษาระบบวัดความถ่วงจำเพาะระบบดิจิตอลสำหรับการออกแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันสำปะหลัง

A Preliminary Study on Automatic System for Designing Digital Cassava Starch Content Measurement by Specific Gravity

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร[1], **อนุชิต ฉ่ำสิงห์**[1], **สุภัทร หนูสวัสดิ์**[1], **กอบชัย ไกรเทพ**[1] **และ ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์**[1],
Preedawan Chaisrichonlathan[1], Anuchit Chamsing[1], Supat Noosawasd[1], Kobchai Kraithep[1] and Chusak Chavapradit[1]

Abstract

Starch content is a purchasing index of fresh cassava. The cassava starch content was found to have a linear relationship with specific gravity. Specific gravity is the ratio of the weight of a volume of cassava to the weight of an equal volume of water which is the weight of cassava in water. The relationship of specific gravity to starch content was employed in the design and construction of prototype of cassava starch content measuring machine. The prototype consisted of loader of cassava sample, weighting of the sample, filling exact volume of water, and weighting of cassava in water, respectively. The digital specific gravity determination system was designed and controlled by using microcontroller. The second station, can of cassava sample were detected by light dependent resistors sensor (LDRs sensor) and weighed by using load cell. The third station, water was pump into the can which volume was controlled by solenoid valve and level sensor. The fourth station, cassava in water and can were detected by sensor and weighed. Signals from two 10 kilograms single point of second load cells were amplified for low distortion signals using INA114 instrumentation amplifiers. The analog signals were converted to digital signals via an analog to digital converters (ADCs) for low sampling and high resolution by MCP3551, 22-bit Delta-sigma ADCs. Output from microcontroller was displayed by light-crystal display (LCD).

Keywords: starch content, cassava, specific gravity

บทคัดย่อ

การซื้อขายหัวมันสำปะหลังสดคิดราคาจากปริมาณเชื้อแป้งมันในหัวมันสำปะหลังสดสะอาด โดยเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันสำปะหลังสด การออกแบบ สร้าง ทดสอบต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันสำปะหลังกึ่งอัตโนมัติด้วยค่าความถ่วงจำเพาะซึ่งคืออัตราส่วนของน้ำหนักมันสำปะหลังในอากาศ และน้ำหนักของมันสำปะหลังในน้ำ โดยออกแบบให้มี 4 สถานี ได้แก่ แขวนภาชนะที่บรรจุหัวมันสด ชั่งน้ำหนักหัวมันในอากาศ เติมน้ำในปริมาณที่แน่นอน ชั่งน้ำหนักหัวมันในน้ำ ตามลำดับ ระบบวัดความถ่วงจำเพาะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสถานีที่สองใช้เซ็นเซอร์แสงตรวจจับวัสดุที่เข้ามาแล้วทำการวัดน้ำหนักแบบชั่งในอากาศ ภาชนะที่บรรจุหัวมันสดถูกเติมน้ำในสถานีที่สามโดยใช้โซลินอยวาล์วปล่อยน้ำจากปั๊มน้ำและควบคุมปริมาตรน้ำคงที่ด้วยเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ ภาชนะที่บรรจุหัวมันสดและน้ำเมื่อเข้ามายังสถานีที่สี่จะตรวจจับด้วยเซ็นเซอร์ แล้วทำการวัดน้ำหนักตัวอย่างในน้ำ การวัดน้ำหนักใช้โหลดเซลแบบ single point ขนาด 10 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว ขยายสัญญาณเอาต์พุตจากโหลดเซลเพื่อให้ค่าแรงดันผิดเพี้ยนน้อยที่สุดด้วย Instrumentation Amplifier เบอร์ INA114 แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลความละเอียดสูง ด้วย MCP3551 ต่อแบบ Delta-sigma เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง มีความละเอียดสูงที่อัตราการสุ่มต่ำ ได้สัญญาณที่เรียบเหมาะกับงานที่เกี่ยวข้องกับการวัด ประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลเป็นตัวเลขผ่านหน้าจอแสดงผล

คำสำคัญ: เปอร์เซ็นต์เชื้อแป้ง, มันสำปะหลัง, ความถ่วงจำเพาะ

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในปี 2555 พื้นที่เก็บเกี่ยว 7.91 ล้านไร่ และผลผลิต 26.60 ล้านตัน ถูกแปรรูปส่งขายในรูปมันเส้นมูลค่า 33.24 พันล้านบาท คิดเป็น 51 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าการส่งออกมันสำปะหลังทั้งหมด

[1] กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว / สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ปทุมธานี
[1]Post-harvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Pathumthani

ของไทย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) นอกจากนี้ได้ส่งออกในรูปของมันอัดเม็ด สาคู และแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ มากมาย ทั้งที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหาร เช่น สารให้ความหวาน ผงชูรส อุตสาหกรรมสิ่งทอ กาว กระดาษ แอลกอฮอล์ อะซีโตน ยาฯลฯ ตลาดหลักที่สำคัญได้แก่ จีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน อินโดนีเซีย เป็นต้น

คุณภาพที่สำคัญของหัวมันสำปะหลังสดคือเปอร์เซ็นต์แป้งหรือเรียกอีกชื่อว่าเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งในหัวมันสด เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในหัวมันสำปะหลังคือน้ำและแป้งเป็นส่วนประกอบ โดยมีแป้ง 70-80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้ง ได้แก่ พันธุ์ ฤดูการเก็บเกี่ยว อายุ การตัดต้นก่อนเก็บเกี่ยว ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ในการซื้อขายหัวมันสำปะหลังสดที่ลานมันเพื่อการแปรรูปเป็นมันเส้นและผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังของโรงงานผลิตแป้งมันต้องวิเคราะห์ปริมาณแป้งที่มีในหัวมันเพื่อกำหนดราคา การหาค่าเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดด้วยเครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำเทียบเท่าวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการหรือเทียบเท่าวิธีชั่งด้วยเครื่องชั่งแบบ Reimann scale เป็นที่ต้องการ โดยต้องทำการวัดได้ง่ายสะดวก รู้ผลทันที เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการซื้อขายหัวมันสำปะหลังสด ทำให้ผู้ซื้อและผู้ขายสามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์แป้งและคิดราคาซื้อขายได้ทันที เพิ่มความมั่นใจในการซื้อขายหัวมันสำปะหลังสดและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งมันสำปะหลัง

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ดำเนินการออกแบบต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันสำปะหลังกึ่งอัตโนมัติด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ อาศัยหลักการของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันกับค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันสำปะหลังสด (อนุชิต และคณะ, 2556) ควบคุมและประเมินผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงผลเป็นตัวเลข โดยออกแบบต้นแบบเครื่องวัดฯ ทำงาน 4 สถานี ได้แก่ 1) แขวนภาชนะที่บรรจุหัวมันสด 2) ชั่งน้ำหนักหัวมันในอากาศ 3) เติมน้ำในปริมาณที่แน่นอน 4) ชั่งน้ำหนักหัวมันในน้ำ ตามลำดับ การตรวจวัดประกอบด้วยระบบตรวจจับวัสดุ ระบบตรวจวัดระดับน้ำและระบบตรวจวัดน้ำหนัก เพื่อให้ได้ข้อมูลน้ำหนักมันชั่งในอากาศและน้ำหนักมันชั่งในน้ำมาประมวลผลเป็นค่าความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งต่อไป การทำงานของระบบต่างๆ ต้องสอดคล้องกับระบบกลไกของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันสำปะหลัง

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาระบบตรวจจับวัสดุเบื้องต้น

สถานีที่สองและสถานีที่สี่ได้ออกแบบให้มีเซ็นเซอร์แสงตรวจจับวัสดุเข้ามายังสถานีเพื่อให้ระบบเริ่มการวัดน้ำหนักแบบชั่งในอากาศและเริ่มการวัดน้ำหนักแบบชั่งในน้ำ ระบบตรวจจับวัสดุประกอบด้วยภาคส่งและภาครับซึ่งส่งสัญญาณถึงกันโดยตรง (Figure 1) ภาคส่งประกอบด้วยวงจรส่งสัญญาณความถี่ 38 KHz ต่อเข้ากับหลอดไฟอินฟราเรด 2 แบบ คือ TOIR-50b94bCEa และ TSAL7400 ภาครับใช้โมดูลตัวรับอินฟราเรด TSOP4838 ต่อขากับไฟบวกและกราวน์ หากมีวัสดุผ่านเข้ามาทำให้โมดูลตัวรับอินฟราเรดไม่ได้รับสัญญาณอินฟราเรด ทำให้แรงดันขาออกของโมดูลตัวรับอินฟราเรดเป็นแรงดันไฟเลี้ยง (High) เป็นสัญญาณส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สามารถตรวจจับวัสดุได้ ข้อมูลอุปกรณ์ของโมดูลตัวรับอินฟราเรด TSOP4838 ระบุว่าความสามารถสูงสุดในการรับสัญญาณอยู่ในระยะ 35 เมตร โดยในการทดสอบใช้งานของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันระยะห่างของภาคส่งและภาครับเพื่อตรวจจับวัสดุเข้าสถานีไม่เกิน 30 เซ็นติเมตร

การศึกษาระบบตรวจวัดระดับน้ำเบื้องต้น

ออกแบบให้ภาชนะที่บรรจุหัวมันสดในสถานีที่ 3 ถูกเติมน้ำโดยใช้โซลินอยวาล์วปล่อยน้ำจากถังวัดระดับน้ำโดยใช้ปั๊มน้ำ ออกแบบให้ควบคุมปริมาตรน้ำคงที่ด้วยเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ 2 ตัว เพื่อตรวจวัดระดับน้ำที่ต้องเปิดและปิดปั๊มน้ำ เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Figure 2) ผลิตจากโลหะแสตนเลสมีลักษณะเป็นแท่ง 2 ขั้ว ทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้าชนิดต่อเนื่อง ในสภาวะขั้วทั้งสองไม่ได้สัมผัสน้ำขั้วจะแยกกันทางไฟฟ้า เนื่องจากมีอากาศกั้นกลางเป็นฉนวน ขั้วทั้งสองจึงมีค่าความนำไฟฟ้าต่ำหรือค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง แต่เมื่อมีน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงขั้วทั้งสอง น้ำจะทำให้ค่าความนำเพิ่มขึ้น และยิ่งระดับน้ำสูงขึ้นก็จะยิ่งเพิ่มการนำไฟฟ้า จึงออกแบบวงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ออปแอมป์ ชนิด Comparator เบอร์ LM339 โดยแบ่งแรงดันไฟเลี้ยงวงจรให้เหลือเพียงครึ่งหนึ่งเพื่อใช้เป็นแรงดันอ้างอิงให้กับขา Non-Inverting ของออปแอมป์ ขั้วบวกของเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและขั้วลบของเซ็นเซอร์ต่อเข้ากับขา Inverting ของออปแอมป์ หากที่ขา Inverting ของออปแอมป์ได้มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันขา Non-Inverting ของออปแอมป์แรงดันขาออกจะเป็นศูนย์ (Low) แต่หากแรงดันที่ขา Inverting ของออปแอมป์มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าขา Non-Inverting ของออปแอมป์ แรงดันขาออกจะมีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง (High) เป็นสัญญาณจากวงจรตรวจวัดระดับน้ำไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการสั่งงานเปิดปิดปั๊ม

น้ำด้วยรีเลย์ควบคุมโซลินอยวาล์ว ทำการทดสอบการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำเบื้องต้นทั้งเพื่อการเปิดและปิดปั๊ม โดยทำการทดสอบการทำงานกับน้ำ 2 ชนิด คือ น้ำประปาและน้ำกรอง

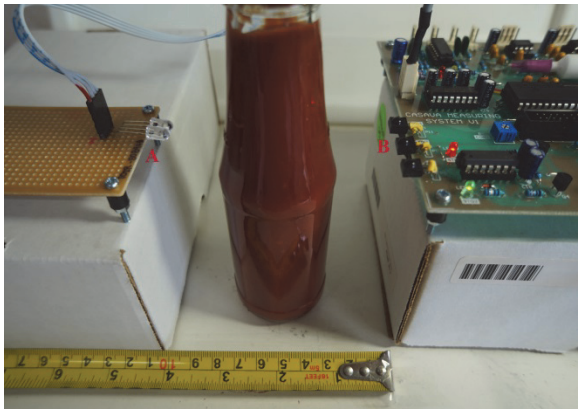

Figure 1 Digital Object Detection System Pretesting; IR LEDs (A) and IR receiver modules (B)

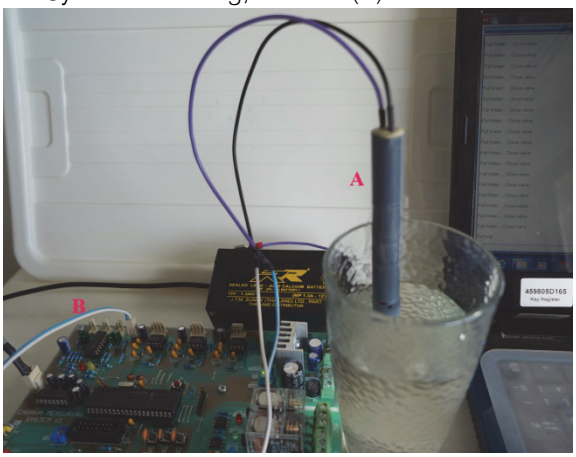

Figure 2 Water level with control pump pretesting; water level sensor (A) and water level circuit (B)

การศึกษาระบบตรวจวัดน้ำหนักวัสดุเบื้องต้น

สถานีที่สองและสถานีที่สี่ได้ออกแบบให้ทำการวัดน้ำหนักตัวอย่างมันสำปะหลังชั่งในอากาศ และน้ำหนักตัวอย่างมันสำปะหลังชั่งในน้ำ ออกแบบระบบดิจิตอลตรวจวัดน้ำหนักให้เริ่มทำงานเมื่อระบบตรวจจับวัสดุตัวอย่างที่เข้ามายังสถานีโดยกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตั้งค่าเป็นน้ำหนักเริ่มต้นนี้เป็นศูนย์ เมื่อวัสดุตัวอย่างเลื่อนมากดบนโหลดเซล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าน้ำหนักเก็บไว้เพื่อประมวลผลต่อไป การทดสอบระบบตรวจวัดน้ำหนักเบื้องต้น (Figure 3) ใช้โหลดเซลแบบ single point ขนาด 10 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว ขยายสัญญาณเอาต์พุตจากโหลดเซลเพื่อให้ค่าแรงดันผิดเพี้ยนน้อยที่สุดด้วย Instrumentation Amplifier เบอร์ INA114 แล้วแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลความละเอียดสูง ด้วย MCP3551 ต่อแบบ Delta-sigma การเขียนโปรแกรมรับค่าจาก MCP3551 ติดต่อแบบ SPI โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณให้ MCP3551 ก่อนแล้วรอรับค่าที่ส่งกลับมาเพื่อแปลงค่าที่วัดได้เป็นน้ำหนัก ทำการโปรแกรมค่าแปลงน้ำหนักเพื่อให้ระบบตรวจวัดน้ำหนักเบื้องต้นแสดงผลเป็นค่าน้ำหนักแล้วทำการทดสอบเทียบค่ากับน้ำหนักมาตรฐาน

ผล

ผลการศึกษาระบบตรวจจับวัสดุเบื้องต้น

การมอดูเลต (Modulation) หรือการผสมสัญญาณของความถี่ 38 KHz เข้าไปกลับคลื่นอินฟราเรดเพื่อใช้ช่วยป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก ระยะรับสัญญาณขึ้นกับความเข้มของแสงอินฟาเรด จากการทดสอบพบว่าหลอดไฟอินฟราเรดทั้งสองแบบให้ผลการวัดไม่ต่างกัน ระยะระหว่างภาคส่งและภาครับช่วงระยะ 10 เซ็นติเมตร ถึง 30 เซ็นติเมตร สามารถทำงานได้ดี แต่เมื่อระยะระหว่างภาคส่งและภาครับน้อยกว่า 10 เซ็นติเมตร จะไม่สามารถรับสัญญาณได้ในบางตำแหน่งทั้งนี้เนื่องจากการแผ่แสงของหลอดไฟอินฟราเรดมีรูปทรงเป็นกรวยกลมและมีมุมความเข้มแสงระหว่างขอบแสงกับแกนกลาง (Angle of half intensity) ที่ 25 องศา โดยที่โมดูลตัวรับอินฟราเรด ต้องการความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 0.2 mW/m^2

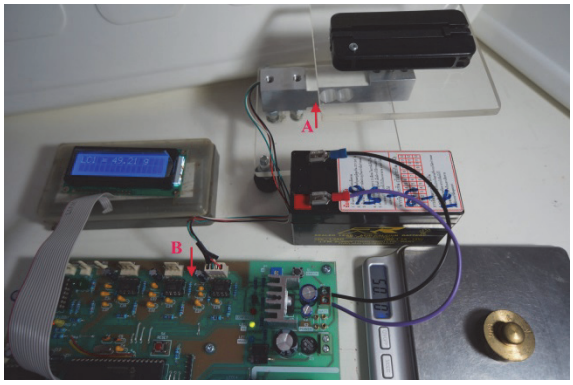

Figure 3 Weight determination system pretesting, load cell (A) and weighing circuit (B)

ผลการศึกษาระบบตรวจวัดระดับน้ำเบื้องต้น

การทดลองตรวจวัดระดับน้ำเบื้องต้นพบว่าสามารถใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำเพื่อเปิดและปิดปั๊มได้ และสามารถใช้ได้กับน้ำประปาและน้ำกรอง การติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อเปิดปิดน้ำระบบจะทำการตัดต่อการทำงานของรีเลย์ทันทีที่น้ำสัมผัสขั้วของเซ็นเซอร์

ผลการศึกษาระบบตรวจวัดน้ำหนักวัสดุเบื้องต้น

การทดลองตรวจวัดน้ำหนักวัสดุเบื้องต้นพบว่าระบบตรวจวัดน้ำหนักเบื้องต้นสามารถวัดน้ำหนักได้ละเอียดเป็นหน่วยกรัม ทำการโปรแกรมและวัดเทียบค่ากับน้ำหนักมาตรฐานได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างน้ำหนักที่วัดได้จากระบบตรวจวัดน้ำหนักเบื้องต้นและน้ำหนักมาตรฐาน (Figure 4) ความสัมพันธ์ที่ได้สามารถนำไปปรับปรุงต้นแบบต่อไป

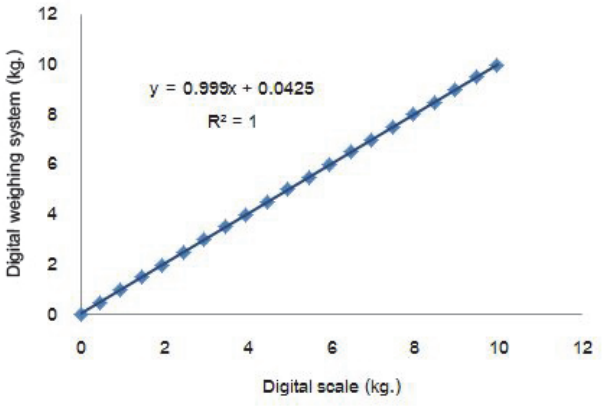

Figure 4 Relationship between weight of object from digital weighing system and digital scale.

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบระบบตรวจวัดเบื้องต้นทั้งสาม ทำให้ทราบแนวทางในการออกแบบเพิ่มเติมระบบกลไกเพื่อสร้างต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งมันสำปะหลังกึ่งอัตโนมัติด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ การทดสอบระบบตรวจจับวัสดุเบื้องต้นจะต้องทำการทดสอบเพิ่มเติมกับโมดูลตัวรับอินฟราเรดแบบสะท้อนแสง เช่น TCRT5000 เป็นต้น และการทดสอบระบบตรวจวัดระดับน้ำควรทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยการติดตั้งเซ็นเซอร์ในถังวัดระดับน้ำของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งและทำการวัดปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยเข้าภาชนะที่บรรจุหัวมันสด

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลการผลิตและการส่งออกมันสำปะหลัง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. (18/08/2556).

อนุชิต ฉ่ำสิงห์, ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ม ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2556. รายงานเรื่องเต็มกิจกรรมการศึกษาการใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันสำปะหลังสดในการหาเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสด. กรมวิชาการเกษตร.