การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์

Comparison on Quality of Rice var. Khao Dawk Mali 105 Planted by Using Chemical and Organic Fertilizers in Surin Province

อภิวัฒน์ อินทร์นก* และพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์

สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Apiwat In-nok* and Phakpen Poomipan

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Ornprapa Thepsilvisut

Major of Organic Farming Management, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์ โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากแปลงเกษตรกร ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งเป็นแปลงนาที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีภายใต้ระบบมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 4400-2552) โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ และแปลงนาที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ภายใต้มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) โดยใส่ปุ๋ยมูลสุกร อัตรา 50 กก./ไร่ จากผลการศึกษาพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมีคุณภาพผลผลิตด้านน้ำหนัก 100 เมล็ด ดีกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลสและปริมาณโปรตีนมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำให้ข้าวมีความแข็งเพิ่มขึ้นในทางตรงกันข้าม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลสต่ำลงและมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ข้าวมีความนุ่มเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินคุณภาพการยอมรับในการบริโภคทั้งจากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคทั่วไป

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** aphiwat.innok@gmail.com

พบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีลักษณะนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยทั้งสองประเภทนี้ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างด้านคุณภาพทางกายภาพคุณภาพการหุงต้ม ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด รวมทั้งคุณภาพทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2-AP)

คำสำคัญ : ข้าวขาวดอกมะลิ 105; จังหวัดสุรินทร์; ปุ๋ยเคมี; ปุ๋ยอินทรีย์

Abstract

Comparing quality of Khao Dawk Mali 105 (KDML105) rice variety between chemical and organic fertilizer application was studied by randomly collect paddy sample from rice field in Sungkha subdistrict, Sungkha district, Surin province. The rice field with the application of chemical fertilizer was produced under Thai Agricultural Standard (TAS 4400-2009), which was introduced with chemical fertilizer by 16-16-8 at rate of 25 kg/rai and 46-0-0 at rate of 15 kg/rai. The rice field with the application of organic fertilizer was maintained under Organic Agricultural Standard (TAS 9000-2009), which was applied by pig manure at rate of 50 kg/rai. The results have shown that the chemical fertilizer application was increased paddy quality in term of 100-grain weight than that of organic fertilizer application. The chemical fertilizer was also affected on the higher of amylose content and protein content, which leaded to harder of cooked rice. On the other hand, organic fertilizer application was resulted in lower apparent amylose content and higher starch content which provided softer and stickier of cooked rice. Similarly with the quality of consumer acceptance by both professionals and consumers that was shown that organic rice was more tenderness than chemical rice. In addition, organic fertilizer had resulted in more nutrition of rice than chemical fertilizer. However, both type of fertilizer did not altered physical grain quality, cooking quality, nutrient content in grains and some chemical quality such as fat content and aroma (2-AP) content.

Keywords: Khao Dawk Mali 105; Surin province; chemical fertilizer; organic fertilizer

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารหลักของคนในประเทศและสามารถส่งออกไปต่างประเทศที่สร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมากข้าวสามารถแบ่งตามถิ่นกำเนิดและตามความนิยมในการบริโภคได้เป็น 2 ชนิด คือ *Oryza glabberina* ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาและ *Oryza sativa* L. ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย ซึ่งข้าวเอเชียมักได้รับความนิยมมากกว่า และมีการเพาะปลูกกระจายทั่วโลกทั้งในทวีปเอเชียแถบตะวันออกกลางของยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย [1]

ปัจจัยหนึ่ง ที่มีความสำคัญในการเพาะปลูกข้าว

คือ ปุ๋ย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ในการเพาะปลูกข้าวนั้นมักพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวมีผลผลิตข้าวที่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แต่ก็มีผลทำให้ดินเสื่อมคุณภาพซึ่งมักเป็นผลเสียที่เกิดขึ้นในระยะยาว ต่างจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ช่วยบำรุงดินและในระยะยาวมักให้ผลผลิตที่ดีกว่าหรือเทียบเท่าปุ๋ยเคมีโดยจากกระแสการรักษาสุขภาพในปัจจุบัน ทำให้พืชที่ผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ โดยเฉพาะข้าวอินทรีย์กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการบริโภคข้าวกล้องที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวขาว เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ถูกสะสมไว้ในส่วนของรำข้าวที่การผลิตข้าวขาวมักถูกขัดสีจนส่วนของรำข้าวสูญหายไป นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่ารำข้าวที่ได้จากการข้าวอินทรีย์และข้าวเคมีนั้น มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอีกด้วย กล่าวคือ ในรำข้าวอินทรีย์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในรำข้าวเคมี [2] ซึ่งชี้ให้เห็นว่าระบบการปลูกข้าวส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตของข้าว

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ถือเป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกมากที่สุดในแทบทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะที่จังหวัดสุรินทร์ เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมสำหรับการผลิตข้าวที่ปลอดภัยและสามารถส่งออกไปยังต่างประเทศในอนาคตเพิ่มมากขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากแปลงเกษตรกร ณ ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ทั้งในแปลงที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ โดยแปลงนาที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี มีระบบการจัดการด้านปุ๋ยเคมีภายใต้มาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตร (การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย : มกษ. 4400-2552) ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กก./ไร่ รองพื้นก่อนหว่านข้าว และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 20 วันหลังจากข้าวงอก ส่วนแปลงนาที่มีใช้ปุ๋ยอินทรีย์ มีการจัดการด้านปุ๋ยอินทรีย์ภายใต้มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) โดยมีการใส่ปุ๋ยมูลสุกร อัตรา 50 กก./ไร่ รองพื้นก่อนหว่านข้าว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากนาข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ขนาดพื้นที่ 5 ไร่ต่อแปลง จำนวนแปลงละ 10 กก. และวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่เก็บตัวอย่างข้าว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

สมบัติดิน	นาข้าวใช้ปุ๋ยเคมี	นาข้าวใช้ปุ๋ยอินทรีย์
Soil texture	silt	silt
pH (1:1)[1/]	4.60	4.90
EC (1:5)[2/] (dS cm^{-1})	0.04	0.02
Organic matter[3/] (%)	1.40	0.69
Available P[4/] (mg kg^{-1})	8.00	6.00
Extractable K[5/] (mg kg^{-1})	21.00	8.00
Extractable Na[5/] (mg kg^{-1})	35.00	30.00

[1/]1:1,soil:H_2O; [2/]1:5,soil:H_2O; [3/]Walkley and Black method; [4/]BrayII; [5/]สกัดด้วย NH_4OAc, pH 7.0

โดยวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวดังนี้

2.1 คุณภาพผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักต่อหนึ่งเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวเปลือก และข้าวกล้อง

2.2 คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ความกว้าง ความยาวความหนาและสัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องโดยใช้เวอร์เนียคาลิป-เปอร์

2.3 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวกล้อง ได้แก่ ปริมาณอะมิโลส [3] ปริมาณไขมัน [4] ปริมาณโปรตีน [5] ปริมาณแป้ง [4] และปริมาณสารความหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) [6]

2.4 คุณภาพทางโภชนาการ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด [7] และวิตามินบี 1 [8]

2.5 คุณภาพการหุงต้มได้แก่ ความคงตัวของเจล [9] การสลายเมล็ดในด่าง [10] การยืดตัว การขยายปริมาตร และการอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวสุก [11]

2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธี 9-point hedonic scale test ซึ่งให้คะแนนจาก 1-9 ซึ่งเรียงลำดับดังนี้ ไม่ชอบมากที่สุด ไม่ชอบมาก ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบเล็กน้อย บอกไม่ได้ ชอบเล็กน้อย ชอบปานกลาง ชอบมาก และชอบมากที่สุด ตามลำดับ โดยประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏรสชาติกลิ่น ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน

2.7 ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซัลเฟอร์ [12] นำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธี paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการวิจัย

การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้คุณภาพผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในด้านน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ด และน้ำหนักข้าวกล้อง 100 เมล็ด มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยพบว่าเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ด จากนาข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.36±0.03 กรัม ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ดจากนาข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.23±0.02 กรัม เช่นเดียวกันกับเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ด จากนาข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.13±0.02 กรัม ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ด จากนาข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.09±0.01 กรัม อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทไม่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก และน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง (ตารางที่ 2)

การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยพบว่าความกว้างของเมล็ดข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 2.01±0.05 และ 2.02±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาวของเมล็ดข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 7.53±0.22 และ 7.59±0.19 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนความหนาของเมล็ดข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์พบว่ามีค่าเฉลี่ย 1.67±0.04 และ 1.66±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ และสัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 3.74±0.15 และ 3.76±0.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

เมื่อประเมินด้านคุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลทำให้ปริมาณอะมิโลสและปริมาณ

ตารางที่ 2 คุณภาพผลผลิต คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปริมาณธาตุอาหารพืชในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

คุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105	การใช้ปุ๋ยในนาข้าว		P-value
	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์	
คุณภาพผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105			
น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/เมล็ด)	0.026±0.002 a[1/]	0.027±0.002 a	0.057
น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง (กรัม/เมล็ด)	0.024±0.002 a	0.025±0.003 a	0.184
น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก100 เมล็ด (กรัม)	2.360±0.030 a	2.230±0.020 b	0.038
น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ด (กรัม)	2.130±0.020 a	2.090±0.010 b	0.040
คุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105			
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	2.01±0.05 a	2.02±0.05 a	0.34
ความยาว (มิลลิเมตร)	7.53±0.22 a	7.59±0.19 a	0.66
ความหนา (มิลลิเมตร)	1.67±0.04 a	1.66±0.05 a	0.84
สัดส่วนระหว่างความยาว/ความกว้าง (มิลลิเมตร)	3.74±0.15 a	3.76±0.18 a	0.63
คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105			
ปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์)	20.05±0.39 a	17.71±1.01 b	0.02
ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	3.95±0.23 a	3.92±0.21 a	0.90
ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	7.71±0.04 a	6.82±0.21 b	0.02
ปริมาณแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	72.72±0.20 b	74.55±0.02 a	0.01
ปริมาณสารความหอม (2-AP)(ppm)	4.00±0.15 a	4.09±0.08 a	0.42
คุณภาพทางโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105			
ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g)	0.86±0.04 b	1.02±0.03 a	0.01
ปริมาณวิตามินบี 1 (mg/100g)	0.46±0.02 a	0.42±0.02 a	0.12
คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105			
ความคงตัวของเจล (มิลลิเมตร)	65.50±12.12 a	70.83±2.88 a	0.49
การสลายตัวในสารละลายด่าง (คะแนน)	4.83± 0.28 a	5.00±0.00 a	0.37
การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (เท่า)	1.03±0.09 a	1.13±0.13 a	0.69
การขยายปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก (เท่า)	2.07±0.35 a	2.23±0.20 a	0.18
การอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวสุก (เปอร์เซ็นต์)	114.05±8.23 a	115.66±9.28 a	0.83
ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105			
ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	1.27±0.02 a	1.07±0.04 b	0.04
ปริมาณฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	0.57±0.25 a	0.55±0.01 a	0.92
ปริมาณโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)	0.18±0.06 a	0.18±0.02 a	1.00
ปริมาณซัลเฟอร์ (เปอร์เซ็นต์)	0.05±0.01 a	0.03±0.01 a	0.07

[1/] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามแนวนอนที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยวิธี paired T-test

โปรตีนมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในทางตรงกันข้าม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลทำให้ปริมาณแป้งมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่มีผลต่อปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2-AP) กล่าวคือ ปริมาณไขมันในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีค่าเฉลี่ย 3.95±0.23 และ 3.92±0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณสารความหอม (2AP) ในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 4.00±0.15 และ 4.09±0.08 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 2) นอกจากนี้เมื่อประเมินด้านคุณภาพทางโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินบี 1 กล่าวคือ ปริมาณวิตามินบี 1 ในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 0.46±0.02 และ 0.42±0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยพบว่าความคงตัวของเจลในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 65.50±12.12 และ 70.83±2.88 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนการสลายตัวในสารละลายด่างของข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83±0.28 และ 5.00±0.00 คะแนน ตามลำดับ และการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 1.03±0.09 และ 1.13±0.13 เท่า ตามลำดับ สำหรับการขยายปริมาณของเมล็ดข้าวสุกในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พบว่ามีค่าเฉลี่ย 2.07±0.35 และ 2.23±0.20 เท่า ตามลำดับ และการอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวสุกในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 114.05±8.23 และ 115.66±9.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับ ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซัลเฟอร์ ในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 0.57±0.25 และ 0.55±0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับส่วนปริมาณโพแทสเซียมในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 0.18±0.06 และ 0.18±0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณซัลเฟอร์ในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 0.05±0.01 และ 0.03±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวที่พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณไนโตรเจน (1.27±0.05 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (1.07±0.05 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2)

การประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคโดยผู้เชี่ยวชาญ ต่อข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ได้คะแนนประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม มากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม คะแนนประเมินในด้านรสชาติและกลิ่นหอม ไม่มีความแตกต่างระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนการประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคโดยผู้บริโภคทั่วไป ต่อข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ได้คะแนนประเมินด้านความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีแต่คะแนนประเมินในด้านลักษณะที่ปรากฏ

รสชาติ กลิ่นหอม และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค	การใช้ปุ๋ยในนาข้าว	
	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์
ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ		
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบปานกลาง	ชอบมาก
รสชาติ	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง
กลิ่นหอม	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง
ความนุ่มเหนียว	ชอบเล็กน้อย	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	ชอบปานกลาง	ชอบมาก
ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไป		
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบมาก	ชอบมาก
รสชาติ	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง
กลิ่นหอม	ชอบปานกลาง	ชอบปานกลาง
ความนุ่มเหนียว	ชอบปานกลาง	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก	ชอบมาก

4. วิจารณ์

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมีคุณภาพผลผลิตดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปุ๋ยเคมีมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์และสามารถละลายออกมาให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีได้ทันที ในขณะที่อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นไปอย่างช้า ๆ เนื่องจากธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินเสียก่อน จึงจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทำให้อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์เกิดขึ้นช้ากว่าปุ๋ยเคมี [13,14] อีกทั้งเกษตรกรที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราการให้ธาตุอาหารต่ำกว่าเกษตรกรที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีจึงมีคุณภาพผลผลิตดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อินทิรา [15] ที่พบว่าผลผลิตข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีได้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 384 และ 309 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันประมาณ ร้อยละ 20

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อินทิรา [15] พบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมีจะมากกว่าข้าวที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งนี้เป็นผลมากจากอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารที่แตกต่างกันระหว่างปุ๋ยทั้งสองประเภทแต่จากการประเมินคุณภาพการยอมรับในการบริโภคทั้งจากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคทั่วไป พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมีความเหนียวนุ่มน้อยกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนที่ส่วนนอกของเมล็ดเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว จึงส่งผลให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมีความนุ่มเหนียวลดลง [16]

นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณอะมิโลสมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้ข้าวขาวดอก

มะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีความนุ่มเหนียวลดลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากปริมาณอะมิโลสมีผลต่อการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าว จึงทำให้ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงสามารถดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ [17,18] อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณแป้งในข้าวที่ใช้ปุ๋ยเคมี มีค่าน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ อาจเกิดจากปริมาณโปรตีนในข้าวที่ให้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณมากกว่าข้าวที่ให้ปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำให้อัตราส่วนของปริมาณแป้งในข้าวที่ให้ปุ๋ยเคมีมีค่าน้อยลงดังนั้นจะเห็นได้ว่า เมื่อหุงต้มข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะได้ข้าวที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกด้วยการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการในด้านของสารสำคัญนั้นจะพบได้มากในส่วนของรำข้าว โดยข้าวกล้องที่ไม่ได้ขัดสีส่วนของรำข้าวออกไปจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบว่ารำข้าวอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ารำข้าวเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [2] ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกในข้าวเป็นสารที่มีคุณประโยชน์เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ [19,20] และมีรายงานว่าระบบของการปลูกข้าวมีผลทำให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกแกมมาออริซานอลและแอลฟ่าโทโคเฟอรอลแตกต่างกัน [21] ซึ่งในพืชอื่น ยังพบความแตกต่างของสารประกอบที่อยู่ในพืชที่ปลูกด้วยระบบที่ต่างกันเช่นกัน ดังรายงานของ Mitehell และคณะ [22] ได้ทำการศึกษามะเขือเทศที่ปลูกจากระบบเกษตรอินทรีย์และแบบดั้งเดิมพบว่าการปลูกแบบระบบเกษตรอินทรีย์มีระดับของ quercetin และ kaempferol มากกว่ามะเขือเทศที่ปลูกแบบดั้งเดิม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Perez-Lopez และคณะ [23] ได้ศึกษาผลของการปลูกพืชแบบระบบอินทรีย์แบบผสมผสานและแบบดั้งเดิมที่มีผลต่อระดับของสีแร่ธาตุและแคโรทีนอยด์ของพริกพบว่าการปลูกแบบระบบอินทรีย์มีระดับของสีแดง สีเหลืองปริมาณแร่ธาตุและแคโรทีนอยด์ทสูงกว่าการปลูกแบบอื่นและยังพบว่าการปลูกระบบอินทรีย์ทำให้พริกมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในปริมาณมาก

อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพคุณภาพการหุงต้ม และคุณภาพทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2-AP) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารความหอม (2-AP) ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และการจัดการการเพาะปลูก [24] โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม (2-AP) ของข้าว ได้แก่ ความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระยะข้าวสะสมแป้ง และอุณหภูมิต่ำในระยะสุกแก่ [25] รวมทั้งความเครียดเนื่องจากความเค็มของดิน [26] ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณสารความหอม 2-AP เพิ่มขึ้นได้ [27] ดังนั้นข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งอยู่ในเขตที่มีฝนตกน้อยและมีข้อจำกัดด้านการชลประทาน จึงได้รับอิทธิพลจากความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำซึ่งเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม 2-AP ส่วนในด้านของปริมาณไขมันในเมล็ดข้าวสามารถพบได้มากที่สุดในส่วนของรำข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัครพล [2] พบว่าปริมาณไขมันในข้าวที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และใช้ปุ๋ยเคมี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. สรุป

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมีคุณภาพผลผลิตด้านน้ำหนัก 100 เมล็ด ดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และการ

ใช้ปุ๋ยเคมีก็มีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลสและปริมาณโปรตีนมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งทำให้ข้าวมีความแข็งมากขึ้นในทางตรงกันข้ามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลสต่ำลงและมีปริมาณแป้งมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี จึงทำให้ข้าวมีความนุ่มเหนียว สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพการยอมรับในการบริโภคทั้งจากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคทั่วไป ที่พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีความโดดเด่นในด้านความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี แต่การใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทนี้ ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างต่อคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดคุณภาพการหุงต้ม รวมทั้งคุณภาพทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2-AP)

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 43/2558 และทุนวิจัยสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558

7. รายการอ้างอิง

[1] บริสุทธิ์ สัมฤทธิ์, 2537, ข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย, ข่าวสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่ 39(4): 1-5.

[2] อัครพล ศิริกุล, 2553, องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของรำข้าวอินทรีย์และรำข้าวเคมี, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 137 น.

[3] Juliano, B.O., 1971, A simplified assay for milled rice amylase, Cereal Sci. Today 16: 334-338.

[4] AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC international, 17th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

[5] Kjeldahl, J.Z., 1883, A new method for the determination of nitrogen in organic bodies, Anal. Chem. 22: 366.

[6] Sriseadka, T., Wongpornchai, S. and Kitsawatpaiboon, P., 2006, Rapid method for quantitative analysis of the aroma impact compound, 2-acetyl-1-pyrroline, in fragrant rice using automated headspace gas chromatography, J. Agric. Food Chem. 54: 8183-8189.

[7] Iqbal, S., Bhanger, M.I. and Anwar, F., 2005, Antioxidant properties and components of some commercially, available varieties of rice bran in Pakistan, Food Chem. 93: 265-272.

[8] AOAC, 2012, Method No. 942.32. Thianine; (Vitamin B1) in Human and Pet Foods, Official Methods of Analysis of AOAC International 19th Ed., AOAC International, Maryland.

[9] Cagampang, B.G., Perez, C.M. and Juliano, B.O., 1973, A gel consistency test for eating quality rice, J. Sci. Food Agric. 24: 1589-1594.

[10] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555, มาตรฐานสินค้าเกษตร 4004-2555 (ข้าว), สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, เล่ม 129 พิเศษ 173 ง., กรุงเทพฯ, 39 น.

[11] Juliano, B.O., 1985, Rice: Chemistry and Technology, 2nd Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul., Minnesota, 774 p.

[12] ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2547, การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 141 น.

[13] อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2548, ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 156 น.

[14] Woo-Jung, C., Hee-Myong, R. and Hobbie, E.A., 2003, Patterns of natural ^{15}N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands, Soil Biol. Biochem. 35: 1493-1500.

[15] อินทิรา มูลศาสตร์, 2547, การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีการผลิตแบบข้าวทั่วไป และแบบข้าวอินทรีย์ ในจังหวัดสุรินทร์ ปีการเพาะปลูก 2545/2546, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 93 น.

[16] อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กรีฑาภิรมย์, สุภาพ บูรณากาญจน์, วารุณี วารัญญานนท์, พัชรี ตั้งตระกูล, ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์, ทรงศักดิ์ รัฐปัตย์, สัมพันธ์ รัตนสุภา, ปัญญา ร่มเย็น, ทรงชัย วัฒนพายัพกุล, กรรณิกา นากลาง, สว่าง โรจนกุศล และพิทักษ์ พรอุไรสนิท, 2539, ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105, ว. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาเกษตรศาสตร์) 30: 129-144.

[17] งามชื่น คงเสรี, จารุวรรณบางแวก, กิติยากิจควรดี, ละม้ายมาศยังสุข, กัญญาเชื้อพันธุ์, สุนันทา วงศ์ปิยชน, พูลศรีสว่างจิต, ศิริวรรณตั้งวิสุทธิจิต และประนอมมงคลบรรจง, 2547, คุณภาพการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย, โครงการ การพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพข้าวเพื่อสร้าง, 133 น.

[18] Bett-Garber, K.L., Champagne, E.T., Ingram, D.A. and McClung, A.M., 2007, Influence of water-to-rice ratio on cooked rice flavor and texture, Cereal Chem. 84: 614-619.

[19] Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. and Bao, J., 2009, Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight, J. Cereal Sci. 49: 106-111.

[20] Vichapong, J., Sookserm, M., Srijesdaruk, V., Swatsitang, P. and Srijaranai, S., 2010, High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties, LWT. Food Sci. Technol. 43: 1325-1330.

[21] Abdul-Hamid, A. and Luan, Y.S., 2000, Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran, Food Chem. 68: 15-19.

[22] Mitehell, A.E., Hong, Y.J., KOH, E., Barrett, D.E., Denison, R.F. and Kaffkas, S., 2007, Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop

management practices on the content of flavonoids in tomatoes, Agric. Food Chem. 55: 6154-6159.

[23] Pérez-López, A.J., López-Nicolas, J.M., Núnez-Delicado, E., Amor, F.M., Carbonell-Barrachina, A.A., 2007, Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition, and minerals contents of sweet peppers. cv. Almuden, Agric. Food Chem. 55: 8158-8164.

[24] Singh, R.K., Singh, U.S. and Khush, G.S., 2000, Aromatic Rices of other Countries, Aromatic Rices, Oxford & IBH Publishing Co., Pvt., Ltd., New Delhi, 281p.

[25] Yoshihashi, T., Nguyen, T.T.H. and Kabaki, N., 2004, Area dependency of 2-acetyl-1-pyrroline content in an aromatic rice variety Khao Dawk Mali 105, JARQ. 38: 105-109.

[26] Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J., 1996, Effects of various salts and of manitol onion and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) callus cultures, J. Plant Physiol. 149: 186-195.

[27] Itani, T., Tamaki, M., Hayata, Y., Fushimi, T. and Hashizume, K., 2004, Variation of 2-acetyl-1-pyrroline concentration in aromatic rice grains collected in the same region in Japan and factors affecting its concentration, Plant Prod. Sci. 7: 178-183.