โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือก เพื่อแก้ปัญหาคุณภาพข้าว

Research and Development on Paddy Post-harvest Handling Practices: Price Stabilization

วิบูลย์ เทเพนทร์[1] นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล[1] ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์[1] ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร[2]
เวียง อากรชี[2] และกลวัชร ทิมินกุล[3]

Viboon Thepent[1], Nitat Tangpinijkut[1], Chusak Chavapradit[1]
Preedawan Chaisrichonlathan[1], Weang Arekornchee[2] and Kolvatchara Timingoon[3]

[1]กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Post-harvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, Klong Luang, Pathunthani 12120
[2]ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000
Chantaburi Agricultural Engineering Research Center, Muang, Chantaburi 22000
[3] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
Khon Kean Agricultural Engineering Research Center, Muang, Khon Kean 40000

บทคัดย่อ

ในการซื้อขายข้าวเปลือกจะประเมินราคาโดยพิจารณาจากคุณภาพข้าวได้แก่ ความชื้น สิ่งเจือปน และคุณภาพการสี เป็นต้น ในปัจจุบันรัฐบาลยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพข้าว สำหรับข้าวหอมมะลิการตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือและวิธีการในการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก และเครื่องมือการตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนในข้าวหอมมะลิเพื่อให้ใช้งานได้สะดวกรวดเร็วสำหรับใช้ในการประเมินราคาข้าว ผลที่ได้คือการออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดสีแบบแกนโลหะที่ใช้อยู่ทั่วไปให้มีพัดลมสำหรับระบายความร้อนที่สะสมอยู่ในแกนสีเพื่อให้ได้ค่าผลการสีที่ถูกต้อง สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงกว่า 15%จำเป็นต้องมีการลดความชื้นก่อนจึงสามารถนำมาหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวได้จึงได้ออกแบบพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับลดความชื้นตัวอย่างข้าวเปลือกโดยใช้ปริมาณลมและอุณหภูมิสูงโดยพบว่าข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 12 นาทีแล้วนำมาพักตัวไว้ 20 นาทีในภาชนะปิด ผลการวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าวที่ได้ สามารถเทียบค่าได้กับตัวอย่างข้าวเปลือกที่ลดความชื้นโดยเป่าอากาศแวดล้อม สำหรับการวัดความชื้นข้าวเปลือกได้ดำเนินการศึกษาออกแบบสร้างและทดสอบอุปกรณ์การวัด ส่วนของวงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์การแสดงผลการวัดความชื้นโดย เครื่องต้นแบบที่ได้สามารถวัดความชื้นข้าวเปลือกได้ในช่วง 11–21 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีความสามารถในการวัดซ้ำ 0.983 และในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนในข้าวหอมมะลิ ใช้วิธีวัดค่าความยืดหยุ่น (Elasticity) ของข้าวสุกที่หุงด้วยอัตราส่วนของน้ำต่อข้าว 0.7:1 ที่บรรจุในอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นสำหรับใช้วัดแรงกดกับระยะยุบตัวด้วยเครื่องวัดแรงกด (Universal Testing Machine) การทดสอบใช้เวลาประมาณ 1 ชม. 20 นาที สามารถแยกความแตกต่างของข้าวชัยนาท 1 หรือข้าวสุพรรณบุรี 1 ที่ปนในข้าวหอมมะลิไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ได้

Abstract

Paddy price can be determined by quality of paddy such as moisture content, foreign matter and milling quality etc. At present the government does not have any standard and procedure for determining paddy quality. For Hom Mali rice, it is a time consuming process to determine the mixture percentage of other rice varieties. This research project aims to develop inspection instruments and technology for quality evaluation of paddy and mixture percentage in Hom Mali rice. Result of this project may be used for the design and development of standard friction-type paddy milling (quality) instrument. High moisture should be dried below 15% prior to determine head rice yield. A rapid dryer for wet grain using high temperature heated air was designed and developed. Dried paddy at 1000 C for 12 minutes and after 20 minutes tempering in closed container is capable to calibrate with ambient aerated drying of wet paddy. Design and development of prototype paddy moisture meter consist of study, design, fabricate and test of measuring devices, electrical circuit and moisture content display. The prototype of moisture meter is able to determine paddy moisture content between 11 to 21 % with repeatability of 0.983 and linear correlation with air oven method. Prediction of percentage of Hom Mali Rice mixture content by elasticity of cooked rice was studied. Universal Testing Machine was utilized to assess elasticity value of compressive force and penetrated distance in 0.7 : 1 water to rice ratio of cooked rice by using the design instrument. Slope of linear regression line between force and distance represented elasticity value of cooked rice that is effectively able to determine the adulteration of 10 % or more of Chainath-1 or Supunburi-1 varieties of rice. Determination time is only one hour and twenty minutes.

คำนำ

ในการซื้อขายข้าวเปลือกโดยทั่วไป เมื่อเกษตรกรนำข้าวเปลือกมาขาย ผู้ซื้อจะประเมินราคาโดยพิจารณาคุณภาพข้าว ซึ่งคุณภาพข้าวมีความหมายครอบคลุมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี คุณภาพการสี คุณสมบัติการหุงต้ม และอื่น ๆ [1] ในการกำหนดมาตรฐานสินค้าข้าวของไทยและประเทศผู้ส่งออกข้าวทั้งหลาย ให้คุณสมบัติของเมล็ดทางกายภาพในการจำแนกเกรดของข้าว ทั้งนี้เพราะมีความชัดเจนและตรวจสอบได้รวดเร็ว ดังนั้น ในวงการค้าข้าวยังพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพเป็นหลัก ซึ่งได้แก่ ระดับความชื้น ขนาดเมล็ด คุณภาพการสี ปริมาณสิ่งเจือปน ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดเหลือง ข้าวเมล็ดแดง ข้าวเมล็ดท้องไข่ และข้าวเมล็ดเสีย เป็นต้น

ในปัจจุบันรัฐบาลยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพข้าว ดังจะเห็นได้จากรายงานของอรรถพล และคณะ (2543) [2] ที่สรุปปัญหาการประเมินความชื้นข้าวของโรงสีว่าใช้เครื่องวัดที่หลากหลาย และไม่มีมาตรฐานสำหรับวิธีวัด ค่าที่ประเมินได้ยังไม่มีการสอบเทียบกับค่าจากการวัดจากวิธีมาตรฐาน (การใช้เตาอบ) และได้สรุปปัญหาการประเมินผลได้จากการขัดสีของโรงสีว่าการประเมินผลได้จากการขัดสีของโรงสีแต่ละโรง แตกต่างกัน วิธีที่ใช้ไม่มีมาตรฐาน เกณฑ์ผลได้จากการขัดสีไม่สอดคล้องกับชนิดข้าวและผลได้จาการขัดสีในโรงสีจริง ทำให้เกิดการขัดแย้งในการประเมินราคาข้าวเปลือก และไม่ได้รับการเชื่อถือจากเกษตรกร ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเครื่องและวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าว การศึกษาและพัฒนาเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกที่วัดได้ถูกต้องแม่นยำ สามารถผลิตได้ในประเทศและมีราคาถูก รวมทั้งการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก จะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาในการซื้อขายข้าวเปลือกตามคุณภาพที่สร้างความเป็นธรรมให้กับเกษตรกรมากขึ้น เช่นเดียวกัน การกำหนดมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย [3] มีข้อกำหนดว่าข้าวหอมมะลิไทยต้องมีข้าวพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปนไม่เกินร้อยละ 30.0 โดยน้ำหนัก วิธีการมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบการหาปริมาณข้าวชนิดอื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปนต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน การศึกษาและพัฒนาวิธีการทางกายภาพและเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปนที่

สะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง จะส่งผลดีต่อการค้าและส่งออกข้าวหอมมะลิไทย

โครงการนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือและวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก เพื่อให้ได้เครื่องมือและวิธีการตรวจวัดคุณภาพข้าวเปลือกที่แม่นยำถูกต้องและยังได้ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการและเครื่องมือตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนในข้าวหอมมะลิไทยเพื่อให้ใช้งานได้สะดวกรวดเร็วแม่นยำ

1. การศึกษาเครื่องมือและวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก

1.1 งานวิจัยและพัฒนาเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพการสีของข้าวเปลือก ทำการศึกษาสำรวจเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพการสีของข้าวเปลือก ในโรงสี ตลาดกลางและผู้ประกอบการรับซื้อข้าวเปลือก ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจสอบคุณภาพการสีด้วยเครื่องขัดสี ปัจจัยที่ศึกษาคือแบบของเครื่องขัดสี ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ (ข้าวเปลือกและข้าวกล้อง) พันธุ์ข้าวน้ำหนักตัวอย่าง ระยะเวลาในการขัดสี และขนาดน้ำหนักกดของเครื่องขัดข้าวแบบแกนเหล็ก ทดสอบสีข้าวในโรงสีโดยให้มีอัตราการขัดสีแตกต่างกันหลายระดับ นำผลการสีข้าวจากโรงสีไปเปรียบเทียบกับการประเมินผลการขัดสีด้วยวิธีต่างๆ โดยใช้เครื่องขัดสีที่พัฒนาขึ้น

ผลการศึกษาเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพการสีของข้าวเปลือกแบบแกนโลหะแบบต่างๆ ที่ใช้กันอยู่ในโรงสีสำหรับวัดคุณภาพของข้าวเปลือก โดยตัวอย่างข้าวเปลือกที่นำมาวิเคราะห์มีความชื้นไม่เกิน 15% พบว่า ผลได้ต้นข้าวมีความแตกต่างกัน (Table 1) และยังพบว่าการใช้เครื่องขัดสีตัวอย่างข้าวเปลือกอย่างต่อเนื่องหลายตัวอย่างติดต่อกันมีผลทำให้ได้ปริมาณต้นข้าวลดลง เนื่องจากแกนสีมีความร้อนสะสม (Fig. 1) จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ออกแบบสร้างเครื่องขัดสีตัวอย่างข้าวเปลือกแบบแกนโลหะ โดยมีพัดลมช่วยในการระบายความร้อนที่สะสมในแกนขัดสี (Fig. 2 และ 3)โดยใช้ปริมาณลม 0.25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ผลการทดสอบ พบว่า การระบายความร้อนแกนขัดสีให้เย็นลงก่อนจะทำการสีตัวอย่างต่อไป ช่วยลดการแตกหักได้ และเกณฑ์ผลได้ จากการขัดสีเครื่องต้นแบบนี้สอดคล้องกับผลได้จากการขัดสีข้าวในโรงสีข้าวทดลอง

Table 1 Compared head rice yield and milling degree by using different type of milling instrument.

Milling instrument	Head rice yield (%)	Milling Degree (%)
A	42.38	9.30
B	48.47	6.38
C	36.46	8.67
D	49.37	6.70
Satake	49.74	10.63

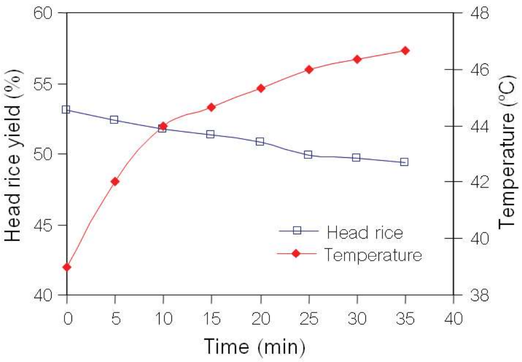

Figure 1 Head rice yield and temperature of milled rice due to the time of continuous used.

1.2 ศึกษาวิธีการลดความชื้นตัวอย่างข้าวเปลือกด้วยวิธีเร่งรีบ สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเกิน 15% ไม่สามารถนำมาสีเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวได้ เนื่องจากข้าวจะหักมาก ดังนั้น จึงได้ศึกษาวิธีการลดความชื้นตัวอย่างข้าว

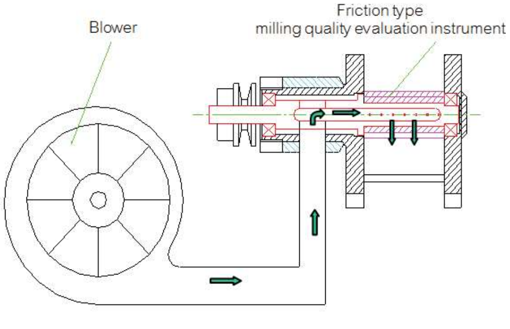

Figure 2 Schematic diagram of the prototype friction-type paddy milling instrument.

Figure 3 Prototype of friction-type paddy milling quality determination instrument.

Figure 4 Prototype of rapid dryer for wet grain

เปลือก ให้รวดเร็ว สะดวก และเมื่อนำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นแล้วมาขัดสีโดยเครื่องขัดสีตัวอย่างข้าวเปลือก ผลที่ได้ต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงในการดำเนินงานได้ออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นตัวอย่างข้าวเปลือกแบบสเปร้าเต็ดเบด (Fig. 4) คือการใช้ความเร็วลมและอุณหภูมิสูงเป่าให้ตัวอย่างข้าวเปลือกลอยตัวทำให้สามารถลดความชื้นได้เร็ว ในการทดสอบเครื่องต้นแบบใช้ตัวอย่างข้าวเปลือกครั้งละ 350 กรัม ทดสอบการลดความชื้นโดยใช้อุณหภูมิลมร้อน 4 ระดับคือ 80, 100, 120 และ 150 ^{o}ซ. เวลาในการลดความชื้น 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 นาที ศึกษาระยะเวลาในการพักตัวที่ 5, 10, 15, 20, 25,

Table 2 Grain temperature and moisture content at different time of drying and drying air temperature (the initial of paddy moisture content were 26-27%)

Drying time (min)	Drying air temperature							
	80 ^{o}C		100 ^{o}C		120 ^{o}C		150 ^{o}C	
	Grain temp. (^{o}C)	Final paddy MC (%)	Grain temp. (^{o}C)	Final paddy MC (%)	Grain temp. (^{o}C)	Final paddy MC (%)	Grain temp. (^{o}C)	Final paddy MC (%)
5	57	21-23.5	63	17.9-19.5	78	17-19	89	16.4-17.9
7.5	58	21-22.5	66	16.4-17	80	15.3-16.5	92	13.6-14
10	61	19.7-20.9	67	15.4-16.3	85	13.2-13.9	95.6	12.3-13
12.5	66	18.1-19	70	13.4-14.2	87	12.2-13.4	97	9.7-10
15	67	17.1-18.6	73	12.9-13.5	91	9.5-11.6	99	9.0-10

Table 3 Compared head rice yield of paddy at different time of tempering after rapid drying at 100 °C for 12.5 minutes to control paddy

Tempering time (min)	Final paddy MC (%)	Head rice yield (%)	Head rice yield of control paddy (%)
0	13.7	8.8	44.5
5	13.7	11.9	44.5
10	13.6	19.84	44.5
15	13.6	21.27	44.5
20	13.5	26.34	44.5
25	13.6	26.16	44.5
30	13.7	26.63	44.5
60	13.7	27.34	44.5

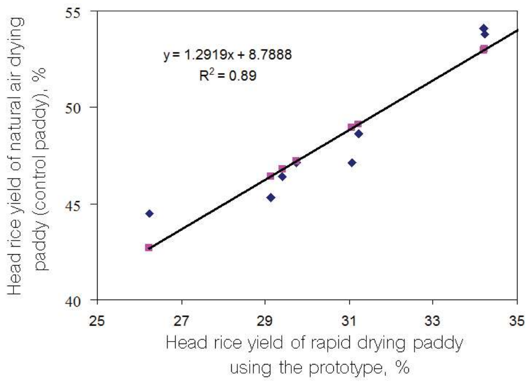

Figure 5 Head rice yield of paddy dry by using the rapid dryer prototype compare to the control paddy

30 และ 60 นาที เปรียบเทียบคุณภาพการสีที่ได้จากกรรมวิธีต่างๆ

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องลดความชื้นตัวอย่างข้าวเปลือกที่พัฒนาขึ้นพบว่าอุณหภูมิลมร้อนที่เหมาะสมคือ 100 °ซ. ใช้เวลาอบนาน 12.5 นาที (Table 2) จากนั้นนำไปพักตัวไว้ในภาชนะปิดเป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที คุณภาพการสีของตัวอย่างข้าวเปลือกจึงจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพการสีของข้าวเปลือกที่การลดความชื้นโดยใช้อากาศแวดล้อม (Table 3 และ Figure 5)

1.3 ศึกษาและพัฒนาเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบความต้านทานไฟฟ้า มีวิธีดำเนินงานดังนี้คือ ศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าและความชื้นระดับต่าง ๆ ของข้าวเปลือก ออกแบบ สร้าง ทดสอบชิ้นส่วนหลักของต้นแบบเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกแบบความต้านทานไฟฟ้า เช่น หัววัด วงจรขยายสัญญาณ ชุดแสดงผลความชื้น ทดสอบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดความชื้น

ได้ออกแบบวงจร (Fig. 6) และพัฒนาต้นแบบเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก (Fig. 7) ที่สามารถใช้วัดค่าความชื้นได้ถูกต้องและสอดคล้องกับผลการตรวจวัดความชื้นโดยวิธีมาตรฐาน สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกและรวดเร็วรวมทั้งปรับปรุงวิธีการใช้ ได้ดำเนินการ โดยศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบ เครื่องวัดความชื้น โดยตัวอย่างข้าวเปลือกที่จะวัดความชื้นจะถูกบีบจนแน่นระหว่างตัวนำไฟฟ้า 2 อัน ได้แก่ ถาดใส่ตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และหัวบดแบบเกลียว ซึ่งตัวนำทั้งสองนี้ต่ออนุกรมกับเซลไฟฟ้าขนาด 9 โวลต์ และกัลวานอร์มิเตอร์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์แสดงผล และได้ดำเนินการออกแบบ สร้าง ทดสอบชุดวงจรขยายสัญญาณ ปรับและตั้งค่าที่ต้องการของวงจร เพื่อให้แสดงผลความต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างข้าวเปลือกเป็นค่าความชื้น

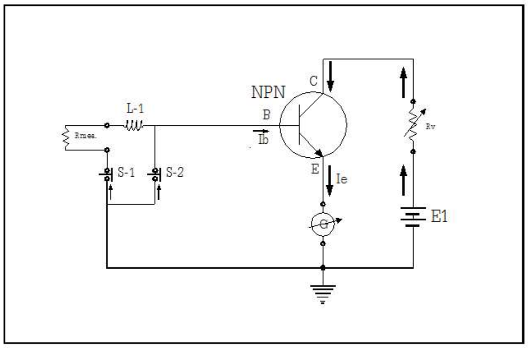

Figure 6 The prototype moisture meter circuit

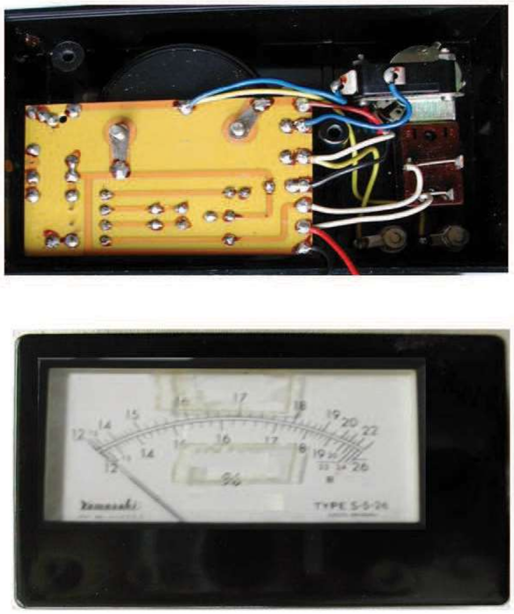

Figure 7 The display and circuit board the paddy moisture meter prototype.

การทดสอบวัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยต้นแบบเครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่วัดด้วยตู้อบและเครื่องวัดแบบความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในรูปสมการเส้นตรง $y = 1.0155x + 0.2272$ โดยมีค่า $R^2 = 0.983$ (Fig. 8) ต้นแบบที่ได้นี้จะต้องมีการพัฒนาต่อไป เพื่อให้สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

2. การศึกษาและพัฒนาวิธีการที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนในข้าวหอมมะลิไทย

ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการละลายเมล็ดในด่าง และคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ค่าความยืดหยุ่น (Elasticity) ของตัวอย่างข้าวหอมมะลิไทยปนตามชั้นข้าวที่กำหนดโดยประกาศกระทรวงพาณิชย์ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการตรวจวัดปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนในข้าวหอมมะลิไทยเปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ทางเคมี

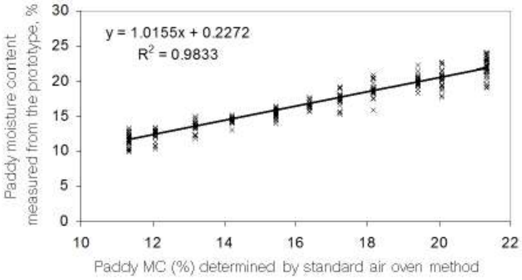

Figure 8 Relationship of paddy moisture content measured from the moisture meter prototype and the standard method

วิธีการทางกายภาพที่นำมาศึกษาหาปริมาณข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ปนในข้าวหอมมะลิไทย ใช้ค่าความยืดหยุ่น (Elasticity) ของข้าวสุก ที่ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างแรงกดและระยะยุบตัวของข้าวสุก ในการทำนายปริมาณการปนของข้าวพันธุ์อื่น

วิธีการทดสอบ ใช้ตัวอย่างข้าวสารครั้งละ 40 กรัม นำมาใส่ในภาชนะที่ออกแบบขึ้นเป็นกระบอกอลูมิเนียม เติมน้ำในปริมาณที่กำหนดนำไปนึ่งในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเป็น

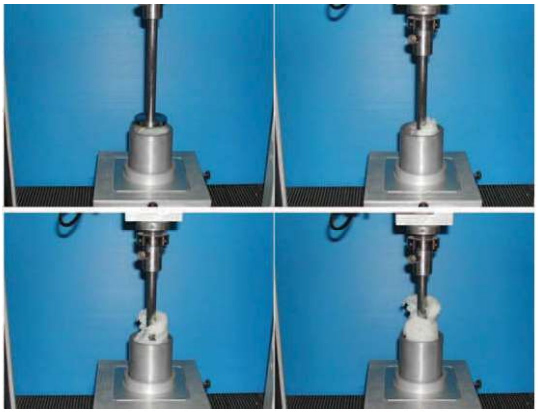

Figure 9 Universal testing machine was utilized to assess elasticity value of cooked rice sample

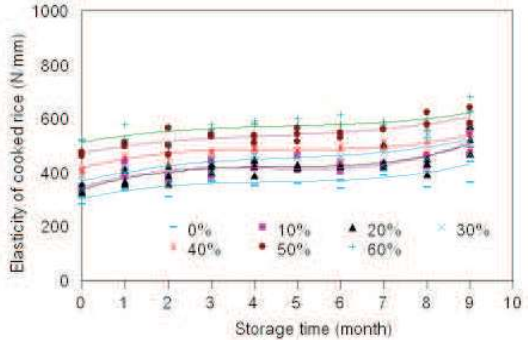

Figure 10 Elasticity of cooked rice for different adulteration (%) of Hom Mali Rice

เวลา 20 นาที และทิ้งไว้อีก 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างข้าวที่ได้ไปวัดแรงกดกับระยะยุบตัว โดยใช้เครื่องวัดแรงกด (Universal Testing Machine) (Fig. 9) ผลที่ได้จะออกมาในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะยุบตัว กราฟนี้จะนำมาหาค่าความยืดหยุ่น

ในการทดสอบใช้ตัวอย่างข้าวสารที่มีการปนของพันธุ์อื่นในข้าวหอมมะลิที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนัก ทดสอบโดยใช้ข้าวที่เกี่ยวใหม่มาและเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 9 เดือน โดยจะนำมาทดสอบหาค่ายืดหยุ่นของข้าวสุกทุกเดือน (Fig. 10) ทั้งนี้เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นตัวของข้าวสุก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ทำการทดสอบซ้ำในปีที่ 2

ผลการทดสอบ พบว่า การทำนายผลการปนของข้าวพันธุ์อื่นในข้าวหอมมะลิไทยด้วยค่าความยืดหยุ่นตัวของข้าวสุก ในการหุงตัวอย่างข้าวควรใช้อัตราส่วนของน้ำต่อข้าว 0.7 : 1 โดยน้ำหนัก เนื่องจากค่าที่ได้มีความแปรปรวนของตัวอย่างน้อย และยังสามารถแยกความแตกต่างของค่าความยืดหยุ่นตัวของข้าวสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวชัยนาท 1 หรือสุพรรณบุรี 1 ได้อย่างชัดเจนในแต่ละอายุการเก็บรักษา และผลการทดสอบการปนที่ระดับต่าง ๆ พบว่าสามารถตรวจสอบการปนของข้าวพันธุ์อื่นในข้าวหอมมะลิไทยที่ปนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10

เอกสารอ้างอิง

[1] เครือวัลย์ อัตตะวิริยสุข. 2534. คุณภาพข้าวไทย. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

[2] ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2541 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 115 ตอนที่ 15 ง วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2541.

[3] อรรถพล นุ่มหอม และคณะ 2543. การศึกษา สำรวจและวิจัยอัตราการสีแปรสภาพ และคุณภาพข้าว. รายงานเสนอต่อกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์.