Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 127-130 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 127-130 (2561)

ลักษณะจำเพาะในการจัดกลุ่มของข้าวสายพันธุ์พื้นที่สูงของไทย

The Characteristic for Grouping of Upland Rice Variety in Thailand

ปาริชาติ เทียนจุมพล[1,2] ศุภลักษณ์ ชิตวรกุล[1,2] ณัฏฐวัฒน์ หมื่นมาณี[1,2] และนิธิยา รัตนาปนนท์[1,2]

Parichat Theanjumpol[1,2], Supaluk Chitworakool[1,2], Nadthawat Muenmanee[1,2] and Nithiya Rattanapanone[1,2]

Abstract

The characteristic of upland rice in Thailand was studied. The total of 20 varieties of paddy were measured the physical properties such as 1,000 grain weight, dimension, and color of paddy and brown rice. The chemical properties, amylose, protein and fat, and the cooking quality, were also determined. The result showed that the 20 upland rice varieties had 1,000 grain weight, length, width and thickness in the range of 21.50-36.32 g, 6.46-11.01, 1.90-2.39 and 2.85-3.70 mm, respectively. Paddy color were L*, C* and H° values in the range of 51.89-64.27, 25.61-33.68 and 82.82-89.73°, respectively. While brown rice color were L*, C* and H° values in the range of 40.48-67.30, 7.76-23.56 and 62.12-99.20°, respectively. Amylose, protein and fat were in the range of 12.98-23.70, 6.05-12.78 and 2.33-3.02%, respectively. The cooking quality exhibited in term of hardness, stickiness, springiness, adhesiveness, cohesiveness, gumminess and chewiness which were 1,906-20,619.20 g, -31.10-(-1,153.29) g, 0.58-1.09, -7.10-(-245.16) g.sec, 0.42-0.57, 5193.97-10782.28 and 4027.35-10,817.38, respectively. All properties were significantly different ($p \leq 0.05$). Then, they were analyzed by principle component analysis (PCA). The results showed that brown rice color values could be used to separate of upland rice variety at the highest percentage (94%), next were cooking quality (78%), amylose (75%) and paddy color values (72%), respectively. Therefore, upland rice had some characteristic which could be used for variety grouping.

Keywords: Upland rice, characteristic, quality

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะจำเพาะของข้าวในกลุ่มข้าวพื้นที่สูงของไทย โดยนำข้าวเปลือกของข้าวพื้นที่สูง จำนวน 20 พันธุ์ มาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ขนาดเมล็ด สีข้าวเปลือก และ สีข้าวกล้อง สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอะมิโลส โปรตีน และไขมัน และคุณภาพการหุงสุก พบว่า ข้าวพื้นที่สูงทั้ง 20 พันธุ์ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความยาว ความกว้าง และความหนา ระหว่าง 21.50-36.32 กรัม 6.46-11.01, 1.90-2.39 และ 2.85-3.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ ข้าวเปลือก มีค่าสี L*, C* และ H° ระหว่าง 51.89-64.27, 25.61-33.68 และ 82.82-89.73° ส่วนข้าวกล้อง มีค่าสี L*, C* และ H° ระหว่าง 40.48-67.30, 7.76-23.56 และ 62.12-99.20° ตามลำดับ ปริมาณอะมิโลส โปรตีน และไขมัน มีค่าระหว่าง 12.98-23.70, 6.05-12.78 และ 2.33-3.02% ตามลำดับ สำหรับคุณภาพการหุงสุก พบว่า มีค่าความแข็งของเมล็ดข้าวหุงสุก ความเหนียว ความยืดหยุ่น ความเหนียวติดกัน ความเกาะติดกัน ความเหนียวยึดติด และการเคี้ยว ระหว่าง 11,906.02-20,619.20 กรัม, -31.10-(-1,153.29) กรัม, 0.58-1.09, -7.10-(-245.16) กรัม.วินาที, 0.42-0.57, 5193.97-10782.28 และ 4027.35-10,817.38 ตามลำดับ ซึ่งสมบัติดังกล่าวข้างต้นของข้าวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำข้อมูลสมบัติต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA (principle component analysis) พบว่า สีของข้าวกล้องสามารถจำแนกพันธุ์ข้าวชัดเจนที่สุด (94%) รองลงมาคือ คุณภาพการหุงสุก (78%) สมบัติทางเคมี (อะมิโลส) (75%) และสีข้าวเปลือก (72%) ตามลำดับ กล่าวได้ว่าข้าวพื้นที่สูงมีลักษณะจำเพาะที่สามารถนำมาใช้ในการจัดกลุ่มสายพันธุ์ข้าวได้

คำสำคัญ: ข้าวพื้นที่สูง, ลักษณะจำเพาะ, คุณภาพ

[1] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

คำนำ

ข้าวพื้นที่สูงของไทย ปลูกมากบริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยกลุ่มชาติพันธุ์ ซึ่งมีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีกว่าข้าวที่ปลูกบนพื้นที่ราบทั่วไป โดยเฉพาะสภาพอากาศเย็นแล้ง พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรปลูกบนพื้นที่สูงมีทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ส่วนใหญ่จะปลูกข้าวเจ้าไว้สำหรับบริโภค และปลูกข้าวเหนียวไว้เพื่อทำพิธีกรรมและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ พันธุ์ข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง และอาศัยน้ำฝนจึงปลูกได้เฉพาะนาปี จากรายงานของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว (2550) รายงานว่าข้าวเป็นพืชหลักของกลุ่มชนที่อาศัยบนพื้นที่สูงและมีมากมายหลากหลายสายพันธุ์ (มากกว่า 200 สายพันธุ์) จำแนกตามกลุ่มชน ซึ่งในอดีตกลุ่มชนเหล่านี้จะใช้พื้นที่เพาะปลูกแต่ละแปลงในช่วงระยะเวลาสั้น เมื่อดินหมดความอุดมสมบูรณ์ก็จะย้ายไปปลูกในพื้นที่ใหม่ ทั้งนี้อาจทำให้เกิดการผสมปนกันของสายพันธุ์ ทำให้ยากต่อการจำแนกพันธุ์ข้าวให้เด่นชัดลงไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสมบัติกายภาพและสมบัติทางเคมี รวมถึงคุณภาพการหุงสุก เพื่อจัดกลุ่มสายพันธุ์ข้าวพื้นที่สูง และเป็นประโยชน์ต่อการจำแนกสายพันธุ์ข้าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **สมบัติทางกายภาพ**: ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว ได้แก่ น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลแบบสองตำแหน่ง และวัดขนาดเมล็ดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ทั้งความกว้าง ความยาว และความหนา แล้วจึงนำข้าวเปลือกไปวัดสีด้วย เครื่องวัดสี Chroma meter (CR 400, Minolta, Japan) จากนั้นนำไปกะเทาะเปลือกออกและวัดสีข้าวกล้อง

2. **สมบัติทางเคมี**: 1) วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส ด้วยวิธีของ Champagen *et al.*(1998) โดยนำตัวอย่างข้าวแต่ละพันธุ์มาผ่านการเตรียมตัวอย่างและสกัดด้วยขั้นตอนต่างๆ แล้วจึงนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (SPECORD 40, Analytik jena AG, Germanay) 2) - วิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet method ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Inamudin (2012) และ Nielsen (2003)โดยนำตัวอย่างข้าวแต่ละพันธุ์มาผ่านการเตรียมตัวอย่างและสกัดด้วยปิโตเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ขั้นตอนต่างๆ ด้วยเครื่อง Soxtech (AVANTI 2055, Foss Teactor, Sweden) จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นแล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน 3) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในข้าวด้วยวิธี Kjeldahl โดยผ่าน 3 กระบวนการหลักคือ การย่อยตัวอย่าง (digestion) การกลั่น (distillation) และการไทเทรต (titration) ด้วยชุดวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, Germany)

3. **คุณภาพการหุงสุก**: ทดสอบคุณภาพการหุงสุก (cooking quality) ด้วยการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยนำข้าวสารของข้าวแต่ละพันธุ์มาหุงให้สุกโดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำและระยะเวลาในการหุงที่เหมาะสม แล้วจึงวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี texture profile analysis โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (TA.Xtplus, Stable Micro System, UK)

4. **การวิเคราะห์ข้อมูล**: นำข้อมูลสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและคุณภาพการหุงสุก มาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และศึกษาอิทธิพลของสมบัติต่างๆของข้าวด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component ananlysis) ด้วยโปรแกรม The Unscrambler ® version 9.8

ผล

1. **สมบัติทางกายภาพ**: พบว่า เมล็ดข้าวเปลือกทั้ง 20 พันธุ์ มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อยู่ระหว่าง 21.50-36.32 กรัม พันธุ์ที่มีน้ำหนักต่ำที่สุด คือ จะแปกุยปายสองแง่ ส่วนพันธุ์ที่มีน้ำหนักสูงที่สุดคือ บือปอลอแม่จางเหนือ ขนาดของเมล็ด ได้แก่ ความยาว ความกว้าง และความหนา มีค่าระหว่าง 6.46-11.01, 1.90-2.39 และ 2.85-3.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ไม่แสดงตารางผลการทดลอง) ส่วนสีข้าวเปลือก มีค่า L*, C* และ H° ระหว่าง 51.89-64.27, 25.61-33.68 และ 82.82-89.73° ตามลำดับ และข้าวกล้องมีค่าสี L*, C* และ H° ระหว่าง 40.48-67.30, 7.76-23.56 และ H° ระหว่าง 62.12-99.20° ตามลำดับ ((ไม่แสดงตารางผลการทดลอง)

2. **สมบัติทางเคมี**: จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวทั้ง 20 พันธุ์ พบว่า มีปริมาณอะมิโลสระหว่าง 12.98-23.70% ปริมาณโปรตีนระหว่าง 6.05-12.78% และปริมาณไขมันระหว่าง 2.33-3.02% โดยข้าวแต่ละพันธุ์มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1)

3. **คุณภาพการหุงสุก**: จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก ทั้ง 20 พันธุ์ พบว่า มีค่าความแข็ง (hardness) ความเหนียว (Stickiness) ความยืดหยุ่น (Springiness) ความเหนียวติดกัน (Adhesiveness) ความเกาะติดกัน (Cohesiveness) ความเหนียวยึดติด (Gumminess) และการเคี้ยว (Chewiness) ระหว่าง 11,906.02-20,619.20 กรัม, -31.10-(-1,153.29) กรัม, 0.58-1.09, -7.10-(-245.16) กรัม.วินาที, 0.42-0.57, 5193.97-10782.28 และ 4027.35-10,817.38 ตามลำดับ โดยข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพการหุงสุกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2)

Table 1 Amylose, fat and protein of 20 varieties upland rice

Varieties	Amylose (%)*	Protein (%)*	Fat (%)*
Khani (SPTC04005-MLN-117-1)	18.70±1.03	10.22±0.23	2.60±0.20
Fuang-Kham	19.79±0.54	10.20±0.14	2.68±0.05
Chon-Phao-Ber-31	14.01±0.23	7.83±0.58	2.71±0.05
La-oop	18.99±1.33	9.03±0.09	2.33±0.04
Jao-Dum-Mae-Ukor 1	14.61±0.35	9.52±0.06	3.01±0.04
Jao-Dum-Mae-Ukor 2	12.98±1.25	7.61±0.01	3.02±0.01
Bue-Polo-Mae-Jang-Nue	17.44±0.73	11.39±0.18	2.41±0.13
Ja-Koom-Pue	15.37±0.61	9.11±0.16	2.53±0.13
Ja-Pae-Kui-Pai- Song-Ngae	23.70±0.89	8.17±0.31	2.48±0.06
Huay-Nam-Rin	14.63±0.41	9.36±0.13	2.90±0.08
MHSC13001-DPK-1	19.09±0.39	12.78±0.20	2.36±0.01
MHSC13001-DPK-2	18.97±0.79	12.33±0.15	2.33±0.04
Bue-Pa-Tor-Nue-Moo-Nong-Keaw	17.09±0.20	9.56±0.15	2.61±0.04
Kha-Sor (SMGC02001)	21.31±0.58	6.93±0.09	2.80±0.11
Luang-San-Pa-Thong	21.57±1.32	6.64±0.17	2.52±0.03
SPT12029-PMP-3-10-1	20.00±2.16	6.18±0.58	2.65±0.06
Jao-Hor	18.33±0.94	8.43±0.78	2.74±0.07
Jao-Khao	14.10±0.46	10.20±0.27	2.48±0.03
Jao-Lee-Sor	16.85±0.33	8.71±0.05	2.93±0.03
Nam-Roo	21.96±1.87	6.05±0.17	2.33±0.02
CV (%)	16.90	20.64	8.36

Data are shown as mean ± standard deviation and * means significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Cooking quality of 20 varieties upland rice

Varieties	Hardness (g)*	Stickiness (g) *	Springiness *	Adhesiveness (g.sec) *	Cohesiveness	Gumminess*	Chewiness*
Khani	15,348.07±847.49	-504.91±122.42	1.00±0.03	-201.15±81.68	0.54±0.03	8,234.82±940.75	8,239.73±696.48
Fuang Kham	13,009.36±212.06	-912.61±212.06	0.75±0.01	-129.56±81.68	0.42±0.01	5,525.99±156.48	4169.01±71.75
Chon-Phao-Ber-31	19,752.72±1243.79	-155.88±103.07	0.80±0.07	-29.06±15.80	0.48±0.02	9,553.80±960.88	7,606.89±809.42
La-Oop	17,183.02±325.85	-456.70±134.33	0.91±0.08	-213.98±52.10	0.56±0.02	9,663.73±549.62	8,838.26±1183.83
Jao-Dum-Mae-Ukor 1	20,293.21±516.51	-94.26±21.88	0.58±0.07	-30.39±5.74	0.53±0.02	10,782.28±561.86	6,212.65±489.05
Jao-Dum-Mae-Ukor 2	17,510.31±1175.15	-36.20±19.23	0.67±0.20	-8.85±5.40	0.52±0.02	9,130.05±1,007.64	6,143.67±2,227.32
Bue-Polo-Mae-Jang-Nue	17,341.54±1,040.19	-377.08±118.37	0.96±0.10	-118.42±041.49	0.52±0.02	9,083.45±929.88	8,672.49±461.27
Ja-Koom-Pue	14,245.20±777.54	-943.23±113.76	0.76±0.05	-184.95±1.62	0.46±0.01	6,616.25±511.13	5,054.00±440.81
Ja-Pae-Kui-Pai- Song-Ngae	12,436.73±213.43	-171.33±79.01	0.84±0.07	-51.03±7.55	0.46v0.03	5,674.57±505.93	4,766.31±791.93
Huay-Nam-Rin	11,906.02±1,725.83	-990.41±100.79	0.79±0.12	-180.56±35.96	0.43±0.03	5,193.97±1,078.13	4027.35±364.66
MHSC13001-DPK-1	20,186.78±681.21	-31.10±14.39	1.04±0.06	-7.10±4.03	0.47±0.01	9,428.57±423.86	9,811.33±934.39
MHSC13001-DPK-2	20,619.20±456.04	-51.15±8.69	1.09±0.05	-9.05±4.53	0.48±0.02	9,970.76±551.58	10,817.38±310.46
Bue-Pa-Tor-Nue-Moo-Nong-Keaw	14,683.74± 599.51	-470.43±138.55	0.92±0.14	-138.63±60.49	0.48±0.01	7,089.93±440.44	6,482.40±750.29
Kha-Sor (SMGC02001)	15,500.33±467.09	-150.33±23.44	0.85±0.17	-63.51±11.55	0.56±0.02	8,602.99±369.31	7,384.55±1788.64
Luang-San-Pa-Thong	16,508.22±482.05	-265.24±92.47	1.11±0.10	-114.40±47.83	0.57±0.05	9,466.29±1148.83	10,398.17±346.62
SPT12029-PMP-3-10-1	15,242.66±702.67	-843.48±262.51	0.95±0.09	-219.84±25.08	0.49±0.00	7,433.98±373.08	7,055.92±757.05
Jao-Hor	16,708.91±808.69	-534.76±112.67	0.69±0.06	-123.29±32.91	0.50±0.02	8,360.24±788.63	5,777.87±190.38
Jao-Khao	14,722.19±971.66	-550.53±281.14	0.68±0.14	-157.56±68.90	0.48±0.02	7,108.80±749.72	4,745.62±546.93
Jao-Lee-Sor	14,266.94±724.33	-1,153.29±44.09	0.78±0.09	-245.16±26.26	0.47±0.02	6,728.05±601.77	5,199.29±142.30
Nam-Roo	15,429.13±913.60	-276.10±161.50	0.76±0.15	-72.99±50.64	0.48±0.02	7,476.27±613.86	5,647.70±920.58
CV (%)	16.13	40.15	10.04	26.82	8.85	20.80	31.67

Data are shown as mean ± standard deviation and * means significant differences ($p \leq 0.05$).

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมบัติต่างๆ ของข้าวทั้ง 20 พันธุ์ พบว่า สีของข้าวกล้องสามารถจำแนกพันธุ์ข้าวออกเป็น 2 กลุ่ม ได้ชัดเจนที่สุด (94%) ด้วย PC1 รองลงมาคือ คุณภาพการหุงสุก (78%) สมบัติทางเคมี (อะมิโลส) (75%) และสีข้าวเปลือก (72%) ตามลำดับ (Figure 1)

Figure 1 Principal analysis plot of brown rice color values (a), cooking quality (b) chemical properties (amylose) (c) and paddy color values

วิจารณ์ผลการทดลอง

พันธุ์ข้าวบนพื้นที่สูงมีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ โดยเฉพาะขนาด ซึ่งมีขนาดตั้งแต่เล็ก(น้ำรู) ถึงขนาดใหญ่ (บือพะทอเนอมูหนองเขียว) และค่าสีข้าวเปลือกและสีข้าวกล้อง (L*, C* และ H°) ซึ่งสอดคล้องกับสีที่ปรากฏคือมีเปลือกเมล็ดสีเหลืองอ่อน สีน้ำตาล และน้ำตาลเข้มปนดำ และสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอะมิโลส โปรตีนและไขมันก็แตกต่างกันด้วย โดยปริมาณอะมิโลสในเมล็ดข้าวจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการหุงสุก เมล็ดข้าวทั้ง 20 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในระดับต่ำ (12.1-20.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ถึงปานกลาง (20.1-25.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) เมื่อหุงสุกจะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเหนียว และค่อนข้างนุ่มและร่วน ตามลำดับ (Juliano, 1993; Rani and Bhattacharya, 1989) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว ส่วนปริมาณโปรตีนและปริมาณไขมันมีค่าใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ผาณิตและคณะ, 2555) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และคุณภาพข้าวหุงสุกด้วยวิธี PCA จะเห็นว่ามีเพียงสีของข้าวกล้อง คุณภาพการหุงสุก สมบัติทางเคมี (อะมิโลส) และสีของข้าวเปลือกที่สามารถจำแนกพันธุ์ข้าวออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วย PC 1 ได้ดีกว่าสมบัติอื่นๆ (มากกว่า 70 %ของจำนวนพันธุ์ข้าวทั้งหมด) ทั้งนี้จะเป็นสมบัติที่สำคัญที่เป็นลักษณะจำเพาะ สำหรับใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ข้าวบนพื้นที่สูงในลำดับต่อไป

สรุปผลการทดลอง

พันธุ์ข้าวบนพื้นที่สูงมีสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพการหุงสุก แตกต่างกัน ซึ่ง สีของข้าวกล้อง คุณภาพการหุงสุก สมบัติทางเคมี (อะมิโลส) และสีของข้าวเปลือก เป็นลักษณะจำเพาะที่สามารถนำมาใช้ในการจัดกลุ่มสายพันธุ์ข้าวพื้นที่สูงได้และสำหรับใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ในลำดับต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่ ในความอนุเคราะห์ตัวอย่างข้าวบนพื้นที่สูง ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำหรับสถานที่และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติสำหรับงบประมาณสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, วิชชุดา สังข์แก้ว และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. 2555. คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2 พิเศษ): 173-176.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2550. พันธุกรรมข้าวพื้นเมืองของกลุ่มชาติพันธุ์ภายใต้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 230 หน้า.

Champagen, E. T., B.G. Lyon, B.K. Min, B.T. Vinyard, K.L. Bett, I.F.E. Barton, B.D. Webb, A.M. Mcclung, K.A. Moldenhauer, S. Linscombe, K.S. Mckenzie and D.E. Kohlwey. 1998. Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. Cereal Chemistry 75(2): 181–186.

Inamudin, A.M. 2012. Green Solvents I: Properties and Applications in Chemistry. 417 p.

Juliano, B.O. 1993. Rice in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No. 26. The International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Lagena, Philippines. 162 p.

Nielson, S.S. 2003. Food Analysis. 3rd edition, Kluwer Academic/ Plenum, New York.

Rani, M.R.S. and K.R. Bhattacharya. 1989. Rheology of rice –flour pastes: effect of variety, concentration, and temperature and time of cooking. Journal of Texture Studies 20(2): 127-137.