

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

Effect of Storage Duration on Quality of Khao Dawk Mali 105 Rice Growing by Organic and Chemical Fertilizer Application

อภิวัฒน์ อินทร์นง และพัชร์เพ็ญ ภูมิพันธ์*

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์

สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Aphiwat Innok 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

การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงเกษตรกร ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 2 แปลง ที่มีการใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน ได้แก่ นาข้าวใช้ปุ๋ยอินทรีย์ภายใต้มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) ใช้ปุ๋ยมูลสุกรอัตรา 50 กก./ไร่ หรือ 1.35 กก./ไร่ และนาข้าวใช้ปุ๋ยเคมีภายใต้ระบบมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 4400-2552) ใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-8 และ 46-0-0 อัตรา 25 และ 15 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 10.9 กก./ไร่ บรรจุข้าวกล้องในถุงสุญญากาศ และเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความกว้าง และหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้คุณภาพทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันและสารความหอม (2-AP) ลดลง ซึ่งข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีปริมาณ 2-AP มากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี จึงเป็นผลทำให้ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีกลิ่นหอมมากกว่า เช่นเดียวกับคุณภาพทางโภชนาการที่มีการลดลงตามการเก็บรักษา แต่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ดมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี และถึงแม้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ข้าวหุงสุกมีระยะเวลาการหุงต้มนานขึ้นและมีความนุ่มเหนียวลดลง แต่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งทางด้านรสชาติ กลิ่น

หอม ความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลง แต่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีคุณภาพดีและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับจากปุ๋ย

คำสำคัญ : ข้าวขาวดอกมะลิ 105; ปุ๋ยเคมี; ปุ๋ยอินทรีย์

Abstract

Study on the effect of storage duration on quality of Khao Dawk Mali 105 rice variety from farmer's rice field in Tambon Sungkha, Amphor Sungkha, Surin province. The Paddy was randomly collected from 2 rice fields with difference fertilizer application. The rice field applying organic fertilizer was maintained under Organic Agricultural Standard (TAS 9000-2009) by application of pig manure at the rate of 50 kg/rai or 1.35 kg of nitrogen (N)/rai. The rice field applying chemical fertilizer was produced under Thai Agricultural Standard (TAS 4400-2009). This was introduced with chemical fertilizer by 16-16-8 and 46-0-0 at rate of 25 and 15 kg/rai, respectively. There was 10.9 kg of N/rai. Brown rice was packed in vacuum plastic bag and stored for 12 months at room temperature. The results showed that the storage duration had increased some physical quality, such as weight, width and thick of grain. The chemical quality was changed during storage. The content of carbohydrate and amylose in grain were increased. Contrast to the content of fat and 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) that were decreased. The rice applying organic fertilizer had more 2-AP than the rice applying chemical fertilizer. This led to better aroma quality in rice applying organic fertilizer. Similarly, nutritional quality was decreased by the storage duration. The rice applying organic fertilizer had more content of total phenolic compound than those in the rice applying chemical fertilizer. In addition, the storage had resulted in extended cooking time and less softness of cooking rice. However, the rice applying organic fertilizer had more acceptance of customer, in term of taste, aroma, stickiness and softness, than the rice applying chemical fertilizer. Therefore, the results had indicated that the storage duration had resulted in declined quality of Khao Dawk Mali 105 rice. The rice applying organic fertilizer remains providing superior quality and giving more acceptance of customer than the rice applying chemical fertilizer. This is due to difference in nutrient supply of each fertilizer.

Keywords: chemical fertilizer, Khao Dawk Mali 105, organic fertilizer

1. คำนำ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จัดอยู่ในกลุ่มข้าวหอม ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเศ เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มและมี

กลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์โดดเด่น ซึ่งกลิ่นหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เกิดจากสารความหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) (Mahatheeranont *et al.*, 2001) โดยมีสภาพแวดล้อมและการจัดการ

เพาะปลูกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์สาร 2-AP ในข้าว จากการศึกษาค้นคว้าของ Yoshihashi และคณะ (2004) พบว่าความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระยะข้าวสะสมแป้งและอุณหภูมิต่ำในระยะสุกแก่ เป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์สาร 2-AP และจากการศึกษาของ Efferson (1985) พบว่ากลิ่นหอมมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ยด้วยเช่นกัน ซึ่งการศึกษาในประเทศไทยของ ดวงใจ และคณะ (2556) พบว่าธาตุซัลเฟอร์ แคลเซียม แมงกานีส และแมกนีเซียมมีส่วนสำคัญต่อการสังเคราะห์สาร 2-AP ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อีกทั้งการศึกษาของ อำนาจ และคณะ (2539) พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า 80 % ของผลผลิตสูงสุด จะมีผลทำให้ความหอม ความนุ่มเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวเพิ่มขึ้น ดังนั้นธาตุอาหารที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ยจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของข้าว ซึ่งการใช้ปุ๋ยภายใต้ระบบมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552) และมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ.9000-2552) ได้กำหนดให้มีการใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน จึงน่าจะมีผลทำให้คุณภาพข้าวมีความแตกต่างกันด้วย อีกทั้งระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษามีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสารประกอบต่าง ๆ ในเมล็ดข้าวระหว่างการเก็บรักษา (Zhou *et al.*, 2002) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากแปลงนาของเกษตรกร ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ มาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน โดยเก็บใน

ถุงลามิเนต (LLDPE/nylon) หนา 100 ไมโครเมตร ปิดผนึกแบบสูญญากาศในอุณหภูมิห้อง โดยตัวอย่างข้าวได้จากการสุ่มเก็บจากแปลงนา จำนวน 2 แปลง (พื้นที่แปลงละ 10 ไร่) แปลงละ 10 กิโลกรัม ซึ่งมีรายละเอียดการใช้ปุ๋ยแตกต่างกันโดยแปลงที่ 1 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ตามระบบมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) โดยใส่ปุ๋ยมูลสุกร (ไนโตรเจนร้อยละ 2.7) อัตรา 50 กก./ไร่ รองพื้นก่อนหว่านซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 13.5 กก.ไนโตรเจน/ไร่ และ แปลงที่ 2 ใช้ปุ๋ยเคมีตามระบบมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตร (การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย : มกษ. 4400-2552) ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-15-8 อัตรา 25 กก./ไร่ รองพื้นก่อนหว่านข้าว และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 20 วันหลังจากข้าวงอก ซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 10.9 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ซึ่งอัตราปุ๋ยดังกล่าวนี้เป็นอัตราปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป และแปลงนาทั้ง 2 แปลง เป็นชุดดินเดียวกันจึงมีสมบัติของดินคล้ายคลึงกัน

วิเคราะห์คุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดังนี้ (ก) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก และขนาดเมล็ด (ข) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method; Kjeldahl, 1883) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) ปริมาณสารความหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) (Sriseadka *et al.*, 2006) (ค) คุณภาพทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Iqbal *et al.*, 2005) ปริมาณวิตามินบี 1 (AOAC, 2012) (ง) คุณภาพการหุงต้ม ได้แก่ ปริมาณอะไมโลส (iodine calorimetric; Juliano, 1971) การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555) ความคงตัวของแป้งสุก (Cagampang *et al.*, 1973) และ (จ) คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวหุงสุก เมื่อเก็บรักษา

นาน 12 เดือน โดยวิธี 9-point hedonic scale test เพื่อประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏรสชาติกลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม ซึ่งแบ่งกลุ่มผู้ประเมินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการฝึกฝนด้านการประเมินทางประสาทสัมผัส จำนวน 5 คน และผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน

วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการวิจัย

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางกายภาพบางประการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าว แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ ความยาวของเมล็ด และสัดส่วนระหว่างความยาว/ความกว้างของเมล็ด กล่าวคือ เมื่อเริ่มการเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีน้ำหนัก 100 เมล็ด (2.09 ± 0.01 กรัม) น้อยกว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการใช้ปุ๋ย ส่วนความกว้างของเมล็ดข้าว พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความกว้างเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน โดยเมื่อเริ่มการเก็บรักษาเมล็ดข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความกว้าง 2.02 ± 0.07 และ 2.01 ± 0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าเมล็ดข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความกว้างเพิ่มขึ้นเป็น 2.14 ± 0.06 และ 2.14 ± 0.08 มิลลิเมตร

ตามลำดับ เช่นเดียวกับความหนาของเมล็ดข้าว พบว่าความหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มการเก็บรักษา เมล็ดข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความหนา 1.66 ± 0.05 และ 1.67 ± 0.04 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน เมล็ดข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความหนาเพิ่มขึ้นเป็น 1.76 ± 0.04 และ 1.78 ± 0.07 มิลลิเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพทางด้านความยาวของเมล็ดและสัดส่วนระหว่างความยาว/ความกว้างของเมล็ด (ตารางที่ 1ก)

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณสารความหอม และปริมาณอะไมโลสในเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี แต่ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ด กล่าวคือ เมล็ดข้าวทั้งที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีปริมาณไขมันลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน โดยเมื่อเริ่มการเก็บรักษา พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีปริมาณไขมันในเมล็ดร้อยละ 3.92 ± 0.22 และ 3.95 ± 0.23 ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีปริมาณไขมันในเมล็ดลดลงเป็นร้อยละ 3.31 ± 0.04 และ 3.46 ± 0.04 ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณสารความหอม (2-AP) ในเมล็ด พบว่าปริมาณสาร 2-AP ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณสาร 2-AP ลดลงมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ กล่าวคือ เมื่อเริ่มการเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณสาร 2-AP 3.96 ± 0.03 ppm แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณสาร 2-AP ลดลงเป็น 1.60 ± 0.06 ppm ซึ่งปริมาณสาร 2-AP ที่ลดลงคิดเป็นโดยประมาณร้อยละ 60 ในขณะที่เมื่อ

เริ่มการเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสาร 2-AP เป็น 4.04 ± 0.07 ppm แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสาร 2-AP ลดลงเป็น 1.96 ± 0.04 ppm ซึ่งปริมาณสาร 2-AP ที่ลดลงคิดเป็นโดยประมาณร้อยละ 50 นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเริ่มการเก็บรักษา พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.55 ± 0.02 และ 72.72 ± 0.20 ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 75.35 ± 0.12 และ 75.63 ± 0.04 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ด โดยเมื่อเริ่มการเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.82 ± 0.21 ซึ่งน้อยกว่าปริมาณโปรตีนในข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 7.71 ± 0.04) และเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่า ปริมาณโปรตีนในข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนเมื่อเริ่มเก็บรักษา โดยข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีปริมาณโปรตีน (ร้อยละ 6.94 ± 0.04) น้อยกว่าปริมาณโปรตีนในข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 7.50 ± 0.02) (ตารางที่ 1ข)

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพทางโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณภาพทางโภชนาการของข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี กล่าวคือ เมื่อเริ่มการเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.52 ± 0.03 มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม และเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเป็น 0.84 ± 0.02 มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงคิดเป็นโดยประมาณร้อยละ

45 ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี เมื่อเริ่มเก็บรักษามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.31 ± 0.09 มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม และเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเป็น 0.62 ± 0.01 มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงคิดเป็นโดยประมาณร้อยละ 52 เช่นเดียวกับปริมาณวิตามินบี 1 พบว่าเมื่อเริ่มการเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณวิตามินบี 1 10.42 ± 0.01 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเป็น 0.38 ± 0.01 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งปริมาณวิตามินบี 1 ที่ลดลงคิดเป็นโดยประมาณร้อยละ 9 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างเมื่อเริ่มเก็บรักษาและเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีเมื่อเริ่มเก็บรักษามีปริมาณวิตามินบี 1 เป็น 0.46 ± 0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าปริมาณวิตามินบี 1 ลดลงเป็น 0.40 ± 0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งปริมาณวิตามินบี 1 ที่ลดลงคิดเป็นโดยประมาณร้อยละ 13 (ตารางที่ 1ค)

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ปริมาณอะไมโลส ซึ่งมีผลต่อความเหนียวนุ่มของข้าวสุก โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีความเหนียวนุ่ม แต่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีลักษณะสัมผัสแข็งเมื่อหุงสุก ผลการทดลองพบว่าเมื่อเริ่มเก็บรักษาข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 17.81 ± 1.01 ซึ่งน้อยกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 20.05 ± 0.39) จึงแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี แต่ปริมาณอะไมโลสในเมล็ดมีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นเป็น

ตารางที่ 1 ผลของเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพ (ก) คุณภาพทางเคมี (ข) คุณภาพทางโภชนาการ (ค) และคุณภาพการหุงต้ม (ง) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

คุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105	เริ่มเก็บรักษา		เก็บรักษานาน 12 เดือน		P value
	ข้าวอินทรีย์	ข้าวเคมี	ข้าวอินทรีย์	ข้าวเคมี	
ก. คุณภาพทางกายภาพ					
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	2.09±0.01 ^{b1/}	2.13±0.02 ^a	2.13±0.01 ^a	2.14±0.01 ^a	0.0064
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	2.02±0.07 ^b	2.01±0.05 ^b	2.14±0.06 ^a	2.14±0.08 ^a	<0.0001
ความยาว (มิลลิเมตร)	7.59±0.19 ^a	7.53±0.22 ^a	7.63±0.22 ^a	7.51±0.25 ^a	0.6253
ความหนา (มิลลิเมตร)	1.66±0.05 ^b	1.67±0.04 ^b	1.76±0.04 ^a	1.78±0.07 ^a	<0.0001
ยาว/กว้าง (เท่า)	3.76±0.18 ^a	3.74±0.15 ^a	3.69±0.34 ^a	3.50±0.15 ^a	0.0516
ข. คุณภาพทางเคมี					
ไขมัน (ร้อยละ)	3.92±0.22 ^a	3.95±0.23 ^a	3.31±0.04 ^b	3.46±0.04 ^b	0.0365
โปรตีน (ร้อยละ)	6.82±0.21 ^b	7.71±0.04 ^a	6.94±0.04 ^b	7.50±0.02 ^a	0.0034
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	74.55±0.02 ^b	72.72±0.20 ^c	75.35±0.12 ^a	75.63±0.04 ^a	<0.0001
2-AP (ppm)	4.04±0.07 ^a	3.96±0.03 ^a	1.96±0.04 ^b	1.60±0.06 ^c	<0.0001
ค. คุณภาพทางโภชนาการ					
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม)	1.52±0.03 ^a	1.31±0.09 ^b	0.84±0.02 ^c	0.62±0.01 ^d	<0.0010
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.42±0.01 ^a	0.46±0.02 ^a	0.38±0.01 ^{ab}	0.40±0.02 ^b	0.0280
ง. คุณภาพการหุงต้ม					
อะไมโลส (ร้อยละ)	17.81±1.01 ^b	20.05±0.39 ^a	21.08±2.32 ^a	22.25±0.56 ^a	0.0179
การสลายในต่าง (คะแนน)	5.00±0.01 ^a	4.83±0.28 ^a	3.40±0.67 ^b	3.14±1.05 ^b	0.0145
ความคงตัวของแป้งสุก (มม.)	70.83±2.88 ^a	65.50±12.12 ^a	8.90±3.60 ^b	5.56±2.51 ^b	<0.0001

^{1/}ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT

ร้อยละ 21.08±20.32 และ 22.25±0.56 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ข้าวหุงสุกมีความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนการสลายตัวของเมล็ดในต่าง ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประเมินระยะเวลาการหุงต้ม หากมีค่าน้อยหมายถึงต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานผลการทดลองพบว่า ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีการสลายตัวของเมล็ดใน

ต่างลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีการสลายตัวของเมล็ดในต่าง 5.00±0.01 และ 4.83±0.28 คะแนน ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีการสลายตัวของเมล็ดในต่างลดลงเป็น 3.40±0.67 และ 3.14±1.05 คะแนน ตามลำดับซึ่ง

แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีระยะเวลาการหุงต้มนานขึ้น สอดคล้องกับความคงตัวของแป้งสุก ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแข็งของข้าวสุก หากมีค่าน้อยแสดงว่าข้าวหุงสุกจะมีลักษณะสัมผัสแข็ง ผลการทดลองพบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความคงตัวของแป้งสุกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มเก็บรักษา ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความคงตัวของแป้งสุก 70.83 ± 2.88 และ 65.50 ± 12.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าข้าวมีความนุ่มเมื่อหุงสุก แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความคงตัวของแป้งสุกลดลงเป็น 8.90 ± 3.60 และ 5.56 ± 2.51 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีลักษณะสัมผัสแข็งขึ้นเมื่อหุงสุก (ตารางที่ 1ง)

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีความแตกต่างกันซึ่งจากการประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านลักษณะที่ปรากฏในระดับชอบมาก (8.2 ± 0.4 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านลักษณะที่ปรากฏในระดับชอบปานกลาง (7.0 ± 0.1 คะแนน) การประเมินด้านรสชาติ พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติในระดับชอบมาก (8.2 ± 0.4 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (6.8 ± 0.4 คะแนน) การประเมินด้านกลิ่นหอม พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านกลิ่นหอมในระดับชอบมาก (8.2 ± 0.4 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูก

โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (6.6 ± 0.5 คะแนน) การประเมินด้านความนุ่มเหนียว พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความนุ่มเหนียวในระดับชอบมาก (8.2 ± 0.4 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความนุ่มเหนียวในระดับชอบปานกลาง (6.8 ± 0.7 คะแนน) และการประเมินความชอบโดยรวม พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความชอบโดยรวมในระดับชอบมาก (8.1 ± 0.0 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง (6.8 ± 0.4 คะแนน) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญได้ให้การยอมรับคุณภาพต่อการบริโภคของข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวมมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 2ก)

การประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคของผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านลักษณะที่ปรากฏในระดับชอบมาก (8.4 ± 0.5 คะแนน) เท่ากับข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านลักษณะที่ปรากฏในระดับชอบมาก (7.5 ± 0.7 คะแนน) แต่การประเมินด้านรสชาติ พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติในระดับชอบมาก (7.9 ± 0.5 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (6.6 ± 0.9 คะแนน) การประเมินด้านกลิ่นหอม พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านกลิ่นหอมในระดับชอบมาก (8.0 ± 0.6 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติในระดับชอบปานกลาง (6.8 ± 1.3 คะแนน) การประเมินด้านความนุ่มเหนียว

พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความนุ่มเหนียวในระดับชอบมาก (8.3 ± 0.8 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความนุ่มเหนียวในระดับชอบปานกลาง (6.9 ± 1.2 คะแนน) และการประเมินความชอบโดยรวม พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความชอบโดยรวมในระดับชอบมาก (8.3 ± 0.5 คะแนน) ในขณะที่ข้าวที่

ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง (6.8 ± 1.0 คะแนน) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผู้บริโภคได้ให้การยอมรับคุณภาพต่อการบริโภคของข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ด้านรสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม มากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 2ข)

ตารางที่ 2 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ (ก) และ ผู้บริโภคทั่วไป (ข)

คุณภาพการยอมรับ ข้าวขาวดอกมะลิ 105	ก. ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ		ข. ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไป	
	ข้าวอินทรีย์	ข้าวเคมี	ข้าวอินทรีย์	ข้าวเคมี
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมาก
รสชาติ	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบปานกลาง
กลิ่นหอม	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบปานกลาง
ความนุ่มเหนียว	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบปานกลาง
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบปานกลาง

4. วิจัยรณ

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกันระหว่างองค์ประกอบในข้าว ได้แก่ แป้ง โปรตีน และไขมัน (Zhou *et al.*, 2002) โดยข้าวเก่าจะมีสีคล้ำ ซึ่งเกิดจากการดออะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ (Kennedy *et al.*, 1995) มีกลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมัน มีเนื้อสัมผัสแข็งเนื่องจากโปรตีนที่ผิวเมล็ดสตาρχเกิดการเปลี่ยนแปลง (Teo *et al.*, 2000) และเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไขมันกับอะไมโลส ซึ่งส่งผลต่อการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก (Zhou *et*

al., 2003) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 12 เดือน จะมีผลทำให้ปริมาณไขมันในเมล็ดข้าวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จิรศักดิ์ และคณะ (2547) และ Zhou *et al.* (2003) ทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ผิวเมล็ดข้าวเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกลายเป็นสารเปอร์ออกไซด์และเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์บอนิก เช่น acetaldehyde, propanal, pentanal และ hexanal ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืนและปริมาณไขมันในเมล็ดข้าวลดลง (อรอนงค์, 2534) และจากผลการทดลองยังพบอีกว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ α -amylase ระหว่างการเก็บรักษา จึงส่งผลให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น (Dhaliwal *et al.*, 1991) นอกจากนี้ หากเก็บข้าวไว้

ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะทำให้ข้าวใหม่เปลี่ยนเป็นข้าวเก่าได้เร็วขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าว (Meullenet, 2000) ยกตัวอย่าง เช่น การศึกษาของ พัสกร และคณะ (2546) พบว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 และ 10 องศาเซลเซียสตามลำดับ และการศึกษาของ สุทัศน์ (2549) พบว่าข้าวหอมมะลิที่เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน 12-24 เดือน เมื่อนำมาหุงต้มจะได้ข้าวสวยที่มีความแข็งมากขึ้น ดังนั้นเมื่อนำข้าวเก่ามาหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวที่มีลักษณะร่วนและแข็งมากขึ้น ความนุ่มเหนียวลดลง แต่จะส่งผลให้ข้าวสุกมีการขยายปริมาตรได้มากขึ้น หรือมีลักษณะเป็นข้าวหุงขึ้นหม้อ เนื่องจากเกิดการระบวมการเจลาติไนเซชัน (gelatinization) ในบางส่วน ทำให้เม็ดแป้งเกิดการหลวม จึงสามารถประสานรอยร้าวในเมล็ดได้ เมื่อข้าวหุงสุกเย็นตัวลง โครงสร้างภายในของแป้งจึงจับตัวกันแน่นมากขึ้น (งามชื่น, 2546) นอกจากนี้ ข้าวเก่าจะใช้เวลาในการหุงต้มนานมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการดูดน้ำและการขยายปริมาตรของข้าวสุกเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังเซลล์ของเมล็ดข้าว ทำให้มีความแข็งแรง โปร่ง และไม่อัดแน่น สามารถดูดซับน้ำได้มาก (Soponronnarit *et al.*, 2008; Zhou *et al.*, 2007) สอดคล้องกับผลการทดลอง พบว่าค่าการสลายตัวของเมล็ดในต่าง ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประเมินระยะเวลาการหุงต้ม พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ระยะเวลาการหุงต้มนานขึ้น และความคงตัวของแป้งสุก ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแข็งของข้าวสุก พบว่าข้าวมีความคงตัวของแป้งสุกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้มีลักษณะสัมผัสแข็งขึ้นเมื่อหุงสุก นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษายังมีผลทำให้น้ำหนักเมล็ด

ความกว้างและความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการดูดความชื้นในสภาพการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ซึ่งความชื้นของข้าวจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศและฤดูกาลในระหว่างการเก็บรักษา (Chrastil, 1990)

ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพดีกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี โดยจากผลการทดลองพบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสารความหอม (2-AP) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี และข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งทางด้านรสชาติ กลิ่นหอม และความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับจากปุ๋ย ทั้งนี้เนื่องจาก ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีได้รับไนโตรเจนมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งจากการคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ พบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ได้รับไนโตรเจนทั้งหมด 10.9 กก./ไร่ ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับไนโตรเจนทั้งหมด 1.35 กก./ไร่ ดังนั้นจึงทำให้ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mannan และคณะ (2009) พบว่าปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณโปรตีนในเมล็ดนี้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยโปรตีนจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ที่มีความแข็งแรง จึงเพิ่มการยึดเกาะระหว่างโปรตีนและสามารถเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดแป้ง เมื่อนำข้าวที่มีโปรตีนสูงไปหุงต้มจะได้ข้าวที่มีเนื้อสัมผัสแข็งและความนุ่มเหนียวลดลง (Xie *et al.*, 2008) เนื่องจากพันธะไดซัลไฟด์ไม่ถูกทำลายที่อุณหภูมิการหุงต้ม ทำให้โปรตีนขัดขวางการพองตัวของเมล็ดสตาร์ชที่ผิวเมล็ด ข้าวหุงสุกจึงมีเนื้อสัมผัสแข็ง (Ohno *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม ผลการ

ทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ละมุน (2541) พบว่าปริมาณโปรตีนทั้งหมดของข้าวสารที่มีอายุไม่เกิน 12 เดือน จะมีปริมาณคงที่ แต่มีความแตกต่างในด้านของปริมาณโปรตีนแต่ละชนิด โดยแอลบูมินและโกลบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำและน้ำเกลือจะมีปริมาณลดลง แต่กลูเทลินและโพรลามีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในด่างและแอลกอฮอล์ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษา ไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนทั้งหมดมีความแตกต่างไปจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีผลต่อความหอมของข้าว จากการศึกษาของ อำนวย และคณะ (2539) พบว่าข้าวที่ได้รับไนโตรเจนน้อยจะมีความหอมของข้าวมากกว่าข้าวที่ได้รับไนโตรเจนมาก ทั้งนี้เนื่องจาก proline ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สาร 2-AP ของข้าวจะเพิ่มขึ้นได้ในสภาวะที่ข้าวได้รับไนโตรเจนน้อย ดังนั้นไนโตรเจนที่ข้าวได้รับจึงมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับปริมาณสาร 2-AP ของข้าว (Somal and Yapa, 1998; Yang *et al.*, 2012) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณสาร 2-AP ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสาร 2-AP เป็นสารที่ระเหยได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาข้าวในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง (ทินกร, 2548) แต่ปริมาณสาร 2-AP ของข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ลดลงน้อยกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นผลมาจากข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับไนโตรเจนน้อย และในปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารรองและจุลธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และแมงกานีส ที่มีผลต่อปริมาณสาร 2-AP ในเมล็ดของข้าว (ดวงใจ และคณะ, 2556) นอกจากนี้ ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้

ปุ๋ยเคมี จึงอาจทำให้เกิดการขาดแคลนธาตุอาหาร ซึ่งเมื่อพืชได้รับความเครียดเนื่องจากการขาดแคลนธาตุอาหาร จะทำให้การเจริญเติบโตถูกจำกัดมากกว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) เป็นผลให้มีการสังเคราะห์สาร secondary metabolite เพิ่มขึ้น (Seigler, 1998) เช่น สารประกอบฟีนอลิก (Chalker-Scott and Fenchigami, 1989) และแอนโทไซยานิน (Rajendra *et al.*, 1992) เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang และคณะ (2008) พบว่าพืชที่ปลูกภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระสูง อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ มากกว่าพืชที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีอีกด้วย (Giuseppina *et al.*, 2011)

5. สรุป

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนแปลงไป โดยมีน้ำหนัก ความกว้าง และหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมัน สารความหอม (2-AP) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง แต่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีปริมาณสารความหอม (2-AP) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ข้าวหุงสุกมีระยะเวลาการหุงต้มนานขึ้นและมีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งทางด้านรสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว มากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับจากปุ๋ย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2558 ประเภททุนวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และโครงการส่งเสริมการวิจัยอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558

7. รายการอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555, มาตรฐานสินค้าเกษตร 4004-2555 (ข้าว), สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์, พรรณี จิตตา, พัชรภรณ์ รักชุม, อังคณา กันทาจันทร์, กัลยา บุญสง่า, สุวัฒน์ เจียรระคมั่น, วราภรณ์ วงศ์บุญ, ประเสริฐ ไชยวัฒน์, ธาณี ชื่นบาน, ธัญวราภรณ์ ปรงข้อง และอิสระพงศ์ บุตรจันทร์, 2556, อิทธิพลของธาตุอาหารพืช ซัลเฟอร์ แคลเซียม แมงกานีส และแมกนีเซียมต่อปริมาณสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105, ประชุมวิชาการข้าวกลุ่มภาคตะวันออกเฉียงเหนือฯ ประจำปี 2556, 18-21. งามชื่น คงเสรี, 2546, ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, เพลงพิน ศิวรักษ์ และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2547, การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน, ว.วิจัยและพัฒนา มจร. 27: 285-297.

ทินกร สีเสียดคำ, 2548, การวิเคราะห์ 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน โดยตรงในเมล็ดข้าวด้วยเฮตสเปซ-แก๊สโครมาโตกราฟี, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัสกร เจียรตระกูล, เมธินี เห่าซึ่งเจริญ และศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ, 2546, ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร, 34: 149-152.

ละมุน วิเศษ, 2541, ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2549, ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของข้าวไทย, สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กริฑาภิรมย์, สุภาพบุรณากาญจน์, วารุณี วารัญญานนท์, พัชรี ตั้งตระกูล, ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์, ทรงศักดิ์ รัษฎ์ปัติย์, สัมพันธ์ รัตนสุภา, ปัญญา ร่มเย็น, ทรงชัย วัฒนพ่ายพกุล, กรรณิกา นากกลาง, สว่างโรจนกุล และพิทักษ์ พรอุไรสนิท, 2539, ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105, ว.วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ (สาขาเกษตรศาสตร์) 30: 129-144.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2534, ผลิตภัณฑ์จากข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ, ว.อุตสาหกรรมเกษตร 2: 109.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

AOAC, 2012, Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

- 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.
- Chalker-Scott, L. and Fenchigami, L.H., 1989, The Role of Phenolic Compounds in Plant Stress Responses, pp. 67-79, In Paul, H.L., *Low Temperature Stress Physiology in Crops*, CRC Press, Florida.
- Chrastil, J., 1990, Chemical and physicochemical changes of rice during rice storage at different temperatures, *J. Cereal Sci.* 11: 71-85.
- Dhaliwal, Y.S., Sekhon, K.S. and Nagi, H.P.S., 1991, Enzymatic activities and rheological properties of stored rice, *Cereal chem.* 68: 18-21.
- Efferson, J.N., 1985, Rice Quality in World Markets, pp.1-13, In IRRI, *Rice Grain Quality and Marketing*, Manila.
- Giuseppina, P., Lima, P. and Vianello, F., 2011, Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods, *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 1-13.
- Iqbal, S., Bhangar, 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.
- Juliano, B.O., 1971, A simplified assay for milled rice amylase, *Cereal Sci. Today* 16: 334-338.
- Kennedy, J.F., Knill, C.J. and Taylor, D.W., 1995, Maltodextrins, pp. 65-82, In Kearsley, M.W. and Dziedzic, S.Z., *Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives*, Blackie Academic and Professional, London.
- Kjeldahl, J.Z., 1883, A new method for the determination of nitrogen in organic bodies. *Anal. Chem.* 22: 366.
- Mahatheeranont, S., Keawsa-ard, S. and Dumri, K., 2001, Quantification of the rice aroma compound, 2-acetyl-1-pyrroline in uncooked Khao Dawk Mali 105 brown rice, *J. Agric. Food Chem.* 49: 773-779.
- Mannan, M.A., Bhuiya, M.S., Hossain, S.M.A. and Akhand, M.I.M., 2009, Influence of nitrogen and grain qualities of fine rice genotypes in Aman and Boro seasons, Bangladesh, *J. Agri. Res.* 34: 329-333.
- Meullenet, J.F., Marks, B.P., Hankins, J.A., Griffin, V.K. and Daniels, M.J., 2000, Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature and storage duration, *Cereal Chem.* 77: 259-263.
- Ohno, T., Tomatsu, M., Toeda, K. and Ohisa, N., 2007, Texture of cooked rice prepared from aged rice and its improvement by reducing agents, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 7: 2912-2920.
- Rajendra, L., Ravishankar, G.A., Venkataraman, L.V. and Prathiba, K.R., 1992, Anthocyanin production in callus cultures of *Daucus carota* as influenced by nutrient stress and osmoticum, *Biotechnol. Lett.* 14: 707-712.
- Seigler, D.S., 1998, *Plant Secondary Metabolism*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

- Somal, T.L.C. and Yapa, P.A.J., 1998, Accumulation of proline in cowpea under nutrient, drought and saline stresses, *J. Plant Nutr.* 21: 2465-2473.
- Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. and Taechapairoj, P., 2008, Comparative study on physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice, *J. Food Eng.* 85: 268-276.
- Priseadka, 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.
- Teo, A., Karim, A., Cheah, P.B., Norziah, M.H. and Seow, C., 2000, On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour, *Food Chem.* 69: 229-236.
- Wang, S.Y., Chen, C.-T., Sciarappa, W., Wang, C.Y. and Camp, M.J., 2008, Fruit quality, antioxidant capacity and Flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries, *J. Agric. Food Chem.* 56: 5788-5794.
- Xie, L., Chen, N., Duan, B., Zhu, Z. and Liao, X., 2008, Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice, *J. Cereal Sci.* 47: 372-379.
- Yang, S., Zou, Y., Liang, Y., Xia, B., Liu, S., Md, I., Li, D., Li, Y., Chen, L., Zeng, Y., Liu, L., Chen, Y., Li, P. and Zhu, J., 2012, Role of soil total nitrogen in aroma synthesis of traditional regional aromatic rice in China, *Field crops Res.* 125: 151-160.
- 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.
- Zhou, Z., Blanchard, C., Helliwell, S. and Robards, K., 2003, Fatty acid composition of three rice Varieties following storage, *J. Cereal Sci.* 37: 327-335.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C., 2002, Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes, *J. Cereal Sci.* 35: 65-78.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C., 2007, Effect of storage temperature on cooking behavior of rice, *Food Chem.* 105: 491-497.