



ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

โดย

นายอภิวัฒน์ อินทร์นก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)  
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

โดย

นายอภิวัฒน์ อินทร์นง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

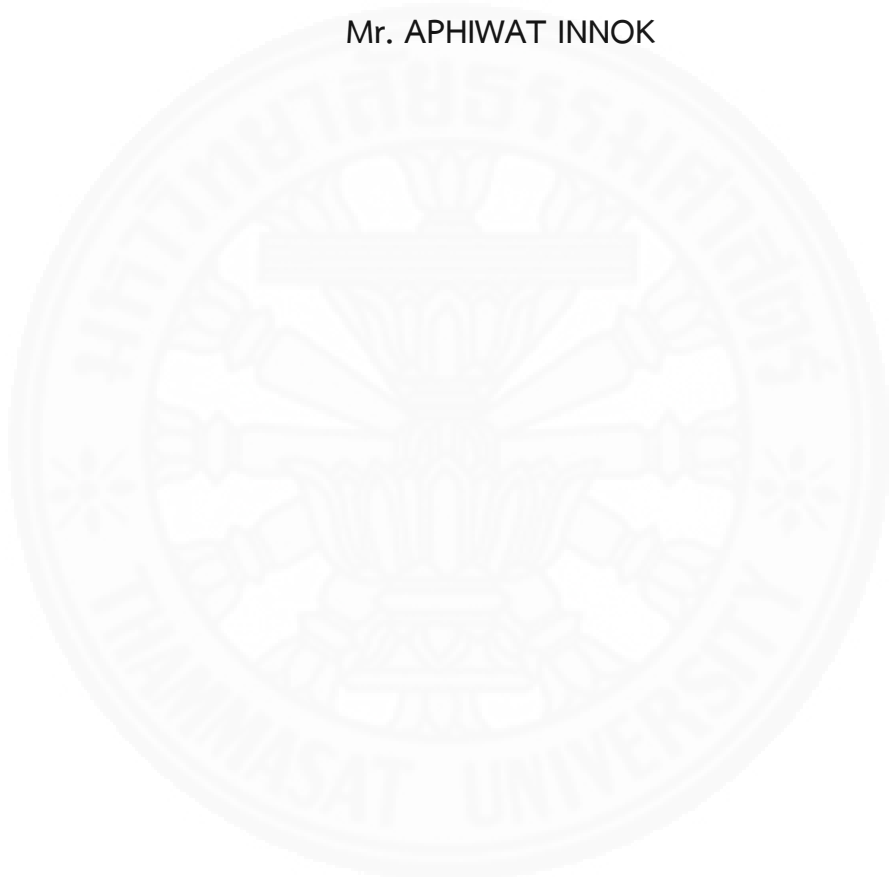
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



EFFECTS OF APPLICATION OF ORGANIC AND CHEMICAL  
FERTILIZER ON QUALITY OF RICE KHAO DAWK MALI 105

BY

Mr. APHIWAT INNOK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (AGRICULTURAL TECHNOLOGY)

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายอภิวัฒน์ อินทร์นง

เรื่อง

ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)

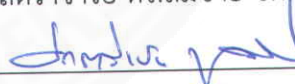
เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชดตระกูล)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



(อาจารย์ ดร.พัชร์เพ็ญ ภูมิพันธ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม



(อาจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105
ชื่อผู้เขียน	นายอภิวัฒน์ อินทร์นก
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.พัชร์เพ็ญ ภูมิพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์
ปีการศึกษา	2558

### บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแปลงเกษตรกร ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากนาข้าวใช้ปุ๋ยอินทรีย์ภายใต้มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) โดยใส่ปุ๋ยมูลสุกร (ไนโตรเจนร้อยละ 2.7) อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.35 กิโลกรัม/ไร่ และนาข้าวใช้ปุ๋ยเคมีภายใต้ระบบมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552) โดยใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 และ 46-0-0 อัตรา 25 และ 15 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 10.9 กิโลกรัม/ไร่ ผลการศึกษา พบว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีน้ำหนัก 100 เมล็ด ปริมาณอะไมโลส ปริมาณโปรตีน และปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี จึงมีผลทำให้ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพการยอมรับด้านนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ยังมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างด้านคุณภาพทางกายภาพ ปริมาณไขมัน และ สารความหอม (2-AP) ในเมล็ด จากนั้นจึงศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยบรรจุข้าวกลึงที่ ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในถุงลามิเนตปิดผนึกสุญญากาศ และเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีน้ำหนัก 100 เมล็ดและปริมาณโปรตีนน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีเช่นเดียวกับเมื่อเริ่มเก็บรักษา ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณไขมัน และการสลายตัวในต่าง พบว่า ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี และข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ก็ยังคงมีปริมาณไขมันและการสลายตัวในต่างไม่แตกต่างกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ระยะเวลาการเก็บรักษาก็มีผลทำให้ปริมาณวิตามินบี 1 สารความหอม (2-AP) และความคงตัวของแป้งสุก ลดลงเช่นเดียวกัน แต่มีความแตกต่างจากเมื่อเริ่มเก็บรักษาโดยเมื่อเริ่มเก็บรักษา ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีปริมาณวิตามินบี 1 สารความหอม (2-AP) และความคงตัวของแป้งสุกเท่ากัน แต่เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณวิตามินบี 1 น้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี แต่มีสารความหอม (2-AP) และความคงตัวของแป้งสุกมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี จึงทำให้ข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีกลิ่นหอมและความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะที่ปรากฏ กลิ่นหอม และความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณอะไมโลส และคุณภาพการหุงต้ม เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา ดังนั้น ผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่า ความแตกต่างด้านปริมาณธาตุอาหารของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีผลต่อคุณภาพข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในจังหวัดสุรินทร์

**คำสำคัญ:** ข้าวชาวดอกมะลิ 105, จังหวัดสุรินทร์, ปุ๋ยเคมี, ปุ๋ยอินทรีย์

Thesis Title	Effects of Application of Organic and Chemical Fertilizer on Quality of Rice Khao Dawk Mali 105
Author	Mr. Aphiwat Innok
Degree	Master of Science
Major Field/Faculty/University	Agricultural Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Dr. Phakpen Poomipan
Thesis Co-Advisor	Dr. Ornprapa Thepsilvisut
Academic Years	2015

### ABSTRACT

Comparing quality of Khao Dawk Mali 105 (KDML105) rice variety from rice field in Tambon Sungkha, Amphor Sungkha, Surin province. Paddy was randomly collect from 2 rice fields. The rice field applying organic fertilizer was maintained under Organic Agricultural Standard (TAS 9000-2009) by application of pig manure (2.7 %N) at rate of 50 kg/rai. There was 1.35 kg of total 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 total nitrogen (N)/rai. The results showed that the rice applied by organic fertilizer had lower in 100-grain weight, amylose, protein and N content than those of the rice applied by chemical fertilizer. This leads to more tenderness of the rice applied by organic fertilizer than the rice applied by chemical fertilizer. Similarly to quality of consumer acceptance, the rice applied by organic fertilizer was higher in acceptances of tenderness. In addition, the rice applied by organic fertilizer also had higher total phenolic compounds and carbohydrate content. However, both type of fertilizer did not effect on rice physical quality, fat and aroma compound (2-AP). After that, the effect of storage period on quality of KDML 105 applying organic and chemical fertilizer was studied. Brown rice

was packed in vacuum nylon laminate and stored for 12 months at room temperature. The results showed that storage period did not effect on 100-grain weight and protein content. The rice applied by organic fertilizer remained lower in 100-grain weight and protein content than rice applied by chemical fertilizer as the start of storing. The total phenolic compounds, the fat content and the alkaline test were decreased by storage period of time but did not differ from the start of storing. The rice applied by organic fertilizer still had higher in total phenolic compounds than the rice applied by chemical fertilizer. The fat content and alkaline test still did not differ between the rice applied by organic and chemical fertilizer. Moreover, the storage period also had decreased vitamin B1 content, aroma compound (2-AP) and gel consistency. There was shown difference result from the start of storing. At the starting, vitamin B1 content, aroma compound (2-AP) and gel consistency of the rice applied by organic and chemical fertilizer was not significant difference. However, at 12-months storing, the rice applied by organic fertilizer had lower vitamin B1 content but higher in aroma compound (2-AP) and gel consistency than the rice applied by chemical fertilizer. This leads to less aroma and tenderness of the rice applied by chemical fertilizer. According to consumer sensory analysis, the results had shown that the rice applied by organic fertilizer was higher in acceptances of appearance, aroma and tenderness than the rice applied chemical fertilizer. Therefore, the results indicated that the difference in nutrient supply of organic and chemical fertilizer application had resulted in the quality of KDML105 rice growing in Surin province.

**Keywords:** Chemical fertilizer, Khao Dawk Mali 105, Organic fertilizer, Surin province



## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. พัทธ์เพ็ญ ภูมิพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการแนะนำ ให้ความรู้ และแนวทางการแก้ไขจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ และขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และแนะนำการปรับปรุงแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ชคตระการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑามาศ ร่มแก้ว ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณพิสมัย โพธิ์ศรี ที่ช่วยติดต่อประสานงานต่าง ๆ จนทำให้การดำเนินการเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณ บุคลากรทุกท่านของภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รวมไปถึง พี่น้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร และภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เกษตรกร อ.สังขะ จ.สุรินทร์ ที่สนับสนุนตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อใช้ในการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้

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

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อและแม่ของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์เพื่อสนับสนุนข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้ด้วยดี

นายอภิวัฒน์ อินทร์นก

(6)

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าว	4
2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	4
2.2.1 เปลือกนอกหรือแกลบ	5
2.2.2 ส่วนที่บริโภคนได้หรือข้าวกล้อง	5
2.2.2.1 เยื่อหุ้มผล	5
2.2.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด	5

2.2.2.3	ชั้นอุลูโรน	5
2.2.2.4	คัพภะ	5
2.2.2.5	เอนโดสเปิร์ม	5
2.3	คุณภาพข้าว	5
2.3.1	คุณภาพทางกายภาพ	5
2.3.1.1	สีของเมล็ดข้าวเปลือก	6
2.3.1.2	สีข้าวกล้อง	6
2.3.1.3	ขนาดรูปร่างเมล็ด	6
2.3.1.4	ลักษณะท้องไข่	6
2.3.1.5	ความขาวของข้าวสาร	7
2.3.1.6	ความใสของข้าวสาร	8
2.3.2	คุณภาพทางเคมี	8
2.3.2.1	คาร์โบไฮเดรต	8
2.3.2.2	โปรตีน	9
2.3.2.3	ไขมัน	9
2.3.2.4	ความคงตัวของแป้งสุก	9
2.3.2.5	ค่าการสลายเม็ดในต่าง	10
2.4	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	11
2.5	ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตข้าว	11
2.6	ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพข้าว	13
2.6.1	ปุ๋ยอินทรีย์	13
2.6.2	ปุ๋ยเคมี	14
2.7	มาตรฐานสินค้าเกษตร	14
2.7.1	มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552)	14
2.7.1.1	หลักการของเกษตรอินทรีย์	14
2.7.1.2	ข้อกำหนดวิธีการผลิตพืชอินทรีย์	15
2.7.1.3	การผลิตข้าวอินทรีย์	17
2.7.2	มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552)	19
2.8	การเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการเก็บรักษาข้าว	21
2.8.1	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	21
2.8.2	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	22

2.8.2.1 การหายใจ	22
2.8.2.2 องค์ประกอบของแป้งและน้ำตาล	22
2.8.2.3 โปรตีนและกรดอะมิโน	23
2.8.2.4 ไขมัน	24
2.8.2.5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งสุก	25
2.8.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้ม	26
2.8.4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	29
3.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดย ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	29
3.1.1 พื้นที่ศึกษา	29
3.1.2 การวิเคราะห์ผล	30
3.1.2.1 คุณภาพผลผลิตของข้าว	30
3.1.2.2 คุณภาพทางกายภาพของข้าว	30
3.1.2.3 คุณภาพทางเคมีของข้าว	30
3.1.2.4 คุณภาพทางโภชนาการ	33
3.1.2.5 คุณภาพการหุงต้ม	34
3.1.2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค	35
3.1.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว	35
3.1.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	37
3.2 การทดลองที่ 2 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	37
3.2.1 การวางแผนการทดลอง	37
3.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	37
3.2.2.1 คุณภาพผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105	37
3.2.2.2 คุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105	37
3.2.2.3 คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105	37
3.2.2.4 คุณภาพทางโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105	38
3.2.2.5 คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105	38

	(9)
3.2.2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค	38
3.2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	38
3.3 สถานที่ทำการทดลอง	38
3.4 ระยะเวลาในการทดลอง	39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	40
4.1 ผลการวิจัย	40
4.1.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	40
4.1.1.1 คุณภาพผลผลิตของข้าวชาวดอกมะลิ 105	40
4.1.1.2 คุณภาพทางกายภาพ	41
4.1.1.3 คุณภาพทางเคมี	42
4.1.1.4 คุณภาพการหุงต้ม	43
4.1.1.5 ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด	44
4.1.1.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค	45
4.1.2 การทดลองที่ 2 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	46
4.1.2.1. คุณภาพผลผลิตข้าวชาวดอกมะลิ 105	46
4.1.2.2 คุณภาพทางกายภาพของข้าวชาวดอกมะลิ 105	47
4.1.2.3 คุณภาพทางเคมีของข้าวชาวดอกมะลิ 105	51
4.1.2.4 คุณภาพความหอม	60
4.1.2.5 คุณภาพการหุงต้มของข้าวชาวดอกมะลิ 105	61
4.1.2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค	66
4.2 อภิปรายผล	67
4.2.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดย ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	67
4.2.2 การทดลองที่ 2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลง คุณภาพของข้าวชาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษา	69

	(10)
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการวิจัย	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	74
รายการอ้างอิง	75
ภาคผนวก	87
ประวัติผู้เขียน	90



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ขนาดเมล็ดจำแนกตามความยาว	7
2.2	รูปร่างเมล็ดจำแนกโดยใช้สัดส่วน ความยาวต่อความกว้าง	7
2.3	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	8
2.4	การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก	10
2.5	การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่าง	10
2.6	ความสัมพันธ์ของค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชัน	11
3.1	สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา	29
4.1	คุณภาพผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	40
4.2	คุณภาพทางกายภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	41
4.3	คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	42
4.4	คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	43
4.5	ปริมาณธาตุอาหารพืชในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	44
4.6	คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	45
4.7	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ระหว่างการเก็บรักษา	46
4.8	ความหนา (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีระหว่างการเก็บรักษา	47
4.9	ความกว้าง (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีระหว่างการเก็บรักษา	48
4.10	ความยาว (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีระหว่างการเก็บรักษา	49
4.11	สัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (เท่า) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	50
4.12	ความชื้น (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	51

4.13	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	52
4.14	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	53
4.15	ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	54
4.16	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	55
4.17	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	56
4.18	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	57
4.19	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) (มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม) ของเมล็ด ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	58
4.20	ปริมาณวิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	59
4.21	ปริมาณสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-AP) (ppm) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	60
4.22	การขยายปริมาตร (เท่า) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	61
4.23	การยี้ด (เท่า) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา	62
4.24	การอ้วนน้ำ (กรัม) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา	63
4.25	การสลายตัวในต่างของเมล็ด (คะแนน) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	64
4.26	ความคงตัวของแป้งสุก (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา	65
4.27	คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และ ปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน	66



## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	4
ภาพผนวกที่		หน้า
1	กราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก	88
2	กราฟสารละลายสารละลายมาตรฐานไทอามีน (วิตามินบี 1)	88
3	กราฟสารละลายสารละลายมาตรฐาน 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2AP)	89
4	กราฟสารละลายสารละลายมาตรฐานอะไมโลส	89

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างมาก มีอยู่ 2 ชนิด คือ *Oryza glabberina* ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศในทวีปแอฟริกา และ *Oryza sativa* L. ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย แต่ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียมักได้รับความนิยมมากกว่า จึงนิยมเพาะปลูกทั่วไปในเอเชีย รวมทั้งยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย (บริสุทธิ์, 2537)

สำหรับในประเทศไทย ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวไทยที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่มและมีกลิ่นหอมเป็นลักษณะเด่นที่สำคัญซึ่งกลิ่นหอมเกิดจากสารระเหย 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2AP) ในเมล็ดข้าว (Bergmann et al., 2000; Buttery et al., 1983; Mahatheeranont et al., 2001) ที่ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมสภาพแวดล้อม และการเขตกรรมเพาะปลูก (Singh, 2000) จากงานวิจัยของ Tamaki et al. (1989) พบว่า กลิ่นหอมของข้าวจะแปรผันตามระยะการสุกแก่ของข้าว โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีกลิ่นหอมสูงที่สุด หากเก็บเกี่ยวเมื่อ 3-5 สัปดาห์หลังออกดอก และ งานวิจัย Yoshihashi et al. (2004) พบว่า ความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระยะข้าวสะสมแป้งและอุณหภูมิต่ำในระยะสุกแก่ก็เป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการผลิตสารระเหย 2AP ของข้าวเช่นเดียวกัน นอกจากนี้จากการศึกษาความเหมาะสมของแหล่งปลูกและปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นหอมของข้าว พบว่า กลิ่นหอมของข้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ยและคุณสมบัติของดิน รวมทั้งสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น ภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น (Efferson, 1985)

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน ข้าวที่ผลิตภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เริ่มเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากผู้บริโภคหันมาใส่ใจด้านสุขภาพมากขึ้น จึงเลือกบริโภคสินค้าที่ไม่ใช้สารเคมี ซึ่งข้าวอินทรีย์เป็นข้าวที่ผลิตโดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี หรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดแมลง และศัตรูของข้าว ในทุกขั้นตอนที่ผลิต (กรมการข้าว, 2549) จึงทำให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพเป็นอย่างมาก ซึ่งการผลิตข้าวอินทรีย์นั้น ยังส่งผลดีต่อดินเนื่องจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวจะช่วยให้ดินโปร่ง เพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้การระบายน้ำ และอากาศในดินดีขึ้น ทั้งช่วยให้ดินอุ้มน้ำ และดูดซึมธาตุอาหารพืชดีขึ้น (มุกดา, 2545) ซึ่งเมื่อปลูกข้าวโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็นระยะเวลาอันยาวนานจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นและดินมีความอุดมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีที่ในระยะยาวจะทำให้ดินเสื่อมสภาพ

และเกิดการสะสมของสารพิษในดิน (เกษมศักดิ์, 2547ข) ซึ่งจากการศึกษาการใช้แกลบและขี้เถ้าแกลบเพื่อเป็นปุ๋ยในนาข้าว พบว่า การใช้แกลบและขี้เถ้าแกลบติดต่อกัน 21 ปี ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นและทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (ประเสริฐ และคณะ, 2542) ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นจะช่วยส่งเสริมระบบของรากข้าว ซึ่งทำให้ช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าว (Yamazaki and Harada, 1982) และ Abe et al. (1995). ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวช่วยเพิ่มปริมาณของรากข้าวอีกด้วย นอกจากนี้ ดวงใจ และคณะ (2556) ศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารพืช ซัลเฟอร์ แคลเซียม แมงกานีส และแมกนีเซียมต่อปริมาณ สารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าจุลธาตุเหล่านี้มีส่วนสำคัญต่อปริมาณสารหอม 2AP โดยเฉพาะธาตุแมงกานีส จึงเป็นผลทำให้ข้าวที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีการสร้างสารหอม 2AP มากขึ้น อีกทั้ง อำนวย และคณะ (2540) พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ให้ผลผลิตสูงกว่าร้อยละ 80 ของผลผลิตสูงสุด จะมีผลทำให้ความหอม ความนุ่มเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวลดลง

ดังนั้น จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยและธาตุอาหารในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของข้าว ซึ่งการใช้ปุ๋ยภายใต้ระบบมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552) และมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) กำหนดให้มีการใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณและคุณภาพข้าวแตกต่างกันไปด้วย โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีจะให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (เกษมศักดิ์, 2547ข) แต่เกิดผลเสียในระยะยาว โดยจะทำให้ดินเสื่อมคุณภาพและมีสารพิษตกค้าง (เกษมศักดิ์, 2546) ต่างจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ช่วยปรับปรุงบำรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินให้ดีขึ้น จึงทำให้เกิดผลดีต่อดินและพืชในระยะยาว (สถาบันวิจัยข้าว, 2542) ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความใส่ใจในเรื่องสุขภาพและสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น ทำให้พืชอินทรีย์ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นด้วย และจากการศึกษาของ อัครพล และคณะ (2553) พบว่า ร้าข้าวอินทรีย์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในร้าข้าวเคมี ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตข้าว ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้เปรียบเทียบคุณภาพของข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการเพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) และจากการเพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552) ในจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีชื่อเสียงของประเทศ และศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการเพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในจังหวัดสุรินทร์
2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) และการใช้ปุ๋ยเคมีตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552) ต่อคุณภาพผลผลิต คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพการหุงต้ม คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในจังหวัดสุรินทร์ และศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าว โดยบรรจุข้าวกล้องในถุงลามิเนต (LLDPE/Nylon) หนา 100 ไมโครเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลของการใส่ปุ๋ยต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ105
2. ทราบถึงผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้าว

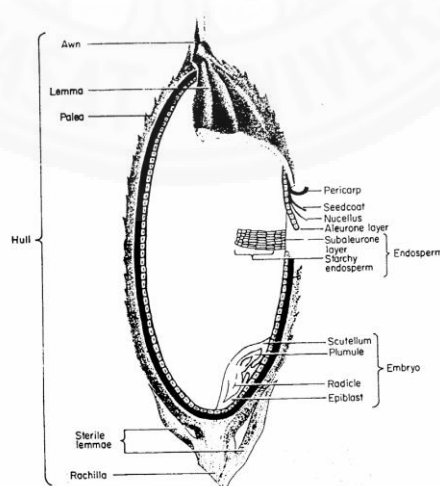
ข้าว สามารถจำแนกได้ตามถิ่นกำเนิดและตามความนิยมในการบริโภคเป็น 2 ชนิดคือ *Oryza glabberina* มีถิ่นกำเนิดในประเทศในทวีปแอฟริกา และ *O. Sativa* มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย *O. sativa* มีการเพาะปลูกทั่วไปในทวีปเอเชียและแถบตะวันออกกลาง เช่น ยุโรปอเมริกาและออสเตรเลีย ซึ่งถือว่าเป็นชนิดที่นิยมปลูกและใช้เป็นอาหารมากกว่าชนิดแรก ข้าวเอเชียแบ่งตามสภาพทางภูมิศาสตร์ (Ecogeographic Races) ได้ 3 กลุ่ม (บริสุทธิ์, 2537) คือ

(1) Indica group ได้แก่ ข้าวเมล็ดยาวและยาวปานกลาง (long and medium grains) ปลูกทั่วไปในบริเวณแถบเขตร้อน (tropical regions) เช่น ไทย อินเดีย Philipines เป็นต้น

(2) Japonica group ได้แก่ ข้าวเมล็ดสั้น (short grains) ปลูกโดยทั่วไปในบริเวณแถบกึ่งร้อน (sub-tropical regions) เช่น ประเทศจีน ตอนเหนือญี่ปุ่น และเกาหลี

(3) Javanica group ได้แก่ ข้าวเมล็ดกว้างและหนา ปลูกในบริเวณเส้นศูนย์สูตร เช่น ชวาและพม่า เป็นต้น

#### 2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : Juliano (1993)

**2.2.1 เปลือกนอกหรือแกลบ (hull)** เป็นส่วนที่ป้องกันเมล็ดข้าวจากเชื้อราและแมลง ในระหว่างการเก็บรักษาส่วนนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ด ข้าวเปลือก ประกอบด้วย palea และ lemma เชื่อมกันโดยโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า hook-shaped ชั้นนอกของเปลือกมี trichomes สำหรับแกลบมักมีองค์ประกอบภายในส่วนใหญ่เป็น ลิกนิน (ร้อยละ 30) เซลลูโลส (ร้อยละ 25) และเถ้า (ร้อยละ 21) ดังนั้นส่วนนี้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ

**2.2.2 ส่วนที่บริโภคได้หรือข้าวกล้อง (brown rice หรือ dehulled rice)** แบ่งออกเป็นชั้นๆ ดังนี้

**2.2.2.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp)** เป็นส่วนผิวนอกของข้าวกล้องมีความหนาประมาณ 10 ไมโครเมตร หรือประมาณร้อยละ 4-5 ของน้ำหนักเมล็ด ผิวชั้นนอกมีลักษณะเป็นคลื่น

**2.2.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat)** เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากชั้นเยื่อหุ้มผลเซลล์ชั้นเดียวมีความหนาประมาณ 0.5 ไมโครเมตร

**2.2.2.3 ชั้นออโรน (aleurone layer)** มีลักษณะเป็นเซลล์รูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ผนังเซลล์หนาในออโรนเซลล์มี proteinaceous, aleurone grains และ lipid bodies มากที่สุดจำนวนชั้นของออโรนจะแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 1-7 ชั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าว และตำแหน่งของเมล็ดโดยออโรนบริเวณ ventral มี 2-3 ชั้น ส่วนบริเวณ dorsal มี 4-7 ชั้น และข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนชั้นของออโรนเซลล์มากกว่าข้าวพันธุ์เมล็ดยาว

**2.2.2.4 คัพพะ (embryo)** เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไปประกอบด้วย embryonic axis (epicotyl, mesocotyl หรือ hypocotyl และ radicle) และ scutellum ส่วนนี้มี โปรตีน ไขมัน เถ้า และวิตามิน ในปริมาณสูงแต่ไม่มีแป้ง

**2.2.2.5 เอนโดสเปิร์ม (endosperm)** คือ ส่วนที่เป็นข้าวสารซึ่งมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณร้อยละ 84-93 แป้งข้าวจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (starch compound) กลุ่มแป้งหลายๆ กลุ่มจะอยู่รวมกันเป็น micelles โดยมีกลุ่มโปรตีน (protein bodies) แทรกอยู่ภายในเมล็ด (อรอนงค์, 2532; Juliano, 1985b, 1993)

## 2.3 คุณภาพข้าว

**2.3.1 คุณภาพทางกายภาพ** (กัญญา, 2541) คือ คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดที่สามารถมองเห็นหรือ ชั่ง ตวง วัดได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด (grainweight) สีข้าวเปลือก (hull color) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดและรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข (chalkiness) ความใสขุ่นของข้าวสาร (grain translucency) ความแกร่งของเมล็ด (grain hardness) ความขาวของข้าวสาร (whiteness of milled rice) และคุณภาพการสี (milling quality) เป็นต้น สำหรับน้ำหนักเมล็ด

สามารถประเมินได้ 2 แบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตรมีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตรหรือกิโลกรัมต่อถัง และ น้ำหนักต่อจำนวนเมล็ดซึ่งนิยมรายงานเป็นน้ำหนัก 100 เมล็ดหรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมและแปรปรวนไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย ความชื้นและสภาพภูมิอากาศ จากการตรวจสอบน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดของข้าวไทยจำนวน 344 พันธุ์ พบว่า มีน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 1.62-4.17 กรัม ซึ่งน้ำหนักเมล็ดมีความสัมพันธ์กับความยาวและความกว้างของเมล็ด

**2.3.1.1 สีของเมล็ดข้าวเปลือก (hull color)** เป็นลักษณะประจำพันธุ์ซึ่งมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ข้าวในอดีต สีของเมล็ดข้าวเปลือกเมื่อยังอ่อนและเมื่อสุกแก่ก็มีสีต่างกัน เช่น เมล็ดข้าวเมื่อยังอ่อนจะมีเปลือกสีขาว และเมื่อสุกแก่อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลเข้มได้หรือเมล็ดข้าวเมื่อยังอ่อนมีสีแตกต่างกันแต่เมื่อเมล็ดแก่เปลือกอาจเปลี่ยนเป็นสีเดียวกันได้ สีของเมล็ดข้าวเปลือกที่พบ มีทั้งสีขาว (white) สีฟาง (staw) น้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (light to dark brown) ร่องน้ำตาล (brown furrows) กระจน้ำตาล (brown spots) น้ำตาลแดง (reddish brown) และม่วงหรือดำ (shades of purple or sooty black) เป็นต้น

**2.3.1.2 สีข้าวกล้อง (pericarp color)** แสดงออกที่เยื่อหุ้มผลสำหรับส่วนที่เป็นแป้ง (endosperm) ของข้าวทุกชนิดมีสีขาวเสมอถึงแม้ข้าวกล้องจะเป็นสีอื่นก็ตามข้าวกล้องอาจมีสีแตกต่างกัน เช่น ขาวแดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงเกือบถึงดำ สีข้าวกล้องมีผลต่อคุณภาพการสี คือ ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนานหรือใช้แรงกดมากเพื่อทำให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออกซึ่งอาจทำให้เกิดข้าวหักมากมีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดน้อย ดังนั้นข้าวกล้องที่มีสีอ่อนจึงเป็นที่ต้องการ

**2.3.1.3 ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension)** เป็นลักษณะประจำพันธุ์มีความแตกต่างกันขึ้นกับ พันธุ์และสภาพพื้นที่ปลูก ขนาดรูปร่างเมล็ด ได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) ของเมล็ด เช่น ข้าวอินดิแก้ามีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว ข้าวจาปอนิก้ามีรูปร่างเมล็ดสั้นและกลม ส่วนข้าวจาวานิก้ามีเมล็ดกว้างและหนา เป็นต้น (ตารางที่ 2.1, 2.2)

**2.3.1.4 ลักษณะท้องไข (chalkiness)** มีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น ข้าวท้องปลาชิว ข้าวท้องขาวหรือข้าวจอกก็ ท้องไขในเมล็ดข้าว หมายถึง จุดศูนย์กลางของเซลล์ในส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด (endosperm) เกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆ ของเม็ดแป้ง (starch granule) กับโปรตีน (protein body) ลักษณะท้องไขในเมล็ดเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในการค้าข้าว เนื่องจากข้าวที่เป็นท้องไขมากเมื่อนำไปสีทำให้ข้าวหักมากหรือได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดน้อย (head rice yield) ลักษณะท้องไขในเมล็ดข้าวมี 3 ชนิด คือ

(1) white center หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นตรงกลางของส่วนที่เป็นแป้งในเมล็ด (endosperm)

(2) white belly หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นทางด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพพะ

(3) white back หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดทางด้านหลังของเมล็ดหรือด้านตรงข้ามกับคัพพะ ข้าวไทยส่วนใหญ่เป็นท้องไข่น้อยยกเว้นข้าวขึ้นน้ำและมักเป็นชนิด white belly ส่วน white center และ white back มีน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

### ตารางที่ 2.1 ขนาดเมล็ดจำแนกตามความยาว

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มิลลิเมตร)
ยาวมาก	มากกว่า 7.500
ยาว	7.060-7.500
ค่อนข้างยาว	6.610-7.059
ปานกลาง	6.101-6.609
ค่อนข้างสั้น	5.510-6.100
สั้น	น้อยกว่า 5.500

(กัญญา, 2541)

### ตารางที่ 2.2 รูปร่างเมล็ดจำแนกโดยใช้สัดส่วน ความยาวต่อความกว้าง

รูปร่างเมล็ด	ความยาวต่อความกว้าง
เรียวยาว	มากกว่า 3.0 ขึ้นไป
ปานกลาง	2.1-3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.0

(กัญญา, 2541)

**2.3.1.5 ความขาวของข้าวสาร (milled rice whiteness)** หมายถึง ข้าวที่ผ่านการขัดสีจนเป็นข้าวสารแล้วมีสีขาวเสมอ เพราะเหลือส่วนที่เป็นแป้ง (endosperm) ของเมล็ด



แต่ข้าวสารอาจมีความขาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี องค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดข้าว และระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก

**2.3.1.6 ความใสของข้าวสาร (grain translucency)** ความใสของข้าวสาร เป็นคนละลักษณะกับท้องไข่ ซึ่งหมายถึง ความทึบแสงหรือความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ดโดยจะสังเกตเห็นความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ส่วนในเมล็ดข้าวเหนียวที่แห้งมักมีลักษณะขาวขุ่นเพียงอย่างเดียวความใสของข้าวสารนั้น อาจขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว และสภาพพื้นที่ปลูก ซึ่งพบว่า ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีเมล็ดใสมากกว่าข้าวที่ปลูกในภาคกลาง

### 2.3.2 คุณภาพทางเคมี

**2.3.2.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)** แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แป้ง (starch) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เซลลูโลส (cellulose) และน้ำตาล (sugars) คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในข้าวคือ แป้งซึ่งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (อรอนงค์, 2532; Juliano, 1985b)

ปริมาณอะไมโลส (amylose content) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณสมบัติต่างกัน มีผลต่อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวและมีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพของข้าวสุก แม้ว่าในข้าวจะมีอะไมโลสน้อยกว่าอะไมโลเพคตินแต่โดยทั่วไปนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยถือปริมาณอะไมโลสเป็นหลัก ซึ่งอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute, IRRI) ได้แบ่งข้าวออกตามปริมาณอะไมโลสเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวเหนียว ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง และข้าวเจ้าอะไมโลสสูง (งามชื่น, 2538; Goodman and Rao, 1984) (ตารางที่ 2.3)

**ตารางที่ 2.3** การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	2-9	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	9-20	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	20-25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	25-33	ร่วน แข็ง

ที่มา: Juliano (1982)

ปริมาณอะไมโลเพคติน (amylopectin content) เป็นส่วนประกอบหลักในแป้งข้าว คำนวณได้โดยทางอ้อมจากปริมาณอะไมโลส ซึ่งอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสกับอะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพและเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (Villareal et al., 1976) นอกจากนี้โครงสร้างของอะไมโลเพคตินยังมีผลต่อคุณสมบัติของข้าวสุกอีกด้วยโดยอะไมโลเพคตินที่มีสายยาวจะมีความสามารถในการจับกับองค์ประกอบอื่นๆที่อยู่ในเมล็ดข้าว เช่น โปรตีน และไขมันได้มากกว่าอะไมโลเพคตินสายสั้น จึงมีผลยับยั้งความนุ่มของข้าวสุก (Ong and Blanshard, 1995)

**2.3.2.2 โปรตีน (protein)** โดยทั่วไปเอนโดสเปิร์มของข้าวเจ้ามีโปรตีนประมาณร้อยละ 4-14 ซึ่งมากเป็นอันดับสองรองจากแป้ง โปรตีนในเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอยู่ประมาณร้อยละ 7.81 ซึ่งมักขึ้นอยู่กับฤดูกาลเพาะปลูก (Leach et al., 1959) โปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ทำให้เกิดประจุบนพื้นผิวเม็ดแป้งที่มีผลต่อการกระจายตัวของเม็ดแป้งและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลลาตินในเซชัน ซึ่งทำให้เกิด Millard reaction ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ ทำให้สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง (กล้าณรงค์, 2542)

**2.3.2.3 ไขมัน (lipid)** ไขมันในเมล็ดข้าวพบในส่วนรำ (bran) มากที่สุด คือประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแห้ง ในส่วนของข้าวสารมีไขมันประมาณร้อยละ 1.5-1.7 ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ non-starch lipids กรดไขมันอิ่มตัวที่สำคัญ ได้แก่ linoleic oleic และ palmitic acids (Juliano, 1993) ส่วนไขมันที่พบในเอนโดสเปิร์มแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ starch lipids เป็นไขมันที่อยู่ในเม็ดแป้งประกอบด้วยกรดไขมันอิสระร้อยละ 32 และ lysophosphatidyl choline ร้อยละ 68 (Morrison et al., 1984) และ non-starch lipids เป็นไขมันที่กระจายอยู่ในเอนโดสเปิร์มแต่มีโครงสร้างต่างกัน คือ มีองค์ประกอบหลักที่เป็นทั้ง triglycerides และไขมันที่ไม่มีขั้วอื่นๆ เช่น ไขมันที่รวมอยู่ใน spherosome (Thomas and Atwell, 1999) องค์ประกอบของ non-starch lipids (ร้อยละ 82-91) ได้แก่ triglycerides ร้อยละ 73-82, phospholipids ร้อยละ 7-10, glycolipids ร้อยละ 2-8 และพบว่า ข้าวสารชนิด non-waxy (มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 24 และ 29) มีสัดส่วนของ starch lipids มากกว่า และ non-starch lipids น้อยกว่า เมื่อเทียบกับข้าวสารชนิด waxy (มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 2) นอกจากนี้ Choudhury and Juliano (1980) รายงานว่า ไขมันสามารถรวมตัวกับอะไมโลสได้เป็น amylose-lipid complex ที่ไม่ละลายน้ำทำให้แป้งมีแนวโน้มลดการพองตัวและการละลายเมื่อให้ความร้อนสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น (Oates, 1997)

**2.3.2.4 ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)** ข้าวบางพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากันทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) จึงได้คิดหาวิธีการทดสอบคุณภาพในการรับประทานให้แน่ชัดยิ่งขึ้น เรียกว่า gel consistency test โดย

อาศัยหลักการทำให้แบ่งใส โดยการต้มในสารละลายต่างแล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและวัดระยะทางที่แบ่งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ ซึ่งแบ่งข้าวตามความคงตัวของแบ่งสุกดังตารางที่ 2.4 (Champange et al., 1973; Juliano, 1985a)

**2.3.2.5 ค่าการสลายเม็ดในต่าง (alkali spreading value)** เป็นการทดสอบการแตกตัวของเมล็ดข้าวโดยการแช่เมล็ดข้าวในสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Juliano et al., 1982; Juliano, 1985a) แสดงในตารางที่ 2.5 และค่าการสลายเม็ดในต่างจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชัน (ตารางที่ 2.6)

**ตารางที่ 2.4** การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแบ่งสุก

ความคงตัวของแบ่งสุก	ระยะทางที่แบ่งไหล (มิลลิเมตร)
แข็ง	ต่ำกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา : Juliano (1985a)

**ตารางที่ 2.5** การประเมินค่าการสลายเม็ดในต่าง

คะแนน	ลักษณะการสลายของเมล็ด
1	เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดพองตัว
3	เมล็ดพองตัว มีแบ่งกระจายออกจากเมล็ด แต่ไม่โดยรอบหรือแคบ
4	เมล็ดพองตัว มีแบ่งกระจายออกจากเมล็ด โดยรอบและกว้าง
5	เมล็ดแตกปริทางขวางหรือทางยาว แบ่งกระจายออกโดยรอบและกว้าง
6	เมล็ดสลายรวมกับแบ่งที่กระจายออกมา
7	เมล็ดสลายจนหมด แบ่งใส

ที่มา: Juliano (1985a)

ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของค่าการสลายเมล็ดในต่างกับอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชัน

ค่าการสลายเมล็ดในต่าง	อุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชัน	องศาเซลเซียส
1-3	สูง	มากกว่า 74
4-5	ปานกลาง	70-74
6-7	ต่ำ	น้อยกว่า 69

ที่มา: Juliano (1985a)

## 2.4 ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้จากการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์โดย นายสุนทร สีหะเนิน ที่ได้ทำการรวบรวมข้าวจากอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อ พ.ศ. 2493-2494 จำนวน 199 รวง ปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง แล้วปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ในท้องถิ่น ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนได้สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 4-2-105 ซึ่งเลข 4 หมายถึง สถานที่เก็บรวงข้าว คืออำเภอบางคล้า เลข 2 หมายถึงพันธุ์ทดสอบที่ 2 คือ ข้าวดอกมะลิ และเลข 105 หมายถึง แถวหรือรวงที่ 105 จากจำนวน 199 รวง (กรมการข้าว, 2558) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นชื่อที่ผู้บริโภคและผู้ค้าข้าวนิยมเรียกว่า “ข้าวหอมมะลิ” โดยเพี้ยนมาจาก “ข้าวดอกมะลิ” และมีชื่อทางการว่า “ข้าวขาวดอกมะลิ 105” ความหมายคือ ข้าวพันธุ์นี้จัดอยู่ในประเภทข้าวขาวเพราะข้าวเปลือกมีสีขาวหรือสีฟางและมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดอกมะลิ และหมายเลข 105 หมายถึงขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (สุนทร, 2539) ซึ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีลักษณะ คือเป็นข้าวเจ้าพันธุ์ไวแสงประเภทข้าวเบาลำต้นสูงประมาณ 140-150 เซนติเมตร มีต้นและใบค่อนข้างเล็ก ใบยาวสีเขียวอ่อน การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดีทนต่อความแห้งแล้งดินเปรี้ยวและดินเค็มได้ดี

## 2.5 ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตข้าว

ข้าวที่ได้จากการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ เป็นการผลิตที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารควบคุมและกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรคแมลงและศัตรูข้าวในทุกขั้นตอนการผลิต และระหว่างการผลิตเก็บรักษาผลผลิต แต่ใช้สารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อให้ต้นข้าวมีความอุดมสมบูรณ์แข็งแรงตามธรรมชาติ ทนต่อโรคและแมลงศัตรูพืช หากมีความจำเป็นให้ใช้สารสกัดจากพืช

ธรรมชาติตามที่บัญญัติให้ใช้ได้ ผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพดี ทำให้ชาวนาและผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดี และเป็นการทำเกษตรที่ยั่งยืน (สถาบันวิจัยข้าว, 2542)

เกษมศักดิ์ (2546) ได้ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับผลดีและผลเสียของการปลูกข้าวอินทรีย์พันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ไว้ดังนี้

ผลต่อสภาพเศรษฐกิจของเกษตรกร มีผลดี คือ ต้นทุนการผลิตลดลงโดยเฉพาะจากการ ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและสารเคมีควบคุมศัตรูพืชขายข้าวได้ราคาสูงทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น ส่วน ผลเสีย พบว่า โดยทั่วไปการปลูกข้าวอินทรีย์ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ

ผลต่อสภาพสังคมของเกษตรกร พบว่า มีผลดี โดยทำให้เกษตรกรได้บริโภคข้าวที่ ปลอดภัยและมีสุขภาพกายและจิตดีขึ้นทั้งนี้เพราะมีความวิตกกังวลต่อการเกิดโรคภัยไข้เจ็บที่มีสาเหตุ มาจากการปนเปื้อนของสารเคมีในผลิตผลข้าวลดลง แต่มีผลเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการปลูกดูแลและ บำรุงรักษาข้าวอินทรีย์มากขึ้นทำให้มีเวลาดูแลครอบครัวและเวลาในการไปหารายได้สมทบจากทาง อื่นน้อยลง

ผลต่อสภาพแวดล้อม มีผลดี คือ ทำให้สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสภาพนิเวศของ สิ่งมีชีวิตรวมทั้งเกษตรกรในพื้นที่มีสภาพดีขึ้นและรวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับระบบ การเกษตรโดยทั่วไปด้วย ส่วนผลเสีย คือ การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมโดยการปลูกข้าวอินทรีย์เห็นผลช้า และจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือของชุมชนและต้องอาศัยงบประมาณสนับสนุนจากภาครัฐและหรือ เอกชนด้วย

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อของการปลูกข้าว ตามประเด็นต่าง ๆ พบว่า ข้าวอินทรีย์ผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นมากถ้ามีการปลูกข้าวอินทรีย์มากกว่า 5 ปีขึ้นไปส่วนในระยะ 5 ปีแรก ของการปลูกข้าวอินทรีย์ผลผลิตข้าวเฉลี่ยจะลดลงหรือยังไม่เพิ่มขึ้น อย่างเด่นชัด ข้าวเคมีทั้งในระยะสั้นและระยะยาวผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นมากกว่าการปลูกข้าวอินทรีย์ ส่วนจะเพิ่มมากขึ้นแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับดิน ปุ๋ย พืช สภาพภูมิอากาศ และ การปฏิบัติดูแล ว่าจะมีความเหมาะสมเพียงใด (เกษมศักดิ์, 2547ข)

นอกจากนี้ การผลิตข้าวอินทรีย์ในระยะสั้นมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเศรษฐกิจและ สังคมของเกษตรกรจะยังไม่เห็นผลชัดเจน ส่วนในระยะยาวการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเศรษฐกิจและ สังคมของเกษตรกร จะเห็นผลชัดเจนมากขึ้น เช่น ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างยั่งยืน รวมทั้ง อาจมีสุขภาพสุขอนามัยที่ดีขึ้นด้วย พื้นที่นาอินทรีย์มีสภาพนิเวศที่ดีขึ้นและดินในพื้นที่นาอินทรีย์มีความ อุดมสมบูรณ์มากขึ้นเป็นต้น ส่วนผลของการผลิตข้าวเคมีในระยะสั้น พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรเห็นผลชัดเจน ส่วนระยะยาวการเปลี่ยนแปลงสภาพทาง เศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรจะเห็นผลชัดเจนเช่นกัน แต่ในขณะเดียวกันอาจเกิดผลกระทบ ในทางลบติดตามมา เช่น ทำให้เกษตรกรเป็นหนี้สินมากขึ้น จากการใช้สารเคมีที่มีราคาแพงและอาจมี

โรคภัยไข้เจ็บมากขึ้นหรือมีสภาพสุขอนามัยที่ไม่ดีเหมือนเกษตรกรที่ปลูกข้าวอินทรีย์ และทำให้มีสารเคมีตกค้างในดิน ในแหล่งน้ำธรรมชาติ และในระบบนิเวศ (เกษมศักดิ์, 2544, 2547ก, 2547ข)

## 2.6 ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพข้าว

### 2.6.1 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรนิยมใช้ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยคอก ซึ่งปุ๋ยแต่ละชนิดจะส่งผลต่อพืชแตกต่างกัน ซึ่งรายงานของศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสด อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ได้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกัน ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 479-514 กิโลกรัม/ไร่ การใส่แกลบอย่างเดียวให้ผลผลิต 441 กิโลกรัม/ไร่ ต่ำกว่าใส่ปุ๋ยอย่างอื่น และ การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 6-4-4 กิโลกรัม/ไร่ (กรรณิการ และคณะ, 2552)

การศึกษาการใช้แกลบและขี้เถ้าแกลบ พบว่า การใช้แกลบและขี้เถ้าแกลบ ติดต่อกัน 21 ปี ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นและทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (ประเสริฐ และคณะ, 2542) และการใส่แกลบแห้ง อัตราที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0-600 กิโลกรัม/ไร่จะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น (มณฑียร และคณะ, 2542) ซึ่ง ประเสริฐ และคณะ (2542) ได้รายงานว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว 12 ปี ทำให้อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในดินนาที่ สถานีทดลองข้าวราชบุรี สถานีทดลองข้าวพิมาย และสถานีทดลองข้าวสุรินทร์ การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว ในสองปีแรกจะให้ผลผลิตข้าว กข 7 เพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่เมื่อใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวในปีที่สาม ผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 12 ปี (พ.ศ. 2519-2530) ที่สถานีทดลองข้าวราชบุรี 20 ปี (พ.ศ. 2519-2538) ที่สถานีทดลองข้าวพิมาย และ 22 ปี (พ.ศ. 2519-2540) ที่สถานีทดลองข้าวสุรินทร์ พบว่า ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตราที่เพิ่มขึ้น ให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราสูงสุดที่ใช้ในการทดลอง คือ 2,000 กิโลกรัม/ไร่ และผลผลิตของข้าวจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของปุ๋ยหมักฟางข้าว เมื่อใส่ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัม/ไร่ จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 32 และให้ปุ๋ยในอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 49 นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยหมักยังช่วยให้ส่งเสริมการดูดฟอสฟอรัส ให้สูงขึ้นได้อีกด้วย (ประเสริฐ, 2543) ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นจะช่วยส่งเสริมระบบของรากข้าว ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มผลผลิตของข้าว (Yamazaki and Harada, 1982) และ Abe et al. (1995). ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวช่วยเพิ่มปริมาณของรากข้าว



## 2.6.2 ปุ๋ยเคมี

การใช้ปุ๋ยเคมี ควรคำนึงถึงอัตราปุ๋ย ชนิดของปุ๋ย และการใส่อย่างถูกต้องเพื่อไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อพืช เพราะถ้าใส่ในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลเสียต่อพืชได้ โดยปุ๋ยเคมีแต่ละสูตรจะส่งผลต่อการปลูกข้าวที่แตกต่างกัน

การศึกษาของ Perezc et al. (1996) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะออกดอก ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว และผลผลิตข้าวได้ถึงร้อยละ 30-60 นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนยังช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเมล็ด และโภชนาการของเมล็ดข้าวได้อีกด้วย นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนยังช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเมล็ด และโภชนาการของเมล็ดข้าวได้อีกด้วย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนยังมีผลทำให้จำนวนก่อก้าวเพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ จำนวนช่อดอกต่อรวง และจำนวนเมล็ดต่อรวง เพิ่มสูงขึ้นด้วย (Von Uexküll, 1993)

ด้านของอิทธิพลของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีการศึกษาที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจน การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในนาข้าว พบว่า เมื่อน้ำขังปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายดินจะเพิ่มขึ้นในช่วง 4-10 สัปดาห์ หลังจากดินถูกน้ำท่วม จะเพิ่มขึ้นมากหรือน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน และปริมาณฮิวมัสในดิน ซึ่งเมื่อปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง ข้าวจะไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสเลย (Ponnamperuma, 1972) ส่วนโพแทสเซียม ข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มที่เป็นดินเหนียว จะมีปริมาณโพแทสเซียมในรูป  $K^+$  ที่แลกเปลี่ยนประจุในดินได้สูง จึงมักจะไม่มีพบข้าวขาดธาตุโพแทสเซียม แต่ถ้าในดินร่วนปนทราย ปริมาณธาตุโพแทสเซียมอาจไม่เพียงพอ หากปลูกข้าวติดกันเป็นเวลานาน จึงต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มให้แก่ข้าว (วิโรจ, 2531) ซึ่งการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมโดยการหว่านอัตรา 13-21 กิโลกรัม/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวขนาดอนให้สูงขึ้นได้ (Fageria, 1990)

## 2.7 มาตรฐานสินค้าเกษตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559)

### 2.7.1 มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552)

#### 2.7.1.1 หลักการของเกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์ต้องเป็นไปตามหลักการดังนี้

- (1) พัฒนาระบบการผลิตไปสู่แนวทางเกษตรผสมผสานที่มีความหลากหลายของพืชและสัตว์
- (2) พัฒนาระบบการผลิตที่พึ่งพาตนเองในเรื่องของอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารภายในฟาร์ม
- (3) ฟื้นฟูและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและคุณภาพน้ำด้วย

อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสดอย่างต่อเนื่องโดยใช้ทรัพยากรในฟาร์มมาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

(4) รักษาความสมดุลของระบบนิเวศและความยั่งยืนของระบบ  
 (5) ป้องกันและหลีกเลี่ยงการปฏิบัติที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม  
 (6) ยึดหลักการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปผลผลิตที่เป็นวิธีการธรรมชาติ ประหยัดพลังงาน และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

(7) รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ ของระบบการเกษตรและระบบนิเวศรอบข้างรวมทั้งการอนุรักษ์แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของพืชและสัตว์ป่า

(8) รักษาความเป็นอินทรีย์ตลอดห่วงโซ่การผลิต แปรรูป และจำหน่าย  
 (9) หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ตลอดกระบวนการผลิต แปรรูป และเก็บรักษา

(10) ผลผลิต ผลิตภัณฑ์ หรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ต้องไม่มาจากการตัดแปรพันธุกรรม

(11) ผลิตภัณฑ์หรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ต้องไม่ผ่านการฉายรังสี

### 2.7.1.2 ข้อกำหนดวิธีการผลิตพืชอินทรีย์

(1) ข้อกำหนดวิธีผลิตพืชอินทรีย์ต้องให้นำมาใช้ปฏิบัติตลอดระยะเวลาปรับเปลี่ยนเป็นเวลาอย่างน้อย 12 เดือน ก่อนปลูกสำหรับพืชล้มลุก และ 18 เดือนก่อนเก็บเกี่ยวผลิตผลอินทรีย์ครั้งแรกสำหรับพืชยืนต้น โดยระยะเวลาปรับเปลี่ยน นับตั้งแต่ผู้ผลิตได้นำมาตรฐานนี้ไปปฏิบัติแล้ว และสมัครขอรับการรับรองต่อหน่วยรับรอง

(2) ในกรณีที่มีหลักฐานแสดงได้ว่าไม่มีการใช้สารเคมีห้ามใช้ในพื้นที่ที่ขอการรับรอง มาเป็นเวลานานเกินกว่า 12 เดือนสำหรับพืชล้มลุก และ 18 เดือนสำหรับพืชยืนต้น ผู้ผลิตสามารถขอลดระยะเวลาปรับเปลี่ยนลงโดยการยอมรับจากหน่วยรับรอง แต่ระยะเวลานับจากการยื่นขอรับการรับรองจนหน่วยรับรองให้การรับรองผลผลิตว่าเป็นอินทรีย์ จะต้องไม่น้อยกว่า 6 เดือน

(3) หน่วยรับรองอาจพิจารณาเพิ่มระยะเวลาปรับเปลี่ยนที่นานกว่าที่กำหนดใน ข้อ 1 หากมีข้อมูลจากประวัติการใช้พื้นที่แสดงว่าได้มีการใช้สารเคมีในปริมาณมากมาก่อนหน้านั้น

(4) ถ้าฟาร์มที่ไม่ได้เปลี่ยนเป็นเกษตรอินทรีย์พร้อมกันทั้งหมด ผู้ผลิตสามารถทยอยเปลี่ยนพื้นที่บางส่วนได้ แต่ต้องเป็นพืชต่างชนิดหรือต่างพันธุ์ที่แยกแยะความแตกต่างของผลผลิตได้ มีการแบ่งแยกพื้นที่และกระบวนการจัดการให้ชัดเจน และผลิตผลเกษตรอินทรีย์จะต้องไม่ปะปนกับผลผลิตจากพื้นที่ที่ไม่ใช่เกษตรอินทรีย์



(5) พื้นที่ที่ทำเกษตรอินทรีย์แล้วต้องไม่เปลี่ยนกลับไปทำการเกษตรที่ใช้สารเคมี

(6) ผู้ผลิตต้องมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนที่อาจมาจากทางดิน น้ำ อากาศ เช่น สิ่งกีดขวาง ทำคั่นกัน หรือปลูกพืชเป็นแนวกันชน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน จากแปลงข้างเคียง หรือจากแหล่งมลพิษ โดยวิธีการต้องเหมาะสมกับความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อน

(7) ต้องรักษาหรือเพิ่มระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและกิจกรรมทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ในดิน ได้แก่ มีการปลูกพืชตระกูลถั่ว การใส่ปุ๋ยพืชสด การใช้พืชรากลึกในการปลูกหมุนเวียน การใส่วัสดุอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้จากแปลงปลูกพืชหรือฟาร์มปศุสัตว์ที่ปฏิบัติตามมาตรฐานนี้ การเร่งปฏิกิริยาของปุ๋ยอินทรีย์อาจใช้เชื้อจุลินทรีย์หรือวัสดุ จากพืชที่เหมาะสมได้การใช้สิ่งที่ได้จากการเตรียมทางชีวพลวัต (biodynamic preparations) จากหินบด ปุ๋ยคอก เป็นต้น

(8) การควบคุมหรือป้องกันกำจัดศัตรูพืช โรคพืช และวัชพืชต้องดำเนินการโดยใช้มาตรการใดมาตรการหนึ่งหรือหลายมาตรการรวมกัน ได้แก่ การเลือกใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสมการปลูกพืชหมุนเวียนการใช้เครื่องมือกล การเพาะปลูกการอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืชโดยจัดหาที่อยู่อาศัยให้ เหมาะสม เช่น แนวป่าละเมาะ แนวรั้วต้นไม้พุ่มเตี้ย และแหล่งอาศัยของนก การมีแนวกันชน เพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพที่เป็นแหล่งอาศัยของศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืชการรักษาระบบนิเวศ เช่น ทำพื้นที่ป้องกันการชะล้างของดินการปลูกพืชหมุนเวียน การใช้ศัตรูธรรมชาติรวมถึงการปล่อยสิ่งมีชีวิตที่ทำลายศัตรูพืชได้ เช่น ใช้ตัวห้ำ (predator) และตัวเบียน (parasite) การใช้สิ่งที่ได้จากการเตรียมทางชีวพลวัตจากหินบด ปุ๋ยคอก หรือวัสดุจากพืช การคลุมหน้าดินและการรักษาหญ้าด้วยการตัดแต่ง (ไม่ใช่การไถออก)การกำจัดวัชพืชโดยใช้สัตว์เลี้ยง โดยในกรณีพืชอาหาร ต้องระวังป้องกันการปนเปื้อนของ จุลินทรีย์ก่อโรคจากมูลสัตว์สู่ ส่วนที่บริโภคได้ของพืช การควบคุมโดยวิธีกล เช่น การใช้กับดักหรือใช้ไฟล่อ และใช้ เสียงขับไล่

(9) เมล็ดพันธุ์หรือส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์ ต้องมาจากระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ ยกเว้นในกรณีจำเป็นที่แสดงให้เห็นว่าหาเมล็ดพันธุ์หรือส่วนที่ขยายพันธุ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดไม่ได้ อาจอนุญาตให้ใช้เมล็ดพันธุ์ หรือส่วนที่ขยายพันธุ์จากแหล่งทั่วไปได้ โดยเมล็ดพันธุ์หรือส่วนที่ขยายพันธุ์นั้นต้องไม่ผ่านการใช้สารเคมี กรณีที่หาเมล็ดพันธุ์หรือส่วนที่ขยายพันธุ์ที่ไม่ใช้สารเคมีไม่ได้ จะต้องมามีวิธีการกำจัดสารเคมีออกอย่างเหมาะสมก่อนนำมาใช้ และต้องได้รับการยอมรับจากหน่วยรับรองหรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่เกี่ยวข้อง

(10) พืชและส่วนของพืชที่ใช้บริโภค ซึ่งได้จากธรรมชาติจัดว่าเป็นผลผลิตอินทรีย์ต่อเมื่อมีคุณสมบัติ ดังนี้ ผลผลิตมาจากบริเวณที่มีการกำหนดขอบเขตชัดเจนว่าเป็น พื้นที่ธรรมชาติ โดยเป็นพื้นที่ที่ไม่เคยใช้ทำการเกษตรหรือไม่ เคยใช้สารเคมีที่ห้ามใช้อย่างน้อย 3 ปี และการเก็บเกี่ยวผลผลิตนั้นจะต้องผ่านการตรวจรับรองจากหน่วยรับรอง การเก็บเกี่ยวผลผลิตจาก

ธรรมชาติ ต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในพื้นที่ดังกล่าวรวมทั้งไม่มีผลกระทบต่อการรักษาพันธุ์พืชชั้นในบริเวณนั้นไว้

### 2.7.1.3 การผลิตข้าวอินทรีย์

ข้าวอินทรีย์ เป็นการผลิตข้าวที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี หรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดแมลง และศัตรูของข้าว ในทุกขั้นตอนที่ผลิต และระหว่างการรักษาผลผลิต แต่เน้นการใช้สารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อให้ต้นข้าวมีความแข็งแรงและสมบูรณ์ตามธรรมชาติ สามารถต้านทานต่อโรค และแมลงศัตรูได้ดี (กรมการข้าว, 2549) หากมีความจำเป็นต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชแนะนำให้ใช้วัสดุจากธรรมชาติ หรือสกัดจากพืชตามบัญชีที่อนุญาตให้ใช้ได้ และใช้ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร หรือคำแนะนำในฉลากที่ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายและมีสารพิษตกค้างปนเปื้อนในผลผลิต ในดิน และในน้ำ (กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2552)

การผลิตข้าวอินทรีย์นั้นจะต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจด้านระบบธรรมชาติ ระบบทรัพยากร ระบบการจัดการ และดูแลแปลงของตนเอง และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดศักยภาพสูงสุดในการปลูกข้าวในระบบอินทรีย์ที่ต้องพึ่งสิ่งแวดล้อมเป็นหลักในการผลิต เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตข้าวอินทรีย์ที่สำคัญ คือ ชนิด และพันธุ์ การจัดการทั้งในแปลง และหลังเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อการผลิตในระบบอินทรีย์ (แสวง, 2548)

ปัจจัยสำคัญในการปลูกข้าวอินทรีย์ คือ การเลือกพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ และต้องรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อรักษาระดับผลผลิต ให้มีความยั่งยืน โดยเฉพาะการจัดการธาตุอาหารหลักของพืช พื้นที่นาข้าวอินทรีย์จะต้องไม่เผาตอซัง ฟางข้าวและเศษซากพืช รวมทั้งควรหาวัสดุอินทรีย์จากพื้นที่ข้างเคียงใส่เพิ่มเติมเข้าไปด้วย การปลูกพืชตระกูลถั่วจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาว ควรปลูกพืชคลุมดินในระยะไม่ปลูกข้าว นอกจากเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำดินแล้ว ยังเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินอีกด้วย (กรมการข้าว, 2549)

ปุ๋ยอินทรีย์ คือ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ และเป็นสารปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น มีแหล่งกำเนิดมาจากสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น ปุ๋ยอินทรีย์จะมีธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปริมาณต่ำ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยธรรมชาติเป็นปุ๋ยที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำ จึงต้องใช้ในปริมาณมาก และต่อเนื่องอย่างน้อยเป็นเวลา 1-2 ปี ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยปรับสภาพโครงสร้างทางกายภาพของดิน และสามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินได้ เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Mamail, 2004) และปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืชอย่างช้าๆ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใช้ในปริมาณสูง

ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินให้โปร่ง ร่วนซุยทำให้ระบายน้ำได้ดี ขณะเดียวกันปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำไว้ได้มาก ดินที่ปลูกพืชมานาน และขาดอินทรีย์วัตถุ ดินจะแน่นทึบ การระบายน้ำไม่ดี เมื่อแห้งจะแข็ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็นการทำให้แร่ธาตุที่พืชดูดดึงเอาไปใช้จากดินเดิมกลับคืนลงในไร่นา เป็นการชะลอการสูญเสียปุ๋ยเดิมของดินให้น้อยลง (ประเสริฐ, 2543) อินทรีย์วัตถุที่ได้จากการใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด ลงในดินอย่างต่อเนื่องเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง การใส่อินทรีย์วัตถุ ซึ่งช่วยบำรุงดิน โครงสร้างดิน ทำให้ดินมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (สุภาพร, 2549)

ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบพืช และคลุมเคล้าลงสู่ดิน เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น โดยได้จากการปลูกพืชบางชนิด เมื่อเจริญเติบโตถึงระยะที่พืชเริ่มออกดอกถึงระยะดอกบาน จะไถกลบลงในดิน หรือได้จากการไถกลบเศษซากพืชจากตอซังพืชที่เหลือทิ้งในไร่นา หลังจากซากพืชย่อยสลายโดยสมบูรณ์จึงปลูกพืชหลัก ซึ่งจากรายงานของ สุรชัย และคณะ (2542) กล่าวว่า การปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตข้าวอินทรีย์ เพราะได้ธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว ต้นทุนการผลิตต่ำสามารถทำได้อย่างต่อเนื่องในนาหว่านข้าวแห้งสามารถหว่านถั่วเขียวได้ด้วยซึ่งจะช่วยควบคุมวัชพืชได้ดี เมื่อมีน้ำขังต้นถั่วเขียวจะตายเป็นปุ๋ยพืชสดไปในตัว ส่วนในดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี ควรใช้ไสอินทรีย์ หว่านหรือยอดก่อนปักดำข้าวประมาณ 70 วัน และไถกลบขณะที่ต้นไสมีอายุ 50-55 วัน ก็จะได้ธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต

ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลว และของแข็ง ส่วนใหญ่จะเป็นมูลสัตว์เลี้ยง เช่น มูลวัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วย อุจจาระ และปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนของซากพืช และสัตว์จากอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อย ปัสสาวะก็จะเป็นส่วนประกอบของเกลือ และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ปุ๋ยคอกที่ได้จากสัตว์ต่างชนิดกันจะมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ปุ๋ยคอกมูลไก่เป็นปุ๋ยคอกที่มีปริมาณธาตุอาหาร คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปริมาณที่สูงกว่าปุ๋ยคอกที่ได้จาก มูลโค กระบือ และเป็ด (มุกดา, 2545) มีการศึกษาการใส่ปุ๋ยคอกในข้าว 2 พันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ และ กข 23 พบว่า ปุ๋ยมูลไก่สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญในข้าวพันธุ์ กข 23 โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ และจะให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 600 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นั้นจะตอบสนองต่อปุ๋ยมูลไก่เมื่ออายุ 14 วัน หลังปักดำ ใส่ในอัตรา 300-600 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ร้อยละ 16-32 และ 33-34 ตามลำดับ และในการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปักดำ 1 สัปดาห์ จะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็น 361.6 กิโลกรัมต่อไร่ จากไม่ใส่ปุ๋ย คือ 260.8 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 8 กิโลกรัมต่อไร่ (Haefele et al., 2006)

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำเศษซากพืช ซากสัตว์ และวัสดุต่างๆ ที่เป็นอินทรีย์วัตถุที่มนุษย์นำไปทิ้งเป็นขยะ โดยผ่านการหมักสารอินทรีย์ในให้สลายตัวผู้ฟังกตามธรรมชาติ โดยนำสิ่งเหล่านั้นมากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้น แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินโปร่ง เพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้การระบายน้ำ และอากาศในดินดีขึ้น ทั้งช่วยให้ดินอุ้มน้ำ และดูดซึมธาตุอาหารพืชดีขึ้น (มุกดา, 2545) ซึ่งปุ๋ยหมักจากฟางข้าวสามารถช่วยให้ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น ช่วยให้การดูดธาตุไนโตรเจนของพืชดีขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตของราก และต้นสูงขึ้น เป็นผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น (กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, 2547) และจากรายงานของ วารี และคณะ (2543) พบว่า การใช้ฟางข้าวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมีเมล็ดดีเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 77.8

**2.7.2 มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.4400-2552) มีเกณฑ์การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย ได้แก่**

1. แหล่งน้ำ น้ำที่ใช้ปลูกต้องได้จากแหล่งที่ไม่มีสภาพแวดล้อมซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนวัตถุหรือสิ่งที่เป็นอันตราย
2. พื้นที่ปลูก ต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีวัตถุหรือสิ่งที่เป็นอันตรายที่จะทำให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในข้าว
3. การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้พื้นฐานในการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ถูกต้องและปลอดภัยให้ใช้ตามคำแนะนำของกรมการข้าวหรือกรมวิชาการเกษตรและคำแนะนำในฉลากที่ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องกับกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ห้ามใช้วัตถุอันตรายที่ระบุในทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ห้ามใช้และกรณีที่เกิดเพื่อส่งออกห้ามใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ประเทศคู่ค้าห้ามใช้
4. การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวและนวดแล้วมีข้าวพันธุ์อื่นปนได้ไม่เกินสัดส่วนโดยน้ำหนักร้อยละ 5 และเมื่อกะเทาะเป็นข้าวกล้อง มีข้าวเมล็ดแดงปนได้ไม่เกินสัดส่วนโดยน้ำหนักร้อยละ 1 การผลิตเพื่อให้ได้ข้าวเปลือกตรงตามพันธุ์ การเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพตรงตามพันธุ์ และมาจากแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เชื่อถือได้ การจัดการการปลูกและการดูแลเพื่อลดปริมาณข้าวเรือและข้าวพันธุ์อื่นปนและมีการบันทึกข้อมูล จำนวนต้นของข้าวพันธุ์อื่นปนให้มีได้ไม่เกินร้อยละ 2 การป้องกันกำจัดศัตรูพืช และความเสียหายของผลิตผลจากศัตรูพืช สำรองการเข้าทำลายของศัตรูพืชที่มีผลต่อข้าว มีการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและข้าววัชพืชอย่างมีประสิทธิภาพด้วยวิธีที่เหมาะสมตามคำแนะนำของกรมการข้าวหากใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรให้ใช้ตามข้อกำหนด

5. การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ข้าวเปลือกมีคุณภาพการสีที่ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดตามมาตรฐาน โดยเก็บเกี่ยวที่ระยะการเก็บเกี่ยวเมื่อ รวงข้าวมีอายุ 25 วัน ถึง 35 วันหลังวันออกดอกหรือ รวงข้าวอยู่ในระยะพลับพลึง ซึ่งเมล็ดข้าวเปลือกในรวงสุกเหลืองไม่น้อยกว่าสามในสี่ ส่วนของรวง อุปกรณ์ เครื่องมือ และภาชนะบรรจุที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและนวดข้าวต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผล และไม่ทำให้เกิดการปนของข้าวพันธุ์อื่น วิธีการเก็บเกี่ยวต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผล และไม่ทำให้เกิดการปนของข้าวพันธุ์อื่นกรณีนวดด้วยเครื่องหรือเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด ถ้าเกี่ยวข้าวพันธุ์อื่นมาก่อนต้องกำจัดข้าวพันธุ์อื่นที่ตกค้างในเครื่องออก หากไม่ได้จำหน่ายเป็นข้าวเปลือกสดให้เริ่มลดความชื้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว วิธีการลดความชื้นต้องไม่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเกิดการแตกหักจนสีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวต่ำกว่าข้อกำหนดในมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องข้าวหอมมะลิไทย เมล็ดข้าวเปลือกแห้งสำหรับการซื้อขาย ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 และสำหรับการเก็บรักษาต้องไม่เกินร้อยละ 14

6. การขนย้ายการเก็บรักษาและการรวบรวมข้าวเปลือก อุปกรณ์ ภาชนะบรรจุ และพาหนะที่ใช้ในการขนย้ายและการเก็บรักษาต้องสะอาดสามารถป้องกันผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวเปลือกและป้องกันการปนเปื้อนจากอันตรายและสิ่งแปลกปลอมที่มีผลต่อความปลอดภัยในการบริโภค รวมทั้งไม่ทำให้เกิดการปนของข้าวพันธุ์อื่น สถานที่เก็บรวบรวมและสถานที่เก็บรักษาต้องถูกสุขลักษณะสะอาดและมีการถ่ายเทอากาศดีสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากอันตรายและสิ่งแปลกปลอมที่มีผลต่อความปลอดภัยในการบริโภคและป้องกันการปนของข้าวพันธุ์อื่นได้ วิธีการขนย้ายการเก็บรักษา และรวบรวมข้าวเปลือกต้องไม่ทำให้ข้าวเปลือกเสียหายและทำให้เกิดการปนของข้าวพันธุ์อื่นและกรณีผลิตข้าวหลายพันธุ์ ต้องมีการจัดการเพื่อป้องกันการปนของข้าวต่างพันธุ์ได้ ข้าวเปลือกที่อยู่ระหว่างการเก็บรักษาและขนย้ายต้องมีการระบุข้อมูลรหัสหรือเครื่องหมายให้สามารถทราบแหล่งที่มาของข้าวเปลือกได้

7. การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ ได้แก่ แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ แหล่งน้ำใช้ การเตรียมดิน การกำจัดต้นของข้าวพันธุ์อื่นปน การสำรวจการเข้าทำลายของศัตรูพืชและการจัดการ การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร การเก็บเกี่ยวและการนวดข้าว การลดความชื้นข้าวเปลือก การบรรจุข้าวเปลือกและการเก็บรักษา แหล่งที่มาและการจำหน่ายข้าวเปลือก



## 2.8 การเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการเก็บรักษาข้าว

การเก็บรักษาข้าวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพโดยการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติกับองค์ประกอบ 4 ชนิด คือ แป้ง โปรตีน ไขมัน และกรดพีนอลิก ข้าวที่อยู่ระหว่างการเก็บรักษาเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเม็ดแป้งจับกันแข็งแรงขึ้น และกรดไขมันอิสระที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิสของไขมันจับกับอะไมโลส มีผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกเปลี่ยนไป นอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของไขมันมีผลให้สารระเหยจำพวกสารประกอบคาร์บอนิลเพิ่มขึ้น และเร่งการเกิดออกซิเดชันของโปรตีนทำให้เกิดกลิ่นหืน นอกจากนี้กระบวนการออกซิเดชันของโปรตีนยังมีผลทำให้โครงสร้างภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งลดลง เนื้อสัมผัสของข้าวสุกเปลี่ยนไป (Juliano, 1985a) นอกจากนี้ Zhou et al. (2002) รายงานว่า การปลดปล่อยกรดพีนอลิกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์วอลล์ทั้งหมดทำให้เซลล์วอลล์แข็งแรงขึ้น ขณะเดียวกันก็ไปมีผลกระทบต่อกิจกรรมของสารต้านการเกิดออกซิเดชันในการสร้างกรดไขมันอิสระที่สามารถสร้างสารเชิงซ้อนกับอะไมโลสระหว่างการเก็บรักษา

### 2.8.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

เมื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกและข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า ความชื้นของข้าวเปลือกต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลทำให้ได้ปริมาณข้าวและข้าวกล้องเต็มเมล็ดมากกว่า และการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกข้าวและส่วนของเอนโดสเปิร์มรวมทั้งสีของข้าวกล้องมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น (เพลงพิน, 2541; ละมุล, 2541)

การเปลี่ยนแปลงสีของข้าวเปลือกเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เห็นได้ชัดระหว่างการเก็บรักษาข้าว โดยมีรายงานว่า stack burning หรือการเกิดความร้อนของข้าวเปลือกจะเกิดมาจากส่วนของเอมบริโอและการหายใจของจุลินทรีย์เป็นผลให้เกิดสีเหลืองหรือสีซีดในข้าว (Philips et al., 1988b, 1989; Yap et al., 1990) นอกจากนี้ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีความชื้นสูงมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้เชื้อราเจริญได้ดี และการให้ความร้อนแก่เมล็ดมากกว่า 65 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่เหมาะสมในการเกิดสีเหลือง (Philips et al., 1988a; NRI, 1991) ซึ่ง Villareal et al. (1976) ได้ทำการทดลองเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าข้าวมีค่าความขาว (whiteness) ต่ำกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

ปัจจัยหลักที่กระทบต่ออัตราการเกิดสีเหลืองของข้าว คือ อุณหภูมิ และ water activity (Gras et al., 1989) และยังพบว่าข้าวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างเห็นได้ชัดหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 ถึง 12 เดือน (Chrastil, 1990a) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีในสภาวะความชื้นคงที่

พบว่า อุณหภูมิ และระยะเวลา มีผลทำให้ข้าวเกิดสีเหลืองเพิ่มขึ้นและทำให้ความหนืดสูงสุดของน้ำแป้งลดลงแต่ความชื้นไม่มีผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญ สภาวะการเก็บข้าวที่อุณหภูมิสูงและเวลายาวนานมีผลร่วมกันแสดงให้เห็นว่ากระบวนการเกิดสีเหลืองมีผลกระทบต่อคุณสมบัติการนำไปใช้งานของข้าว (Dillahunty et al., 2000a)

## 2.8.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

**2.8.2.1 การหายใจ** การหายใจ (respiration) เป็นกระบวนการทางเมตาโบลิซึมที่เกี่ยวข้องกับ kernels of grains เหมือนกับที่พบในจุลินทรีย์ได้ความร้อน น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกิดออกซิเดชันของน้ำตาล



Dillahunty et al. (2000b) ศึกษาผลกระทบของความชื้นและอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการหายใจของข้าวพันธุ์ Bengal และ Cypress พบว่า การตอบสนองของการหายใจที่มีต่ออุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับความชื้นและแปรผันไปตามพันธุ์ข้าว อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15-25 และยังพบว่ามีการหายใจสูงสุดที่ความชื้นร้อยละ 20-25 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และแนะนำให้เก็บข้าวเปลือกที่ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 เพื่อให้มีอัตราการหายใจต่ำ

**2.8.2.2 องค์ประกอบของแป้งและน้ำตาล** องค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษาเกือบไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่าวคือ ปริมาณแป้ง อะไมโลส และโปรตีน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่กระบวนการบางอย่าง เช่น กระบวนการไฮโดรไลซิสหรือดีเกรเดชัน อาจเกิดขึ้นได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (อรอนงค์, 2532; Juliano, 1985a) ซึ่งมีรายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารในภาชนะปิดผนึกที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ที่ความชื้นร้อยละ 14.7 ภายใต้สภาวะสุญญากาศบรรจุโดยใช้ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และที่ความดันบรรยากาศมีผลเล็กน้อยต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Yanai et al., 1979) และจากการศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาที่มีต่อกระบวนการเกิดข้าวเก่า (ageing process) เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ พบว่า การเก็บรักษาที่ความชื้นร้อยละ 15.7 ในภาชนะสุญญากาศทำให้น้ำตาลรีดิวซ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (Juliano, 1985a) และยังมีรายงานว่า การเก็บรักษาไม่มีผลกระทบต่อปริมาณแป้งทั้งหมดรวมทั้งปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในข้าว (Qiu et al., 1998) เช่นเดียวกันรายงานของ ปาริชาติและสุธี (2537) ที่ทำการศึกษาการเก็บรักษาข้าวพันธุ์ กข 1 (ข้าวอะไมโลสต่ำ) สุพรรณบุรี 60 (ข้าวอะไมโลสปานกลาง) และเหลืองประทิว 123 (ข้าวอะไมโลสสูง) ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณอะไมโลสค่อนข้างคงที่ และในข้าวเหนียวยังพบว่า ปริมาณอะไมโลส และโปรตีนของข้าวเหนียวไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การเก็บรักษาที่ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน (Noomhorm et al., 1997)

ภัทรพร (2540) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสารที่เก็บในสภาพ ออกซิเจนต่ำในถุง 4 ชนิด คือ ถุงพลาสติกสาน ถุงโพลีเอทิลีน ถุงไนลอน และถุงอะลูมิเนียมพอยล์ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ค่าความขาวของข้าวสาร อุณหภูมิแป้งสุก เถ้า แป้ง และอะไมโลส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทุกสภาวะการเก็บ และพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากในข้าวสารที่เก็บในถุงพลาสติก สานส่วนในสภาวะอื่นพบน้ำตาลค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บมีผลให้กิจกรรมของอะ ไมเลส การละลายของแป้ง และค่าความคงตัวของแป้งสุกตกลงโดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้น ค่อนข้างช้าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

เพลงพิน (2541) ทดลองเก็บข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน พบว่า ปริมาณอะไมโลสไม่เปลี่ยนแปลง ตลอดเวลาการเก็บรักษาในทุกสภาวะ

**2.8.2.3 โปรตีนและกรดอะมิโน** ปริมาณโปรตีนทั้งหมดโดยส่วนใหญ่มีรายงานว่า ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของอัตราส่วนระหว่าง อัลบูมิน : กลอบูลิน : โพรลามีน : กลูเตนลิน (โอโรเซนนิน) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงมีผลให้กรดอะมิโน ลดลง (Juliano, 1985a) เมล็ดข้าวสูญเสียปริมาณอะมิโนไนโตรเจนอิสระของเยื่อหุ้มชั้นนอกระหว่างการเก็บซึ่งสัมพันธ์กับ Millard-type non-enzymatic browning ซึ่งการสูญเสียอะมิโนไนโตรเจน อิสระจะเกิดขึ้นพร้อมกับการสูญเสียความขาว (whiteness) ของข้าว (Barber, 1972)

Hamaker and Griffin (1990) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโอโรเซนนินในข้าว พบว่า การแตกหักของพันธะไดซัลไฟด์ (-SS-) ของโปรตีน (จากการเติม dithiothreitol ลงไปในแป้ง ข้าว) หรือการเกิดไฮโดรไลซิสของโปรตีน โดยโปรตีนেসทำให้ความหนืดสูงสุดของน้ำแป้งมีค่าลดลง

Chrastil (1990b) รายงานว่า จำนวนพันธะไดซัลไฟด์และน้ำหนักร โมเลกุลเฉลี่ยของโอโรเซนนินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บเมล็ดข้าว โดยการเปลี่ยนแปลงนี้ ช่วยลดการละลายของโปรตีนและการสร้างพันธะระหว่างโอโรเซนนินและโมเลกุลแป้งอย่างผันกลับได้ ทำให้ข้าวมีความเหนียวติดกันลดลง และยังพบว่า เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำของโอโรเซนนินมี จำนวนลดลงระหว่างการเก็บรักษา แต่เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บ รักษาเมล็ดข้าว (Chrastil and Zarins., 1992) ซึ่งโอโรเซนนินในข้าวที่เก็บอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีปริมาณ free thiolgroups และน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าโปรตีนที่พบในข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ (Qiu et al., 1998) และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มข้าวพันธุ์กข 1 (ข้าวอะไมโลสต่ำ) สุพรรณบุรี 60 (ข้าวอะไมโลสปานกลาง) และเหลืองประทิว 123 (ข้าวอะไมโลสสูง) โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษา (ปาริชาติและสุธี, 2537)

Teo et al. (2000) ทดลองเก็บแป้งข้าว (rice flour) และ isolated starch ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ความหนืดของน้ำแป้งที่ได้จากแป้งข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อ



อุณหภูมิและเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น fresh flour paste มีค่าความหนืดสูงสุดต่ำกว่า isolated starch และมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่คงที่กว่า isolated starch paste และไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ ใน isolated starch และพบว่า starch-oryzenin interaction ลดลงระหว่างการเก็บจึงมีอิทธิพลต่อความหนืดของน้ำแป้งด้วย แต่ไม่มากนักเนื่องจากแป้งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณสมบัติการไหล ดังนั้น pasting behavior ของ aged rice flour จึงใกล้เคียงกับ isolated rice starch เมื่อทดลองเติม isolated oryzenin ลงใน isolated starch (reconstituted flour) พบว่า pasting behavior ใกล้เคียงกับแป้งข้าว (aged flour 35 องศาเซลเซียส, 14 สัปดาห์)

**2.8.2.4 ไขมัน** การเสื่อมสภาพของไขมันเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ เกิดจากการย่อยโดยเอนไซม์ไลเปสที่มีอยู่ในเมล็ดและการเกิดออกซิเดชันโดยเอนไซม์ไลเปสหรือจากออกซิเดชัน โดยทั่วไปไขมันกับเอนไซม์ที่พบในเมล็ดไม่ได้อยู่ในบริเวณเดียวกันจึงไม่เข้าทำปฏิกิริยากันได้ง่าย เอนไซม์ไลเปสพบในเปลือกหุ้มเมล็ดส่วนไขมันสะสมในชั้นอะลูโรน เอมบริโอ และเนื้อเมล็ด ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดในสภาวะที่ดีจึงเกิดการเสื่อมเสียได้ยาก แต่ถ้ามีเหตุให้เมล็ดเสียหายหรือเกิดรอยแผล เช่น การขีดสีหรือการบดให้เป็นแป้งมีผลทำให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับไขมันเกิดเป็นกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระเป็นเหตุให้เกิดสารที่ให้กลิ่นเหม็นหืนได้ (อรอนงค์, 2538) และการย่อยสลายไขมันภายในเมล็ดข้าวจะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนในเมล็ดข้าว (Tsuzuki et al., 1994) ซึ่ง Juliano (1985a) ได้รายงานว่ กระบวนการออกซิเดชันเกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวถูกออกซิเดชันไปเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์และเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์บอนิลหลายชนิด เช่น อะซีตัลดีไฮด์ โพรพานัล เพนทานัล และเฮกซานัล การเพิ่มของกรดไขมันอิสระและสารประกอบคาร์บอนิลทำให้เกิดกลิ่นหืนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก มีปริมาณลดลงซึ่งการเก็บในอุณหภูมิและความชื้นสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็ว

กรดไขมันอิสระในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาข้าวในที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง โดยเกิดจากเอนไซม์เป็นส่วนใหญ่นอกจากนี้ ยังพบว่า อัตราการเกิดกรดไขมันอิสระลดลงเมื่อเก็บข้าวกล้องในสภาวะความชื้นต่ำหรืออุณหภูมิต่ำหรือทั้ง 2 ภาวะร่วมกัน ทำให้เก็บข้าวได้นานขึ้นเป็นการลดอัตราการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์และทำให้เก็บข้าวกล้องได้นานขึ้น (Hunter et al., 1951)

Sowbhagya and Bhattacharya (1976) รายงานว่า สภาวะการเก็บรักษา คือ อุณหภูมิ และแสง มีผลอย่างมากต่ออัตราการเกิดไฮโดรไลซิสและออกซิเดชันของไขมันในข้าว ซึ่งข้าวที่สกัดไขมันออกด้วยเฮกเซนเป็นการลดปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว จึงช่วยลดการเกิดออกซิเดชันที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนของข้าวระหว่างการเก็บรักษา แต่ไม่ทำให้คุณภาพในการหุงดีขึ้น นอกจากนี้การเก็บรักษาข้าวสารในที่มีแสงที่อุณหภูมิห้องช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะความชื้นปกติหรือความชื้นสูงและช่วยชะลอ onset of oxidation ในข้าวนี้รวมทั้งในข้าวสารด้วย

ซึ่งระดับการสีมีผลอย่างมากกับออโตออกซิเดชันในข้าว และข้าวที่ไม่ได้ผ่านการสีจะมีความเสถียรมาก เนื่องจากมีสารต้านการเกิดออกซิเดชัน แต่อัตราการเกิดออโตออกซิเดชันเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อข้าวได้รับการสีเพิ่มขึ้น แต่ในข้าวหนึ่งกลับพบว่าได้รับผลกระทบจากระดับการสีเพียงเล็กน้อย

Yasumatsu and Moritaka (1964) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดของกรดไขมันในข้าว 10 พันธุ์ ระหว่างการเก็บรักษาข้าวกล้องที่อุณหภูมิห้องเมื่อเก็บข้าวนาน 120 วัน พบว่า กรดลิโนเลอิกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่กรดโอเลอิกและกรดปาล์มิติกกลับมีปริมาณลดลงในขณะที่ปริมาณไขมันในข้าวกล้องทั้ง 10 พันธุ์ ไม่เปลี่ยนแปลงข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ากรดโอเลอิกมีปริมาณสูงกว่ากรดลิโนเลอิกเมื่อเทียบกับข้าวที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาข้าวที่ความชื้นสูงทำให้การเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นก็มีผลให้กรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน (Ramarathnam and Kulkarni., 1983)

งามชื่น (2536) พบว่า การเก็บข้าวสารในสภาพเปิดหรือในถุงพลาสติกที่อากาศผ่านได้ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 4 เดือน เพราะข้าวเริ่มเกิดกลิ่นสาบและมีกลิ่นหอมลดลง การเก็บข้าวกล้องมีผลให้ปริมาณกรดไขมันเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนใน 4 เดือนแรก

ละมุล (2541) ได้ทำการทดลองเก็บข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน จากการตรวจวัดปริมาณไขมันทั้งหมดของข้าว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 2 สภาวะ แต่ปริมาณกรดไขมันอิสระในข้าวกล้องลดลงโดยข้าวเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

**2.8.2.5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งสุก** Juliano et al. (1987) พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาความคงตัวของแป้งสุกลดลง คือ เจลแข็งขึ้นซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 3 เดือนแรก แต่เมื่อเก็บรักษาข้าวไว้นานถึงเดือนที่ 18 ความคงตัวของแป้งสุกจะเท่ากับข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Villareal และคณะ (1976) ที่พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิในการเก็บรักษายังมีผลร่วมกันโดย พบว่า ข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (29 องศาเซลเซียส) มีความคงตัวของแป้งสุกค่อนข้างแข็ง (38 มิลลิเมตร) ส่วนข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 องศาเซลเซียส) มีความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง (41 มิลลิเมตร) และพบว่า ความคงตัวของแป้งสุกยังมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเกิดเจลและความหนืดของแป้งสุก โดยทั่วไปข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง (hard gel consistency) มีอุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำ (น้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส) กว่าข้าวพวกที่มีความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง (medium gel consistency) ซึ่งมีอุณหภูมิในการเกิดเจลที่ประมาณ 70-74 องศาเซลเซียส (Juliano et al., 1964)

Indudhara et al. (1978) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสุกระหว่างการเก็บรักษาข้าวเนื่องมาจากอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน โดยข้าวที่มีอะไมโลสสูง เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วและมากกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ

ละมุล (2541) ทดลองเก็บข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 25 และ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน พบว่า ค่าความคงตัวของเจลข้าวกล้องมีค่าลดลงทั้ง 2 สภาวะ โดยข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงมากกว่าคุณสมบัติด้านความหนืด พบว่า ค่าความหนืดสูงสุดของน้ำแป้งที่มาจากข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนแรก หลังจากนั้นลดลงโดยตลอด ค่าความหนืดสุดท้ายและค่า setback มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดสุดท้ายและค่า setback สูงกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และพบว่า ค่า pasting temperature ของข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าข้าวเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เพลงพิน (2541) ทดลองเก็บข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 เดือน พบว่า ความคงตัวของเจลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บโดยมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าการสลายเมล็ดในต่างส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด พบว่า ค่า setback และค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นรวมทั้งความหนืดสูงสุดของข้าวโดยตัวอย่างข้าวเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ 25 องศาเซลเซียส ตรงข้ามกับ pasting temperature ที่มีค่าลดลงตามเวลาในการเก็บโดยข้าวเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Sowbhagya and Bhattacharya (2001) ทดลองเก็บข้าวเปลือกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 51 เดือน พบว่า ค่า breakdown ลดลงตามระยะเวลาการเก็บซึ่งตรงข้ามกับค่า setback ที่เพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในตอนต้นแล้วลดลงอย่างช้าๆ ในเวลาต่อมาแต่ไม่มีแนวโน้มหยุดเปลี่ยนแปลงแม้หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 ปี

### 2.8.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้ม

การพองตัว (swelling quality) ระหว่างการหุงของข้าวใหม่และข้าวเก่าพบว่า ข้าวเก่าเพิ่มความยาวได้มากกว่าข้าวใหม่ โดยที่เซลล์ไม่แตกโดยส่วนปลายของเมล็ดตามแนวแกนยาว (terminal portions along the long axis) และส่วนท้องของเมล็ดตามแนวที่สั้น (ventral segment along the short axis) มีแนวโน้มขยายตัวได้ดีกว่า เซลล์วอลล์ของข้าวใหม่เปราะและแตกง่ายกว่า ในขณะที่เซลล์วอลล์ของข้าวเก่าคงรูปร่างได้ดีกว่าแม้ขยายใหญ่ขึ้น (Desikachar and Subrahmanyam., 1960) และมีรายงานว่า การเก็บรักษาข้าวสารในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ 30

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ที่ความชื้นร้อยละ 14.7 ภายใต้สภาวะสุญญากาศหรือใช้ก๊าซไนโตรเจนคาร์บอนไดออกไซด์และที่ความดันบรรยากาศมีผลเล็กน้อยต่อความแข็งแรงที่วัดจากเนื้อสัมผัสและความเหนียวของข้าวสวย (Yanai et al., 1979)

Juliano (1985a) ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่มีผลในกระบวนการเกิดข้าวเก่า (ageing process) พบว่า การใช้ก๊าซไนโตรเจนเก็บรักษาข้าวกล้องเพื่อช่วยรักษาคุณภาพการรับประทานของข้าวสวย และสามารถเก็บได้นานถึง 2 ปีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยไม่มีความแตกต่างกันทางคุณภาพระหว่างข้าวกล้องที่เก็บโดยใช้ไนโตรเจนหรือใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ พบว่า การเก็บรักษาที่ความชื้นร้อยละ 15.7 ในภาชนะสุญญากาศทำให้ความแข็งแรงและความเหนียวติดกันของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามด้วยการบรรจุโดยใช้แก๊สและการบรรจุที่มีอากาศตามลำดับ

Chrastil (1990a) รายงานว่า ข้าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีการดูดซับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งเกิดขึ้นได้ดีกว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ตรงข้ามกับความเหนียวซึ่ง พบว่า ข้าวที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่ามีความเหนียวมากกว่าข้าวที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง

งามชื่น (2536) พบว่า การเก็บข้าวสารในสภาพเปิดหรือในถุงพลาสติกที่อากาศผ่านได้ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 4 เดือน เพราะข้าวเริ่มเกิดกลิ่นสาบและมีกลิ่นหอมลดลงเมื่อทดลองเก็บข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพห้องปกติและในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน พบว่า การเก็บข้าวที่อุณหภูมิห้องเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้ข้าวสุกทั้ง 3 ชนิด มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นความเลื่อมมันและความเหนียวลดลงเวลาที่ใช้หุงต้มนานขึ้นน้ำ ข้าวใสขึ้น และข้าวสุกมีกลิ่นหอมลดลง

ปาริชาติและสุธี (2537) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้ม ข้าวพันธุ์กข 1 (ข้าวอะไมโลสต่ำ) สุพรรณบุรี 60 (ข้าวอะไมโลสปานกลาง) และเหลืองประทิว 123 (ข้าวอะไมโลสสูง) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ค่าการสลายเมล็ดในต่าง และความคงตัวของเจลไม่เปลี่ยนแปลงแต่อัตราการยืดตัว การขยายตัวทางปริมาตร ค่าการดูดซึมน้ำ และเวลาการหุงต้มข้าวสุกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำที่ใช้หุงลดลง

งามชื่น (2538) รายงานว่า การเก็บรักษาทำให้ข้าวมีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นเมื่อนำข้าวไปขัดสีจะทำให้ได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าข้าวใหม่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีผลให้ข้าวมีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกได้สูงกว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาทำให้ผนังเซลล์ของเอนโดสเปิร์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Shibuya et al., 1982) นอกจากนี้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดยังขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวโดยข้าวเมล็ดสั้นเมื่อนำไปขัดสีได้

ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากกว่าข้าวเมล็ดยาว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเมล็ดสั้นมีความหนามากกว่าจึงทำให้ทนต่อการขัดสีได้สูงกว่าข้าวเมล็ดยาว (Methews and Sparado, 1976)

ภัทรพร (2540) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสารที่เก็บในสภาพออกซิเจนต่ำในถัง 4 ชนิด คือถังพลาสติกสาน ถังโพลีเอทิลีน ถังไนลอน และถังอะลูมิเนียมพอยล์เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายปริมาตรข้าวสุกความหนืดสูงสุดของแป้งสุกค่าความคงตัวของแป้งสุกความแข็งของข้าวสวยและปริมาณเมล็ดเหลืองเพิ่มขึ้นพร้อมกับระยะเวลาการเก็บส่วนปริมาณของแข็งในน้ำข้าวและความเป็นกรด-ด่างของแป้งมีค่าลดลงโดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นค่อนข้างช้าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

#### 2.8.4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ

การศึกษาผลของกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสุกพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ผลของสภาวะการอบแห้ง ความชื้นสุดท้าย และระดับการสี พบว่า ในข้าวขัดสีปกติที่อบแห้งจนมีความชื้นร้อยละ 15 มีคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสทางด้านความแข็งสูงกว่าและค่าความเหนียวติดกัน ความเหนียว และความยืดหยุ่นต่ำกว่าเมื่อเทียบกับข้าวที่อบแห้งจนมีความชื้นร้อยละ 12 ตรงข้ามกับข้าวที่ผ่านการขัดสีมาก พบว่า ข้าวที่อบแห้งจนมีความชื้นร้อยละ 15 มีค่าความแข็งต่ำกว่าและความเหนียวติดกัน ความเหนียว และค่าความยืดหยุ่นสูงกว่า เมื่อเทียบกับข้าวที่อบแห้งจนมีความชื้น ร้อยละ 12 (Champagne et al., 1998)

Daniels et al. (1998) พบว่า คุณสมบัติการหุง และความหนืดสูงสุดสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเก็บรักษาข้าวและระยะเวลาการเก็บแบบไม่เป็นเชิงเส้นและมีผลกระทบของ interactions ระหว่างพารามิเตอร์หลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณสมบัติของข้าว

Meullenet et al. (2000) ทดลองหาผลของสภาวะหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ความชื้นของข้าวเปลือก อุณหภูมิ และช่วงเวลาในการเก็บ ที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเมล็ดยาวพันธุ์ Cypress โดยใช้การทดสอบชิมโดยผู้ผ่านการฝึกมาแล้ว พบว่า สภาวะหลังการเก็บเกี่ยวมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าว

Perdon et al. (2001) ทดลองหาผลกระทบของระดับการสีที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำแป้งในข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (Bengal และ Orion) และข้าวเมล็ดยาว (Cypress และ Kaybonnet) ตรวจวัดด้วย Brabender และ RVA (Rapid Visco Analyzer) พบว่า ข้าวทุกพันธุ์มีพื้นที่ผิวและปริมาณไขมันทั้งหมดลดลงเมื่อระดับการสีเพิ่มขึ้นและค่าความหนืดสูงสุดเพิ่มขึ้นพร้อมกับระดับการสีโดยมีการเปลี่ยนแปลงในข้าวเมล็ดยาวปานกลางมากกว่าในข้าวเมล็ดยาว แต่ระดับการสีไม่มีผลต่อค่าความหนืดสุดท้ายของข้าวทุกสายพันธุ์ค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้ายที่เพิ่มขึ้นพร้อมกับระดับการสีอาจมาจากกิจกรรมของอะไมเลส

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 3.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี

##### 3.1.1 พื้นที่ศึกษา

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแปลงเกษตรกร ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 2 แปลง แปลงละ 10 กิโลกรัม ซึ่งสมบัติของดินในพื้นที่สุ่มเก็บตัวอย่างข้าว แสดงในตารางที่ 3.1 และมีรายละเอียดการใส่ปุ๋ย ดังนี้

แปลงที่ 1 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามระบบมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ (มกษ. 9000-2552) โดยใส่ปุ๋ยมูลสุกร (ไนโตรเจนร้อยละ 2.7) อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ รองพื้นก่อนหว่านซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.35 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่

แปลงที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามระบบมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตร (การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย: มกษ.4400-2552) ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ รองพื้นก่อนหว่านข้าว และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 20 วันหลังจากข้าวงอก ซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 10.9 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่

##### ตารางที่ 3.1 สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

สมบัติดิน	นาข้าวใส่ปุ๋ยอินทรีย์	นาข้าวใส่ปุ๋ยเคมี
Soil texture	Silt	Silt
pH (1:1) <sup>1/</sup>	4.90	4.60
EC (1:5) <sup>2/</sup> (dS cm <sup>-1</sup> )	0.02	0.04
Organic matter <sup>3/</sup> (%)	0.69	1.40
Available P <sup>4/</sup> (Bray II, mg kg <sup>-1</sup> )	6.00	8.00
Extractable K <sup>5/</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	8.00	21.00
Extractable Na <sup>5/</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	30.00	35.00

<sup>1/</sup>1:1, soil:H<sub>2</sub>O, <sup>2/</sup>1:5,soil:H<sub>2</sub>O, <sup>3/</sup>Walkley and Black method, <sup>4/</sup>Brayll, <sup>5/</sup>สกัดด้วย NH<sub>4</sub>OAc, pH 7.0



**3.1.2 การวิเคราะห์ผล** นำเมล็ดข้าวเปลือกมาสีให้เป็นข้าวกล้องแล้วนำมาวิเคราะห์ผล  
ดังนี้

**3.1.2.1 คุณภาพผลผลิตของข้าว** โดยทำการสุ่มเมล็ดข้าวกล้องมาจำนวน 100 เมล็ด จากนั้นนำมาชั่ง แล้วบันทึก

**3.1.2.2 คุณภาพทางกายภาพของข้าว** โดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าวกล้องโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์และคำนวณสัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง

**3.1.2.3 คุณภาพทางเคมีของข้าว** ได้แก่

(1) ปริมาณอะไมโลส ตามวิธี iodine calorimetric โดยบดเมล็ดข้าวสารให้เป็นแป้ง ชั่งแป้งมา 0.1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆ เติมน้ำกลั่นละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (น้ำเดือด) 10 นาที ทำให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้เป็น 100 มิลลิลิตร นำสารละลายแป้งมาทำปฏิกิริยาให้เกิดสี โดยดูน้ำแป้งมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีกรดอะซิติก 1 นอร์มัล ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 20 นาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงจากกราฟมาตรฐาน เพื่อให้ทราบปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างโดยการทำการกราฟมาตรฐาน (Standard Curve) มีวิธีการดังนี้ซึ่งอะไมโลสบริสุทธิ์ 40 มิลลิกรัม ทำเช่นเดียวกับการวิเคราะห์อะไมโลสในตัวอย่าง ปิเปตสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร ปริมาณ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งหมด 5 ขวด เติมน้ำกลั่น 1 นอร์มัล ปริมาณ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 20 นาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงมาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับร้อยละของปริมาณอะไมโลส (juliano, 1971)

(2) ปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ AOAC (2000) โดยชั่งตัวอย่างข้าวกล้องที่แห้ง 3 กรัม (ตัวอย่างที่ได้จากการหาปริมาณความชื้น) ห่อตัวอย่างด้วยกระดาษกรองใส่ลงใน thimble แล้วปิดด้วย fat-free glass wool เพื่อป้องกันตัวอย่างล่อยออกจาก thimble ใส่ thimble ที่บรรจุตัวอย่างลงใน Soxhlet extraction tube ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักของ tube ที่แน่นอนใส่ petroleum ether ประมาณ 150 มิลลิลิตร หรือให้ท่วมตัวอย่าง ลงใน extraction tube นำไปสกัดไขมัน โดยตั้งสภาวะในการสกัด ดังนี้ Extraction temperature 150 องศาเซลเซียส Boiling time 30 นาที Solvent reduction A: 5x15 มิลลิลิตร Extraction time 80 นาที Solvent reduction B: 8 นาที Solvent reduction C: 5 นาที Solvent reduction interval 3 นาที Solvent reduction

phase 3 วินาที นำส่วน ether ที่ละลายไขมันที่สกัดได้ไปใส่ ether ออกโดยให้ความร้อนบน water bath ภายใต้อุณหภูมิเมื่อใส่ ether ออกหมดแล้ว ให้นำไขมันที่แยกได้ไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วนำไปชั่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่าง

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

(3) ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี kjeldahl method (kjeldahl, 1883) โดยชั่งตัวอย่างข้าวกล้อง ประมาณ 1-1.5 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงใน kjeldahl flask ขนาด 500 มิลลิลิตร (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และ blank ควบคู่ด้วย) เติม 0.5 กรัม  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 5 กรัม  $\text{K}_2\text{SO}_4$  และ 25 มิลลิลิตร Conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ลงใน kjeldahl flask ตามลำดับวาง Kjeldahl tube บน digester ย่อยตัวอย่างโดยให้ความร้อนที่ระดับต่ำกว่าก่อน (ประมาณ 180 องศาเซลเซียส) รอจนควันจางลง จึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนนานประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายสีฟ้าใสของแอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากการย่อยเสร็จสมบูรณ์ ยกชุดตัวอย่างทั้งชุดขึ้นวางพักตั้งสารละลายไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (อย่างระมัดระวัง เนื่องจากการเติมน้ำลงในสารละลายเข้มข้น) เติม boiling chip หรือ glass beads ลงไป 2-3 ชิ้น ต่อ distilling flask เข้ากับ Distillation Unit โดยที่ปลายอีกด้านหนึ่งของ condenser จุ่มอยู่ใต้ระดับของสารละลาย Boric acid ร้อยละ 4 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด methyl red-bromocresol green indicator ลงใน boric acid 2-3 หยด สังเกตสีของสารละลาย boric acid จะมีสีม่วง-แดงเติม NaOH ร้อยละ 50 ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ลงไปใน distilling flask ผสมสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาตร NaOH ที่เติมลงไปจะต้องมากเกินไป โดยสังเกตจากสารละลายจะมีสีดำถ้าปริมาณที่กำหนดไม่มากเกินไปให้เพิ่มปริมาณ NaOH ที่ใช้ตั้งระยะเวลาการกลั่นนาน 6 นาที (ปริมาตร condensate ประมาณ 150 มิลลิลิตร) (สารละลาย boric acid จะเปลี่ยนจากสีแดง-ม่วงเป็นสีเขียว) ใช้น้ำกลั่น rinse สารละลายที่ค้างบริเวณปลาย condensate และ receiver ลงสู่ flask ของ condensate นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรตกับสารละลาย HCl ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนประมาณ 0.1 นอร์มัล แล้วใช้ methyl red-bromocresol green เป็น indicator ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นแดง-ม่วง บันทึกปริมาตรของสารละลาย HCl ที่ใช้คำนวณร้อยละของ crude protein ในตัวอย่างข้าว

$$\text{โปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{V(\text{sample-blank}) \times N \times F \times 14.007 \times 100}{\text{mg of sample}}$$

โดยที่ V = Volume of used Titrant; N = Normality of Titrant; F = Kjeldahl factor = 6.25



(4) ปริมาณความชื้น โดยใช้ Hot-air oven (AOAC, 2000) ซึ่งตัวอย่างข้าวมาประมาณ 5 กรัม ใส่ใน Aluminium dish ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนบันทึกน้ำหนักตัวอย่างพร้อม Aluminium dish จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส ใน Hot-air oven นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกมาจากตู้อบและปล่อยให้เย็นใน Desiccator และชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลายๆ ครั้ง จนได้น้ำหนักคงที่ (คงที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน 0.05 กรัม) คำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไปหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

(5) ปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) โดยชั่งตัวอย่างข้าวกล้องบด 10 กรัม ใส่ใน crucible นำไปเผาโดยใช้ให้ความร้อนบน hot plate จนไม่มีควันดำ ก่อนนำไปเผาในเตาเผา นำตัวอย่างที่ได้ไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว เอาออกจากเตาเผา ทำให้เย็นใน desiccators แล้วชั่งหาน้ำหนักเถ้า คำนวณหาปริมาณเถ้าของอาหาร

$$\text{เถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของเถ้า}}{\text{น้ำหนักของอาหาร}} \times 100$$

(6) ปริมาณเส้นใย (Crude fiber) ตามวิธีการของ AOAC (2000) โดยชั่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียดและผ่านการสกัดไขมันออก ประมาณ 2 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ใน beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร เติม boiling  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ร้อยละ 1.25 ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง ใส่ boiling chip ลงไป 2-3 ชิ้น เพื่อป้องกันการเดือดแบบ Bumping นำไปต่อกับเครื่องย่อยที่เตรียมพร้อมไว้และต้มเป็นเวลา 30 นาที ใช้เขย่า beaker เป็นระยะๆ เพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะที่ผนัง beaker เอา beaker ออกจากเครื่องย่อยแล้วนำตัวอย่างไปกรองผ่านเครื่องกรองล้างกากด้วยน้ำกลั่น โดยการ rinse ด้วยน้ำกลั่นที่เดือด 50-75 มิลลิลิตร กรองผ่านเครื่องกรองทำซ้ำอย่างนี้ 3 ครั้ง หรือจนหมดกรด นำกากที่ล้างแล้วใส่ใน beaker 600 มิลลิลิตร แล้วเติม 200 มิลลิลิตร boiling NaOH ร้อยละ 1.25 แล้วต้มเป็นเวลา 30 นาที นำกากมากรอง ล้างด้วย 25 มิลลิลิตร boiling  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ร้อยละ 1.25 ทำซ้ำ 3 ครั้ง ตามด้วยน้ำ 50 มิลลิลิตร 3 ครั้ง และ Alcohol 25 มิลลิลิตร นำกากที่ได้ไปใส่ใน crucible ทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ  $130 \pm 20$  องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ  $300 \pm 15$  องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นใน desiccators คำนวณหาปริมาณเส้นใยโดย

$$\text{เส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของกาก}-\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

(7) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีการคำนวณ หาได้จากสูตร คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 - ความชื้น - โปรตีน - เถ้า - ไขมัน - เส้นใย (AOAC, 2000)

(8) ปริมาณสารความหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) ซึ่งดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์จาก Sriseadka et al. (2006) ด้วยเทคนิค เฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี (HS-GC) โดยทำการบดตัวอย่างข้าวกล้องด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า จากนั้นนำตัวอย่างข้าวกล้องบดมา 1.00 กรัม ใส่ในขวดตัวอย่าง headspace vial และเติมสารมาตรฐานภายใน คือ 2,6-ไดเมทิลพิริดีน (2,6-DMP) ความเข้มข้น 500 ppm ปริมาตร 1 ไมโครลิตร จากนั้นปิดฝาขวดตัวอย่างด้วย PTFE/silicone septum และ aluminum crimp cap และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสาร 2AP ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี รุ่น 6890 ยี่ห้อ Agilent Technology

#### 3.1.2.4 คุณภาพทางโภชนาการ ได้แก่

(1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยดัดแปลงวิธีการจาก Iqbal et al. (2005) เริ่มจากการบดตัวอย่างข้าวกล้องให้ละเอียดแล้วนำตัวอย่างข้าว 3 กรัม มาทำการสกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น ร้อยละ 80 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้ว นำเข้าเครื่อง Rotary Evaporator แล้วปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดมาทำการเจือจาง 5 เท่า ด้วยเอทานอล ความเข้มข้น ร้อยละ 80 แล้วเปิดตัวอย่างมา 200 ไมโครลิตร เติม Folin-Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้น ร้อยละ 10 ปริมาตร 800 ไมโครลิตร และโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ความเข้มข้น ร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน (DI) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer คำนวณปริมาณสารฟีนอลิกโดยเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

(2) ปริมาณวิตามินบี 1 โดยดัดแปลงวิธีการจาก AOAC (2012) เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างโดยการชั่งตัวอย่างแบ่งข้าวที่บดละเอียดมา 5 กรัม เติม *n*-hexane 4 มิลลิลิตร และน้ำ Deionized ปริมาตร 16 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Homogenized ที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบ/นาที นาน 3 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง ที่ 5,000 รอบ/นาที นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำสารที่ได้ไปหาวิตามินบี 1 ด้วยเครื่อง HPLC

### 3.1.2.5 คุณภาพการหุงต้ม ได้แก่

(1) **ความคงตัวของแป้งสุก** โดยวิธีการของ Cagampang et al. (1973) เริ่มด้วยการบดเมล็ดข้าวให้ละเอียดเป็นแป้ง (ขนาด 300 เมช) ปริมาณ 0.1 กรัม ใส่ลงในหลอดแก้ว (ขนาด 11 X 100 มิลลิเมตร) เติมสารละลายเอทานอล ร้อยละ 95 ผสมสารสีน้ำเงินโบรมไทมอล (Bromthymol blue) ร้อยละ 0.025 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จำนวน 0.2 มิลลิลิตร และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มัล จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสม ปิดหลอดแก้วด้วยลูกแก้ว ต้มในน้ำเดือด 8 นาที นำขึ้นจากน้ำเดือดทิ้งให้เย็น 5 นาที ผสมอีกครั้ง ทำให้เย็นในน้ำแข็ง 20 นาที วางหลอดบนกระดาษกราฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อวัดการไหลของเจลในหลอดแก้วเป็นมิลลิเมตร

(2) **การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว** (ดัดแปลงจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555) สุ่มเมล็ดข้าวกล้องมา 27 เมล็ด แบ่งใส่จานแก้วใส จำนวน 3 จานๆ ละ 9 เมล็ด แล้ววางบนพื้นราบที่มีกระดาษสีดำ เติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.7 ให้ท่วมเมล็ดข้าวโดยเติมประมาณ 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 23 ชั่วโมง แล้วบันทึกผล

(3) **การยัดตัวของเมล็ดข้าว** ตามวิธีการของ Juliano (1985c) โดยสุ่มเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด 20 เมล็ด วัดความยาว 10 เมล็ด คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อเมล็ด นำข้าว 20 เมล็ดใส่ตะแกรงแช่น้ำเย็น 30 นาที นำข้าวในตะแกรงลงต้มในน้ำเดือด 10 นาที ยกตะแกรงจากน้ำเดือด จุ่มในน้ำเย็น เทข้าวลงในจานพลาสติกที่มีฝาปิด เลือกเมล็ดที่ตรง 10 เมล็ด วัดความยาวแล้วคำนวณอัตราการยัดตัวของข้าวสุกจากสมการ

$$\text{อัตราการยัดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

(4) **การขยายปริมาตรของข้าวสุก** ตามวิธีการของ Juliano (1985c) โดยทำการหุงข้าวในภาชนะที่วัดปริมาตร หรือความสูงของข้าวสารที่คงที่เท่ากัน ด้วยน้ำปริมาณคงที่ และเวลาหุงคงที่ในอ่างน้ำเดือด เมื่อข้าวสุกวัดปริมาตร หรือส่วนสูงที่ข้าวขยายตัวขึ้น เปรียบเทียบอัตราการขยายปริมาตร

$$\text{อัตราการขยายปริมาตร} = \frac{\text{ความสูงเฉลี่ย (ปริมาตรเฉลี่ย) ข้าวสุก}}{\text{ความสูงเฉลี่ย (ปริมาตรเฉลี่ย) ข้าวสาร}}$$

(5) การอุ้มน้ำของข้าวสุก ตามวิธีการของ Juliano (1985c) โดยนำข้าวสาร 1 กรัม มาชั่งน้ำหนักคงที่ของข้าวสาร แล้วคำนวณผลต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของข้าวสุกกับข้าวสาร หลังหุงเสร็จเป็นเวลา 30 นาที

3.1.2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธี 9-point hedonic scale test ซึ่งให้คะแนนจาก 1-9 ซึ่งเรียงลำดับดังนี้ ไม่ชอบมากที่สุด (1) ไม่ชอบมาก (2) ไม่ชอบปานกลาง (3) ไม่ชอบเล็กน้อย (4) บอกไม่ได้ (5) ชอบเล็กน้อย (6) ชอบปานกลาง (7) ชอบมาก (8) และชอบมากที่สุด (9) ตามลำดับ โดยประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏรสชาตกลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน

### 3.1.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว ได้แก่

(1) ปริมาณไนโตรเจน ตามวิธีการของ ศรีสม (2547) โดยเริ่มจากการย่อยตัวอย่าง ด้วยการชั่งตัวอย่างเมล็ดบดจำนวน 0.4 กรัม ลงในหลอด test tube ขนาด 75 มิลลิลิตร เติม  $H_2SO_4$  conc. จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วนำไป digest ที่ digestion block ภายใต้ fume hood โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 330 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำ digestion tube ออกจาก digestion block ทิ้งไว้ให้เย็น เป็นเวลา 15 นาที แล้วหยด  $H_2O_2$  4-5 หยด ลงใน digestion tube และนำไป digest ต่ออีก 5 นาที นำ digestion tube ออกจาก digestion block ทิ้งไว้ให้เย็น ถ้าสารละลายยังไม่ใส หยด  $H_2O_2$  4-5 หยด ลงใน digestion tube แล้วนำไป digest ต่ออีก ทำซ้ำจนกระทั่งสารละลายใสไม่มีตะกอน นำ digestion tube ออกจาก digestion block แล้วทิ้งไว้จนกระทั่งสารละลายเย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงในขวดพลาสติกเพื่อเก็บไว้ทดลองต่อไป ทำ Blank พร้อมกับตัวอย่าง สารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยไปเปิดสารละลายที่ได้จากการ digest เมล็ดข้าว ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน distillation flask เติม NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 40 ลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วทำการกลั่น ไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูป  $(NH_4)SO_4$  จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม เก็บแอมโมเนียมที่กลั่นได้ซึ่งจะออกมาในรูปของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย boric acid indicator 5 มิลลิลิตร กลั่นจนกระทั่งสารละลายใน flask ซึ่งบรรจุ boric acid indicator มีปริมาตร 30 มิลลิลิตร Titrate สารละลายที่กลั่นได้นี้ด้วย standard 0.01  $H_2SO_4$  ทำ blank พร้อมตัวอย่างและคำนวณตามสูตร

ไนโตรเจน (ร้อยละ) =  $\frac{ml \text{ acid used} \times Normality \text{ of std. acid} \times 0.014 \times 50 \times 100}{Weight \text{ of plant sample} \times ml. \text{ of aliquot}}$

Weight of plant sample x ml. of aliquot

**(2) การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส** ตามวิธีการของ ศรีสม (2547)

โดยเริ่มจากการย่อยตัวอย่างตามวิธีการในข้อ 3.1.2.7 (1) จากนั้น ไปเปิด aliquot ที่ได้จากการย่อยสลายตัวอย่างมาจำนวน 3 มิลลิลิตร ใส่ลงใน test tube เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติมน ammomium molybdate ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ ammonium metavanadate อย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ 20 นาที จึงนำไปวัดความเข้มข้นของสีเหลืองที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ทำ blank พร้อมตัวอย่างและคำนวณตามสูตร

$$\text{ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)} = \frac{\text{mg PL}^{-1} \text{ from std. curve} \times 8 \times 50 \times 10^{-4} \times 100}{\text{Weight of plant sample} \times \text{ml of aliquot}}$$

**(3) การวิเคราะห์ปริมาณโปแตสเซียม** ตามวิธีการของ ศรีสม (2547)

โดยเริ่มจากการย่อยตัวอย่างตามวิธีการในข้อ 3.1.2.7 (1) จากนั้นวิเคราะห์โดยใช้ Flame photometer เจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 วัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปแตสเซียมในสารละลายตัวอย่าง ส่วนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน เริ่มจากนำ stock standard solution (1,000 ppm K) ซึ่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 1.9067 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เติมนกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 12 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเอาไว้เตรียม standard solution ที่มีความเข้มข้น 100 ppm K (intermediate solution) โดยการปิเปต 10 มิลลิลิตร จาก stock solution 1,000 ppm K ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมาเตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ppm K วิเคราะห์โดยใช้ Flame photometer จากนั้นนำมาทำกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการเปล่งแสง ซึ่งปริมาณโปแตสเซียมในสารละลายตัวอย่าง คำนวณได้จากสูตร

$$\text{โปแตสเซียม (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของโปแตสเซียม} \times \text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักพืช}}$$

**(4) การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์** ตามวิธีการของ ศรีสม (2547) โดย

ซึ่งตัวอย่างเมล็ดข้าวบด 10 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด acetate-acetic solution ลงไป 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 30 นาที เติมน activated charcoal ลงไปครึ่งช้อนชาแล้วเขย่าประมาณ 3 นาที แล้วกรองนำสิ่งที่กรองได้ไปหาปริมาณซัลเฟตโดยการดูด

ตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตร (บันทึกปริมาตรที่แน่นอน) ใส่ลงไปใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกรดเกลือ โดยเติมกรดเกลือลงไป 2-3 หยด แกว่ง flask เพื่อในสารผสมกัน เติม ผลิก  $BaCl_2$  ลงไป 0.5 กรัม เขย่าทันทีนาน 1 นาที เติม gum acacia ลงไป 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่า 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที วัดที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ทำ blank พร้อมตัวอย่าง

**3.1.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ** โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคุณภาพข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และเคมีด้วย paired T-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป statistical analysis system (SAS Version 9) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3.2 การทดลองที่ 2 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

#### 3.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง 2X4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ได้แก่ 0, 4, 8 และ 12 เดือน

โดยนำเมล็ดข้าวกล้องจากการทดลองที่ 1 มาบรรจุในถุงลามิเนต (LLDPE/Nylon) หนา 100 ไมโครเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศ บรรจุลงละ 600 กรัม และเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลทุก 4 เดือน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 12 เดือน

**3.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง** โดยทำการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดังนี้

**3.2.2.1 คุณภาพผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105** โดยบันทึกน้ำหนัก 100 เมล็ด

**3.2.2.2 คุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105** ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความหนา ของเมล็ดข้าวกล้อง และสัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง

**3.2.2.3 คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105** ได้แก่

(1) ปริมาณอะไมโลส วิธี iodine calorimetric (juliano, 1971)

(2) ปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ AOAC (2000)

(3) ปริมาณโปรตีน วิธี kjeldahl method (kjeldahl, 1883)



- (4) ปริมาณความชื้น โดยใช้ Hot-air oven (AOAC, 2000)
- (5) ปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000)
- (6) ปริมาณเส้นใย (Crude fiber) ตามวิธีการของ AOAC (2000)
- (7) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีการคำนวณของ AOAC (2000)
- (8) ปริมาณสารความหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) ดัดแปลง

วิธีการวิเคราะห์จาก Sriseadka et al. (2006)

#### 3.2.2.4 คุณภาพทางโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่

- (1) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิธีการ Iqbal et al. (2005)
- (2) ปริมาณวิตามินบี 1 ดัดแปลงวิธีการจาก AOAC (2012)

#### 3.2.2.5 คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่

- (1) ความคงตัวของแป้งสุก โดยวิธีการของ Cagampang et al. (1973)
- (2) การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว ดัดแปลงจากกระทรวงเกษตร

และสหกรณ์ (2555)

- (3) การยึดตัวของเมล็ดข้าว ตามวิธีการของ Juliano (1985c)
- (4) การขยายปริมาตรของข้าวสุก ตามวิธีการของ Juliano (1985c)
- (5) การอุ้มน้ำของข้าวสุก ตามวิธีการของ Juliano (1985c)

3.2.2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยวิธี 9-point hedonic scale test เพื่อประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏรสชาตกลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม

3.2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป statistical analysis system (SAS Version 9) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร และ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการอาหารภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต และแปลงปลูกข้าวของเกษตรกร อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์



### 3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2558 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2559



## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการวิจัย

##### 4.1.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

###### 4.1.1.1 คุณภาพผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105

การใส่ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้คุณภาพผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในด้านน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดและน้ำหนักข้าวกล้อง 100 เมล็ด มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยพบว่า เมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ดจากนาข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักเฉลี่ย  $2.36 \pm 0.03$  กรัม ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ดจากนาข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย  $2.23 \pm 0.02$  กรัม เช่นเดียวกันกับ เมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ดจากนาข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีน้ำหนักเฉลี่ย  $2.13 \pm 0.02$  กรัม ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ดจากนาข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย  $2.09 \pm 0.01$  กรัม แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทนั้น ไม่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกและน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.1)

**ตารางที่ 4.1** คุณภาพผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

คุณภาพผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		P-value
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/เมล็ด)	0.027 $\pm$ 0.002 a	0.026 $\pm$ 0.002 a <sup>1/</sup>	0.057
น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง (กรัม/เมล็ด)	0.025 $\pm$ 0.003 a	0.024 $\pm$ 0.002 a	0.184
น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ด (กรัม)	2.230 $\pm$ 0.020 b	2.360 $\pm$ 0.030 a	0.038
น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ด (กรัม)	2.090 $\pm$ 0.010 b	2.130 $\pm$ 0.020 a	0.040

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test

#### 4.1.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยพบว่า ความกว้างของเมล็ดข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีค่าเฉลี่ย  $2.01 \pm 0.05$  และ  $2.02 \pm 0.05$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาวของเมล็ดข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีค่าเฉลี่ย  $7.53 \pm 0.22$  และ  $7.59 \pm 0.19$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนความหนาของเมล็ดข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีพบว่า มีค่าเฉลี่ย  $1.67 \pm 0.04$  และ  $1.66 \pm 0.05$  มิลลิเมตร ตามลำดับ และสัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีค่าเฉลี่ย  $3.74 \pm 0.15$  และ  $3.76 \pm 0.18$  มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

คุณภาพทางกายภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		P-value
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	$2.02 \pm 0.05$ a	$2.01 \pm 0.05$ a <sup>1/</sup>	0.34
ความยาว (มิลลิเมตร)	$7.59 \pm 0.19$ a	$7.53 \pm 0.22$ a	0.66
ความหนา (มิลลิเมตร)	$1.66 \pm 0.05$ a	$1.67 \pm 0.04$ a	0.84
สัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (มิลลิเมตร)	$3.76 \pm 0.18$ a	$3.74 \pm 0.15$ a	0.63

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test

#### 4.1.1.3 คุณภาพทางเคมี

เมื่อประเมินด้านคุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลส และปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวมีสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในทางตรงกันข้าม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวมีสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่า การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน และปริมาณสารความหอม (2-AP) กล่าวคือ ปริมาณไขมันในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีค่าเฉลี่ยร้อยละ  $3.95 \pm 0.23$  และ  $3.92 \pm 0.21$  ตามลำดับ และปริมาณสารความหอม (2-AP) ในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย  $4.00 \pm 0.15$  และ  $4.09 \pm 0.08$  ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อประเมินด้านคุณภาพทางโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่งผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ดข้าวมีสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินบี 1 กล่าวคือ ปริมาณวิตามินบี 1 ในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย  $0.46 \pm 0.02$  และ  $0.42 \pm 0.02$  มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		P-value
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
อะไมโลส (ร้อยละ)	$17.71 \pm 1.01$ b	$20.05 \pm 0.39$ a <sup>1/</sup>	0.02
ไขมัน (ร้อยละ)	$3.92 \pm 0.21$ a	$3.95 \pm 0.23$ a	0.90
โปรตีน (ร้อยละ)	$6.82 \pm 0.21$ b	$7.71 \pm 0.04$ a	0.02
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$74.55 \pm 0.02$ a	$72.72 \pm 0.20$ b	0.01
สารความหอม (2-AP)(ppm)	$4.09 \pm 0.08$ a	$4.00 \pm 0.15$ a	0.42
สารฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม)	$1.02 \pm 0.03$ a	$0.86 \pm 0.04$ b	0.01
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	$0.42 \pm 0.02$ a	$0.46 \pm 0.02$ a	0.12

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test

#### 4.1.1.4 คุณภาพการหุงต้ม

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ความคงตัวของเจลในข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีค่าเฉลี่ย  $65.50 \pm 12.12$  และ  $70.83 \pm 2.88$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนการสลายตัวในสารละลายต่างของข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $4.83 \pm 0.28$  และ  $5.00 \pm 0.00$  คะแนน ตามลำดับ และการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีมีค่าเฉลี่ย  $1.03 \pm 0.09$  และ  $1.13 \pm 0.13$  เท่า ตามลำดับ การขยายปริมาณของเมล็ดข้าวสุกในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า มีค่าเฉลี่ย  $2.07 \pm 0.35$  และ  $2.23 \pm 0.20$  เท่า ตามลำดับ และการอุ้มน้ำของเมล็ดข้าว ในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ  $114.05 \pm 8.23$  และ  $115.66 \pm 9.28$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

**ตารางที่ 4.4** คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

คุณภาพการหุงต้มข้าวขาวดอกมะลิ 105	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		P-value
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
ความคงตัวของเจล (มิลลิเมตร)	$70.83 \pm 2.88$ a	$65.50 \pm 12.12$ a <sup>1/</sup>	0.49
การสลายตัวในสารละลายต่าง (คะแนน)	$5.00 \pm 0.00$ a	$4.83 \pm 0.28$ a	0.37
การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (เท่า)	$1.13 \pm 0.13$ a	$1.03 \pm 0.09$ a	0.69
การขยายปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก (เท่า)	$2.23 \pm 0.20$ a	$2.07 \pm 0.35$ a	0.18
การอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวสุก (ร้อยละ)	$115.66 \pm 9.28$ a	$114.05 \pm 8.23$ a	0.83

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test

#### 4.1.1.5 ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โปแทสเซียม และซัลเฟอร์ ในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ  $0.57 \pm 0.25$  และ  $0.55 \pm 0.01$  ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปแทสเซียมในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ  $0.18 \pm 0.06$  และ  $0.18 \pm 0.02$  ตามลำดับ และปริมาณซัลเฟอร์ในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ  $0.05 \pm 0.01$  และ  $0.03 \pm 0.00$  ตามลำดับ ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวที่พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ  $1.27 \pm 0.05$ ) มากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ร้อยละ  $1.07 \pm 0.05$ ) (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณธาตุอาหารพืชในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

ปริมาณธาตุอาหารในข้าวขาวดอกมะลิ 105	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		P-value
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)	$1.07 \pm 0.04$ b	$1.27 \pm 0.02$ a <sup>1/</sup>	0.04
ปริมาณฟอสฟอรัส (ร้อยละ)	$0.55 \pm 0.01$ a	$0.57 \pm 0.25$ a	0.92
ปริมาณโปแทสเซียม (ร้อยละ)	$0.18 \pm 0.02$ a	$0.18 \pm 0.06$ a	1.00
ปริมาณซัลเฟอร์ (ร้อยละ)	$0.03 \pm 0.01$ a	$0.05 \pm 0.01$ a	0.07

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test

#### 4.1.1.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคโดยผู้เชี่ยวชาญ ต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้คะแนนประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ ( $7.8 \pm 1.6$  คะแนน) ความนุ่มเหนียว ( $7.8 \pm 1.1$  คะแนน) และความชอบโดยรวม ( $7.8 \pm 1.1$  คะแนน) มากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีแต่อย่างไรก็ตาม คะแนนประเมินในด้านรสชาติ และกลิ่นหอม ไม่มีความแตกต่างระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนการประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคโดยผู้บริโภคทั่วไป ต่อข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้คะแนนประเมินด้านความนุ่มเหนียว ( $7.5 \pm 1.0$  คะแนน) มากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกันกับคะแนนประเมินในด้านลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม และความชอบโดยรวม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

คุณภาพการยอมรับ ของผู้บริโภค	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	P value
<b>ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ</b>			
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบมาก ( $7.8 \pm 1.6$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.2 \pm 1.1$ a)	0.501
รสชาติ	ชอบปานกลาง ( $7.4 \pm 1.3$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.0 \pm 0.0$ a)	0.541
กลิ่นหอม	ชอบปานกลาง ( $7.4 \pm 0.5$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.8 \pm 1.1$ a)	0.305
ความนุ่มเหนียว	ชอบมาก ( $7.8 \pm 1.1$ a)	ชอบเล็กน้อย ( $6.0 \pm 1.2$ b)	0.019
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก ( $7.8 \pm 1.1$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.0 \pm 0.7$ a)	0.178
<b>ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไป</b>			
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบมาก ( $7.5 \pm 0.8$ a)	ชอบมาก ( $7.7 \pm 1.0$ a)	0.104
รสชาติ	ชอบปานกลาง ( $7.1 \pm 1.6$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.1 \pm 0.9$ a)	0.309
กลิ่นหอม	ชอบปานกลาง ( $7.4 \pm 1.4$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.4 \pm 1.0$ a)	0.840
ความนุ่มเหนียว	ชอบมาก ( $7.5 \pm 1.0$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.4 \pm 1.0$ a)	0.758
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก ( $8.0 \pm 1.0$ a)	ชอบมาก ( $7.6 \pm 0.7$ a)	0.726

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test



#### 4.1.2 การทดลองที่ 2 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

##### 4.1.2.1. คุณภาพผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

น้ำหนักข้าวกล้อง 100 เมล็ด ของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ที่ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $2.15 \pm 0.02$  กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 8 และ 12 เดือน รวมไปถึงข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 และ 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.13 \pm 0.02$ ,  $2.14 \pm 0.01$ ,  $2.14 \pm 0.01$ ,  $2.12 \pm 0.01$  และ  $2.13 \pm 0.01$  กรัม ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีของค่าน้ำหนักข้าวกล้อง 100 เมล็ดต่ำที่สุดคือ  $2.08 \pm 0.04$  กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.09 \pm 0.01$  เดือน (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$2.09 \pm 0.01$ b	$2.13 \pm 0.02$ a <sup>1/</sup>	$2.11 \pm 0.03$ A <sup>2/</sup>
4	$2.08 \pm 0.04$ b	$2.15 \pm 0.02$ a	$2.12 \pm 0.04$ A
8	$2.12 \pm 0.01$ a	$2.14 \pm 0.01$ a	$2.14 \pm 0.01$ A
12	$2.13 \pm 0.01$ a	$2.14 \pm 0.01$ a	$2.14 \pm 0.01$ A
ค่าเฉลี่ย	$2.10 \pm 0.02$ B	$2.14 \pm 0.01$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	<0.001	
	ระยะเวลา	0.13	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.07	
C.V. (%)	0.96		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

#### 4.1.2.2 คุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105

##### (1) ความหนาของเมล็ดของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ด้านความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีความหนาสูงที่สุด คือ  $1.78 \pm 0.07$  มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.74 \pm 0.06$  และ  $1.76 \pm 0.04$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ  $1.66 \pm 0.05$  และ  $1.66 \pm 0.08$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.70 \pm 0.04$ ,  $1.67 \pm 0.04$  และ  $1.69 \pm 0.05$  มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

**ตารางที่ 4.8** ความหนา (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$1.66 \pm 0.05$ c	$1.67 \pm 0.04$ c <sup>1/</sup>	$1.66 \pm 0.04$ C <sup>2/</sup>
4	$1.66 \pm 0.08$ c	$1.69 \pm 0.05$ bc	$1.67 \pm 0.07$ C
8	$1.70 \pm 0.04$ bc	$1.74 \pm 0.06$ ab	$1.72 \pm 0.06$ B
12	$1.76 \pm 0.04$ a	$1.78 \pm 0.07$ a	$1.77 \pm 0.05$ A
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$1.69 \pm 0.07$ A	$1.72 \pm 0.08$ A <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	0.08	
	ระยะเวลา	<0.001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.87	
<b>C.V. (%)</b>	3.55		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (2) ความกว้างของเมล็ดของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ด้านความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $2.14 \pm 0.06$  และ  $2.14 \pm 0.08$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.09 \pm 0.07$  และ  $2.08 \pm 0.07$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $2.01 \pm 0.05$  มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.02 \pm 0.07$ ,  $2.08 \pm 0.07$  และ  $2.07 \pm 0.06$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าเท่ากับ  $2.05 \pm 0.07$  มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.9)

**ตารางที่ 4.9** ความกว้าง (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$2.02 \pm 0.07$ bc	$2.01 \pm 0.05$ c <sup>1/</sup>	$2.01 \pm 0.07$ C <sup>2/</sup>
4	$2.05 \pm 0.07$ bc	$2.08 \pm 0.07$ abc	$2.07 \pm 0.07$ B
8	$2.09 \pm 0.07$ ab	$2.07 \pm 0.06$ bc	$2.08 \pm 0.07$ B
12	$2.14 \pm 0.06$ a	$2.14 \pm 0.08$ a	$2.14 \pm 0.07$ A
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$2.07 \pm 0.08$ A	$2.07 \pm 0.08$ A <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	0.90	
	ระยะเวลา	<0.001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.70	
<b>C.V. (%)</b>	3.47		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

### (3) ความยาวของเมล็ดของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ด้านความยาวของเมล็ดข้าวกล้องของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีความยาวสูงสุด คือ  $7.63 \pm 0.22$  มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 8 เดือน รวมไปถึงข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $7.59 \pm 0.19$ ,  $7.43 \pm 0.18$ ,  $7.53 \pm 0.22$ ,  $7.44 \pm 0.18$ ,  $7.55 \pm 0.23$  และ  $7.51 \pm 0.25$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $7.31 \pm 0.11$  มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน (ตารางที่ 4.10)

**ตารางที่ 4.10** ความยาว (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์	
0	$7.53 \pm 0.22$ a <sup>1/</sup>	$7.59 \pm 0.19$ a	$7.56 \pm 0.20$ A <sup>2/</sup>
4	$7.44 \pm 0.18$ ab	$7.31 \pm 0.11$ b	$7.37 \pm 0.17$ B
8	$7.55 \pm 0.23$ a	$7.43 \pm 0.18$ ab	$7.49 \pm 0.21$ AB
12	$7.51 \pm 0.25$ a	$7.63 \pm 0.22$ a	$7.57 \pm 0.23$ A
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$7.50 \pm 0.22$ A <sup>3/</sup>	$7.49 \pm 0.21$ A	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	0.69	
	ระยะเวลา	0.01	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.14	
<b>C.V. (%)</b>	2.73		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (4) สัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง ของเมล็ดข้าว

## ข้าวดอกมะลิ 105

ด้านความยาวต่อกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุดคือ  $3.76 \pm 0.18$  เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $3.69 \pm 0.34$ ,  $3.74 \pm 0.15$ ,  $3.58 \pm 0.14$  และ  $3.65 \pm 0.17$  เท่า ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุดคือ  $3.50 \pm 0.15$  เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $3.57 \pm 0.14$ ,  $3.55 \pm 0.08$  เท่า (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (เท่า) ของเมล็ดข้าวข้าวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$3.76 \pm 0.18$ a	$3.74 \pm 0.15$ ab <sup>1/</sup>	$3.75 \pm 0.17$ A <sup>2/</sup>
4	$3.57 \pm 0.14$ bcd	$3.58 \pm 0.14$ abcd	$3.58 \pm 0.14$ B
8	$3.55 \pm 0.08$ cd	$3.65 \pm 0.17$ abcd	$3.60 \pm 0.14$ B
12	$3.69 \pm 0.34$ abc	$3.50 \pm 0.15$ d	$3.59 \pm 0.27$ B
ค่าเฉลี่ย	$3.65 \pm 0.22$ A	$3.62 \pm 0.18$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย		0.55
	ระยะเวลา		0.01
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา		0.12
C.V. (%)	5.22		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

#### 4.1.2.3 คุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105

##### (1) ความชื้นของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ความชื้นของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ  $13.48 \pm 0.03$  ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $11.27 \pm 0.03$  ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 และ 12 เดือน มีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $12.53 \pm 0.05$ ,  $12.16 \pm 0.03$ ,  $12.84 \pm 0.01$ ,  $12.97 \pm 0.09$ ,  $12.02 \pm 0.02$  และ  $12.02 \pm 0.02$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12)

**ตารางที่ 4.12** ความชื้น (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$12.53 \pm 0.06$ d	$13.48 \pm 0.03$ a <sup>1/</sup>	$13.00 \pm 0.55$ A <sup>2/</sup>
4	$12.16 \pm 0.03$ e	$11.27 \pm 0.03$ g	$11.72 \pm 0.51$ C
8	$12.84 \pm 0.01$ c	$12.02 \pm 0.02$ f	$12.43 \pm 0.47$ B
12	$12.97 \pm 0.09$ b	$12.02 \pm 0.02$ f	$12.50 \pm 0.55$ B
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$12.62 \pm 0.33$ A	$12.20 \pm 0.86$ B <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	<0.0001	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	<0.0001	
<b>C.V. (%)</b>	0.37		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (2) ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ  $7.71 \pm 0.04$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4, 8 และ 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $7.05 \pm 0.04$ ,  $7.42 \pm 0.57$ ,  $7.47 \pm 0.02$  และ  $7.50 \pm 0.02$  ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $6.68 \pm 0.04$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 8 และ 12 เดือนซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $6.82 \pm 0.21$ ,  $6.68 \pm 0.04$ ,  $6.94 \pm 0.04$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

**ตารางที่ 4.13** ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$6.82 \pm 0.21$ d	$7.71 \pm 0.04$ a <sup>1/</sup>	$7.26 \pm 0.53$ A <sup>2/</sup>
4	$7.05 \pm 0.04$ abc	$7.42 \pm 0.57$ abc	$7.23 \pm 0.39$ A
8	$6.68 \pm 0.04$ d	$7.47 \pm 0.02$ abc	$7.08 \pm 0.46$ A
12	$6.94 \pm 0.04$ cd	$7.50 \pm 0.02$ a	$7.22 \pm 0.32$ A
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$6.87 \pm 0.17$ B	$7.53 \pm 0.25$ A <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	0.0003	
	ระยะเวลา	0.64	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.39	
<b>C.V. (%)</b>	3.04		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT



### (3) ปริมาณไขมันของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณไขมันของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ  $4.26 \pm 0.40$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $3.92 \pm 0.21$ ,  $3.95 \pm 0.23$  และ  $3.79 \pm 0.21$  ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $3.31 \pm 0.03$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4, 8 และ 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $3.45 \pm 0.07$ ,  $3.79 \pm 0.21$ ,  $3.66 \pm 0.08$  และ  $3.46 \pm 0.03$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

**ตารางที่ 4.14** ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$3.92 \pm 0.22$ ab	$3.95 \pm 0.23$ ab <sup>1/</sup>	$3.94 \pm 0.19$ A <sup>2/</sup>
4	$4.26 \pm 0.40$ a	$3.79 \pm 0.21$ abc	$4.03 \pm 0.38$ A
8	$3.45 \pm 0.07$ bc	$3.66 \pm 0.08$ bc	$3.56 \pm 0.14$ B
12	$3.31 \pm 0.04$ c	$3.46 \pm 0.04$ bc	$3.39 \pm 0.09$ B
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$3.73 \pm 0.44$ A	$3.72 \pm 0.22$ A <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	0.85	
	ระยะเวลา	0.006	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.15	
<b>C.V. (%)</b>	5.42		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

#### (4) ปริมาณเส้นใยของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณเส้นใยของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ  $0.92 \pm 0.01$  ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $0.01 \pm 0.00$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $0.04 \pm 0.02$  ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4 และ 12 เดือน มีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $0.69 \pm 0.01$ ,  $0.17 \pm 0.01$ ,  $0.79 \pm 0.01$ ,  $0.68 \pm 0.12$  และ  $0.17 \pm 0.04$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

**ตารางที่ 4.15** ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$0.92 \pm 0.01$ a	$0.79 \pm 0.01$ b <sup>1/</sup>	$0.86 \pm 0.07$ A <sup>2/</sup>
4	$0.69 \pm 0.01$ b	$0.68 \pm 0.12$ b	$0.69 \pm 0.07$ B
8	$0.04 \pm 0.02$ d	$0.01 \pm 0.00$ d	$0.03 \pm 0.02$ D
12	$0.17 \pm 0.01$ c	$0.17 \pm 0.04$ c	$0.17 \pm 0.03$ C
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$0.46 \pm 0.39$ A	$0.41 \pm 0.36$ A <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	0.10	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.34	
<b>C.V. (%)</b>	11.11		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (5) ปริมาณเถ้าของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณเถ้าของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ  $1.35 \pm 0.04$  และ  $1.35 \pm 0.01$  ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $1.32 \pm 0.02$  และ  $1.30 \pm 0.07$  ตามลำดับ ส่วนข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $1.20 \pm 0.01$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $1.25 \pm 0.02$ ,  $1.24 \pm 0.01$  และ  $1.23 \pm 0.01$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 ปริมาณเถ้า (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$1.25 \pm 0.02$ bcd	$1.32 \pm 0.02$ ab <sup>1/</sup>	$1.29 \pm 0.04$ A <sup>2/</sup>
4	$1.35 \pm 0.04$ a	$1.23 \pm 0.01$ cd	$1.29 \pm 0.07$ A
8	$1.35 \pm 0.01$ a	$1.30 \pm 0.07$ abc	$1.33 \pm 0.05$ A
12	$1.24 \pm 0.01$ cd	$1.20 \pm 0.01$ d	$1.22 \pm 0.02$ B
ค่าเฉลี่ย	$1.30 \pm 0.06$ A	$1.27 \pm 0.06$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.07	
	ระยะเวลา	0.01	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.02	
C.V. (%)	2.52		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

### (6) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ  $75.63 \pm 0.09$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4, 8 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $75.59 \pm 0.24$ ,  $75.53 \pm 0.19$ ,  $75.63 \pm 0.04$  และ  $75.35 \pm 0.12$  ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $72.72 \pm 0.20$  ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน มีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $74.55 \pm 0.02$  และ  $74.47 \pm 0.51$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$74.55 \pm 0.02$ b	$72.72 \pm 0.20$ c <sup>1/</sup>	$73.63 \pm 0.09$ C <sup>2/</sup>
4	$74.47 \pm 0.51$ b	$75.59 \pm 0.24$ a	$75.04 \pm 0.72$ B
8	$75.63 \pm 0.09$ a	$75.53 \pm 0.19$ a	$75.59 \pm 0.14$ A
12	$75.35 \pm 0.12$ a	$75.63 \pm 0.04$ a	$75.49 \pm 0.18$ A
ค่าเฉลี่ย	$74.76 \pm 0.88$ B	$75.10 \pm 0.89$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.02	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.02	
C.V. (%)	0.30		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (7) ปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณอะไมโลสของข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ  $22.63 \pm 0.21$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นรักษาเป็นระยะเวลา 4, 8 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 และ 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $22.29 \pm 0.84$ ,  $22.46 \pm 0.15$ ,  $21.08 \pm 2.32$ ,  $21.87 \pm 0.17$  และ  $22.25 \pm 0.56$  ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะ 0 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ  $17.81 \pm 1.01$  ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าเท่ากับ ร้อยละ  $20.05 \pm 0.39$  (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.18 ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์	
0	$20.05 \pm 0.39$ b <sup>1/</sup>	$17.81 \pm 1.01$ c	$18.93 \pm 1.40$ B <sup>2/</sup>
4	$22.63 \pm 0.21$ a	$22.29 \pm 0.84$ a	$22.46 \pm 0.58$ A
8	$21.87 \pm 0.17$ a	$22.46 \pm 0.15$ a	$22.17 \pm 0.35$ A
12	$22.25 \pm 0.56$ a	$21.08 \pm 2.32$ ab	$21.67 \pm 1.64$ A
ค่าเฉลี่ย	$21.71 \pm 1.08$ A <sup>3/</sup>	$20.91 \pm 2.26$ A	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.07	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.12	
C.V. (%)	4.61		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (8) สารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ

105

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic) ของเมล็ดข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $1.52 \pm 0.03$  มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $0.62 \pm 0.01$  มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.69 \pm 0.01$  มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4, 8 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน มีค่าเท่ากับ  $1.02 \pm 0.03$ ,  $0.77 \pm 0.01$ ,  $0.84 \pm 0.02$ ,  $1.31 \pm 0.09$  และ  $0.86 \pm 0.04$  มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) (มิลลิกรัมแกลลิก/กรัม) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$1.52 \pm 0.03$ a	$1.31 \pm 0.09$ de <sup>1/</sup>	$1.42 \pm 0.13$ A <sup>2/</sup>
4	$1.02 \pm 0.03$ c	$0.86 \pm 0.04$ d	$0.94 \pm 0.09$ B
8	$0.77 \pm 0.01$ e	$0.69 \pm 0.01$ f	$0.73 \pm 0.05$ C
12	$0.84 \pm 0.02$ de	$0.62 \pm 0.01$ f	$0.73 \pm 0.12$ C
ค่าเฉลี่ย	$1.04 \pm 0.30$ A	$0.87 \pm 0.28$ B <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	<0.0001	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.04	
C.V. (%)	4.40		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

### (9) ปริมาณวิตามินบี 1 ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณวิตามินบี 1 ของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน มีค่าสูงสุด คือ  $0.46 \pm 0.02$  และ  $0.46 \pm 0.03$  มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.44 \pm 0.02$ ,  $0.42 \pm 0.01$  และ  $0.43 \pm 0.01$  มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $0.38 \pm 0.01$  มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 4 เดือน และข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.42 \pm 0.01$ ,  $0.41 \pm 0.01$  และ  $0.40 \pm 0.02$  มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.20 ปริมาณวิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$0.42 \pm 0.01$ abc	$0.46 \pm 0.02$ a <sup>1/</sup>	$0.45 \pm 0.03$ A <sup>2/</sup>
4	$0.41 \pm 0.01$ bc	$0.46 \pm 0.03$ a	$0.44 \pm 0.04$ A
8	$0.43 \pm 0.01$ ab	$0.44 \pm 0.02$ ab	$0.44 \pm 0.01$ A
12	$0.38 \pm 0.01$ c	$0.40 \pm 0.02$ bc	$0.39 \pm 0.02$ B
ค่าเฉลี่ย	$0.42 \pm 0.02$ B	$0.45 \pm 0.03$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.01	
	ระยะเวลา	0.02	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.46	
C.V. (%)	4.35		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT



#### 4.1.2.4 คุณภาพความหอม

ปริมาณสารความหอม (2-AP) ของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $4.09 \pm 0.08$  ppm ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $4.00 \pm 0.15$  ppm ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $1.60 \pm 0.06$  ppm ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4, 8 และ 12 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน มีค่าเท่ากับ  $3.13 \pm 0.10$ ,  $2.25 \pm 0.10$ ,  $1.96 \pm 0.04$ ,  $2.74 \pm 0.06$  และ  $2.04 \pm 0.04$  ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

**ตารางที่ 4.21** ปริมาณสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-AP) (ppm) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$4.09 \pm 0.08$ a	$4.00 \pm 0.15$ a <sup>1/</sup>	$4.05 \pm 0.12$ A <sup>2/</sup>
4	$3.13 \pm 0.10$ b	$2.74 \pm 0.06$ c	$2.94 \pm 0.22$ B
8	$2.25 \pm 0.10$ d	$2.04 \pm 0.04$ e	$2.15 \pm 0.13$ C
12	$1.96 \pm 0.04$ e	$1.60 \pm 0.06$ f	$1.79 \pm 0.20$ D
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	$2.86 \pm 0.87$ A	$2.60 \pm 0.95$ B <sup>3/</sup>	
<b>P value</b>	ชนิดปุ๋ย	<0.0001	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.04	
<b>C.V. (%)</b>	3.29		

<sup>1/1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

#### 4.1.2.5 คุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105

##### (1) การขยายปริมาตรของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

การขยายปริมาตรของเมล็ดข้าวกล้องของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $2.78 \pm 0.10$  เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.60 \pm 0.12$  เท่า ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $1.95 \pm 0.17$  เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2.07 \pm 0.09$  เท่า ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 8, 12 และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าเท่ากับ  $2.23 \pm 0.13$ ,  $2.24 \pm 0.12$ ,  $2.46 \pm 0.06$  และ  $2.23 \pm 0.21$  เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.22 การขยายปริมาตร (เท่า) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$2.23 \pm 0.13$ cd	$2.07 \pm 0.09$ de <sup>1/</sup>	$2.15 \pm 0.14$ C <sup>2/</sup>
4	$2.78 \pm 0.10$ a	$2.60 \pm 0.12$ ab	$2.70 \pm 0.14$ A
8	$2.24 \pm 0.12$ cd	$1.95 \pm 0.17$ e	$2.09 \pm 0.20$ C
12	$2.46 \pm 0.06$ bc	$2.23 \pm 0.21$ cd	$2.35 \pm 0.19$ B
ค่าเฉลี่ย	$2.43 \pm 0.26$ A	$2.21 \pm 0.29$ B <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.002	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.85	
C.V. (%)	5.92		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (2) การยีดของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

การยีดของเมล็ดข้าวกล้องของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $1.55 \pm 0.27$  เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 และ 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.25 \pm 0.21$  และ  $1.52 \pm 0.16$  เท่า ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $0.92^b \pm 0.05$  เท่า ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4 และ 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.13 \pm 0.20$ ,  $1.03 \pm 0.06$ ,  $1.25 \pm 0.21$ ,  $1.03 \pm 0.35$  และ  $1.04 \pm 0.02$  เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.23 การยีด (เท่า) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$1.13 \pm 0.20$ b	$1.03 \pm 0.35$ b <sup>1/</sup>	$1.08 \pm 0.26$ B <sup>2/</sup>
4	$1.03 \pm 0.06$ b	$0.92 \pm 0.05$ b	$0.98 \pm 0.08$ B
8	$1.25 \pm 0.21$ ab	$1.04 \pm 0.02$ b	$1.15 \pm 0.18$ B
12	$1.52 \pm 0.16$ a	$1.55 \pm 0.27$ a	$1.54 \pm 0.20$ A
ค่าเฉลี่ย	$1.24 \pm 0.24$ A	$1.14 \pm 0.32$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.24	
	ระยะเวลา	0.001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.79	
C.V. (%)	16.93		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

### (3) การอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

การอุ้มน้ำของเมล็ดข้าวกล้องของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $2.38 \pm 0.18$  กรัม ส่วนข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $1.14 \pm 0.08$  กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 8 เดือน และข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.16 \pm 0.09$ ,  $1.26 \pm 0.03$  และ  $1.22 \pm 0.07$  กรัม ตามลำดับ ส่วนข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน และข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 12 เดือน มีค่าเท่ากับ  $2.16 \pm 0.17$ ,  $2.15 \pm 0.05$  และ  $1.84 \pm 0.06$  กรัม (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.24 การอุ้มน้ำ (กรัม) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$1.16 \pm 0.09$ d	$1.14 \pm 0.08$ d <sup>1/</sup>	$1.15 \pm 0.08$ C <sup>2/</sup>
4	$2.38 \pm 0.18$ a	$2.15 \pm 0.05$ b	$2.26 \pm 0.18$ A
8	$1.26 \pm 0.03$ d	$1.22 \pm 0.07$ d	$1.25 \pm 0.05$ C
12	$2.16 \pm 0.17$ b	$1.84 \pm 0.06$ c	$2.00 \pm 0.21$ B
ค่าเฉลี่ย	$1.74 \pm 0.57$ A	$1.59 \pm 0.44$ B <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.004	
	ระยะเวลา	<0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.08	
C.V. (%)	6.49		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

#### (4) การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

การสลายตัวในต่างของเมล็ดของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $5.00 \pm 0.00$  คะแนน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 4 และ 8 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $4.70 \pm 0.17$ ,  $4.36 \pm 0.35$ ,  $4.83 \pm 0.28$ ,  $4.63 \pm 0.28$  และ  $4.73 \pm 0.30$  คะแนน ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $3.14 \pm 1.05$  คะแนน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $3.40 \pm 0.67$  คะแนน (ตารางที่ 4.25)

ตารางที่ 4.25 การสลายตัวในต่างของเมล็ด (คะแนน) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$5.00 \pm 0.00$ a	$4.83 \pm 0.28$ a <sup>1/</sup>	$4.91 \pm 0.20$ A <sup>2/</sup>
4	$4.70 \pm 0.17$ a	$4.63 \pm 0.28$ a	$4.67 \pm 0.21$ A
8	$4.36 \pm 0.35$ a	$4.73 \pm 0.30$ a	$4.56 \pm 0.36$ A
12	$3.40 \pm 0.67$ b	$3.14 \pm 1.05$ b	$3.28 \pm 0.80$ B
ค่าเฉลี่ย	$4.37 \pm 0.70$ A	$4.33 \pm 0.87$ A <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.88	
	ระยะเวลา	0.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.71	
C.V. (%)	11.43		

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup>ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

## (5) ความคงตัวของแป้งสุกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีและข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน มีค่าสูงที่สุด คือ  $70.83 \pm 2.88$  มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $65.50 \pm 12.12$  มิลลิเมตร ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าต่ำที่สุด คือ  $5.56 \pm 2.51$  มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $8.90 \pm 3.60$  มิลลิเมตร ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน และข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 8 เดือน มีค่าเท่ากับ  $55.93 \pm 10.68$ ,  $37.23 \pm 7.09$ ,  $41.20 \pm 3.85$  และ  $33.23 \pm 12.09$  มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.26)

ตารางที่ 4.26 ความคงตัวของแป้งสุก (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		ค่าเฉลี่ย
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
0	$70.83 \pm 2.88$ a	$65.50 \pm 12.12$ ab <sup>1/</sup>	$68.16 \pm 8.41$ A <sup>2/</sup>
4	$55.93 \pm 10.68$ b	$41.20 \pm 3.85$ c	$48.56 \pm 10.80$ B
8	$37.23 \pm 7.09$ c	$33.23 \pm 12.09$ c	$35.23 \pm 9.14$ C
12	$8.90 \pm 3.60$ d	$5.56 \pm 2.51$ d	$7.23 \pm 3.33$ D
ค่าเฉลี่ย	$43.23 \pm 24.83$ A	$36.37 \pm 23.58$ B <sup>3/</sup>	
P value	ชนิดปุ๋ย	0.04	
	ระยะเวลา	<.0001	
	ชนิดปุ๋ย*ระยะเวลา	0.57	
C.V. (%)	19.87		

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

<sup>3/</sup> ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี DMRT

#### 4.1.2.6 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 12 เดือน พบว่า การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม ข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับความยอมรับมากกว่าข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี โดยการประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวมของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับ  $8.2 \pm 0.4$ ,  $8.2 \pm 0.4$ ,  $8.2 \pm 0.4$ ,  $8.2 \pm 0.4$  และ  $8.1 \pm 0.0$  คะแนนตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ  $7.0 \pm 0.0$ ,  $6.8 \pm 0.4$ ,  $6.6 \pm 0.5$ ,  $6.8 \pm 0.7$  และ  $6.8 \pm 0.4$  คะแนน ตามลำดับ ส่วนการประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวมของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับมากกว่าข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี โดยการประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวมของข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เท่ากับ  $8.4 \pm 0.5$ ,  $7.9 \pm 0.5$ ,  $8.0 \pm 0.6$ ,  $8.3 \pm 0.8$  และ  $8.3 \pm 0.5$  คะแนนตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ  $7.5 \pm 0.7$ ,  $6.6 \pm 0.9$ ,  $6.8 \pm 1.3$ ,  $6.9 \pm 1.2$  และ  $6.8 \pm 1.0$  คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27)

**ตารางที่ 4.27** คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

คุณภาพการยอมรับ ของผู้บริโภค	การใส่ปุ๋ยในนาข้าว		P value
	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	
<b>ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ</b>			
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบมาก ( $8.2 \pm 0.4$ a)	ชอบปานกลาง ( $7.0 \pm 0.0$ b) <sup>1/</sup>	0.004
รสชาติ	ชอบมาก ( $8.2 \pm 0.4$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.8 \pm 0.4$ b)	0.005
กลิ่นหอม	ชอบมาก ( $8.2 \pm 0.4$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.6 \pm 0.5$ b)	0.003
ความนุ่มเหนียว	ชอบมาก ( $8.2 \pm 0.4$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.8 \pm 0.7$ b)	0.005
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก ( $8.1 \pm 0.0$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.8 \pm 0.4$ b)	0.004
<b>ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไป</b>			
ลักษณะที่ปรากฏ	ชอบมาก ( $8.4 \pm 0.5$ a)	ชอบมาก ( $7.5 \pm 0.7$ b)	0.001
รสชาติ	ชอบมาก ( $7.9 \pm 0.5$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.6 \pm 0.9$ b)	<0.001
กลิ่นหอม	ชอบมาก ( $8.0 \pm 0.6$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.8 \pm 1.3$ b)	0.009
ความนุ่มเหนียว	ชอบมาก ( $8.3 \pm 0.8$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.9 \pm 1.2$ b)	0.005
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก ( $8.3 \pm 0.5$ a)	ชอบปานกลาง ( $6.8 \pm 1.0$ b)	<0.001

<sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่  $P < 0.05$  โดยวิธี T-test



## 4.2 อภิปรายผล

### 4.2.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมี มีคุณภาพผลผลิต ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด ดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจาก ปุ๋ยเคมีมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ และสามารถละลายออกมาให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พืชจึงสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีได้ทันที ในขณะที่อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นไปอย่างช้า ๆ เนื่องจาก ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินเสียก่อน จึงจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ ทำให้อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์เกิดขึ้นช้ากว่าปุ๋ยเคมี (อำนาจ, 2548; Choi, 2003) อีกทั้งเกษตรกรที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ยังใช้ในอัตราการให้ธาตุอาหารต่ำกว่าเกษตรกรที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งจะเห็นได้จาก ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีจึงมีคุณภาพผลผลิตดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อินทิตรา (2547) พบว่า ผลผลิตข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีได้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 384 และ 309 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันประมาณร้อยละ 20

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้เป็นผลมาจากอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารที่แตกต่างกันระหว่างปุ๋ยทั้งสองประเภท รวมทั้งความแตกต่างด้านอัตราการใส่ปุ๋ยของระบบการผลิตข้าว ซึ่งทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีได้รับไนโตรเจนมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น จึงพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อินทิตรา (2547) พบว่า ปริมาณโปรตีนในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีจะมากกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ แต่จากการประเมินคุณภาพการยอมรับในการบริโภคทั้งจากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีมีความเหนียวนุ่มน้อยกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนที่ส่วนนอกของเมล็ดเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว จึงส่งผลให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีมีความนุ่มเหนียวลดลง (อำนาจ และคณะ, 2539) นอกจากนี้ จากการศึกษา ยังพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีมี

ปริมาณอะไมโลสมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีมีความนุ่มเหนียวลดลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากปริมาณอะไมโลสมีผลต่อการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าว จึงส่งผลทำให้ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงสามารถดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (งามชื่น และคณะ, 2547) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ อาจเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณมากกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำให้อัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าน้อยลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า เมื่อหุงต้มข้าวที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะได้ข้าวที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี

นอกจากนี้ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการในด้านของสารสำคัญนั้น จะพบได้มากในส่วนของรำข้าว โดยข้าวกล้องที่ไม่ได้ขัดสีส่วนของรำข้าวออกไปจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่า ในรำข้าวอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สูงกว่าในรำข้าวเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อัครพล, 2553) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกในข้าวเป็นสารที่มีคุณประโยชน์เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (Vichapong et al., 2010, Shen et al., 2009) และมีรายงานว่า ระบบของการปลูกข้าวมีผลทำให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก แกมมาออริซานอลและแอลฟาโทโคเฟอรอลแตกต่างกัน (Abdul-Hamid and Luan, 2000) ซึ่งในพืชอื่น ยังพบความแตกต่างของสารประกอบที่อยู่ในพืชที่ปลูกด้วยระบบที่ต่างกันเช่นกัน ดังรายงานของ Mitchell และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษามะเขือเทศที่ปลูกจากระบบเกษตรอินทรีย์และแบบใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า การปลูกแบบระบบเกษตรอินทรีย์มีระดับของ quercetin และ kaempferol มากกว่ามะเขือเทศที่ปลูกแบบใส่ปุ๋ยเคมี เช่นเดียวกับการศึกษาของ Perez-Lopez และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลของการปลูกพืชแบบระบบอินทรีย์ปลูกแบบผสมผสานและปลูกแบบใส่ปุ๋ยเคมีต่อระดับของสีแร้ธาตุและแคโรทีนอยด์ของพริก พบว่า การปลูกแบบระบบอินทรีย์มีระดับของสีแดง สีเหลืองปริมาณแร้ธาตุและแคโรทีนอยด์ที่สูงกว่าการปลูกแบบอื่น และยังพบว่าการปลูกระบบอินทรีย์นี้ทำให้พริกมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในปริมาณที่สูงอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพการหุงต้ม และคุณภาพทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2-AP) ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณสารความหอม (2-AP) ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และการจัดการการเพาะปลูก (singh, 2000) โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม (2-AP) ของข้าว ได้แก่ ความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระยะข้าวสะสมแป้ง และ อุณหภูมิต่ำในระยะสุกแก่ (Yoshihashi et al., 2004) รวมทั้งความเครียด เนื่องจาก

ความเค็มของดิน (Lutts et al. 1996) ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณสารความหอม 2-AP เพิ่มขึ้นได้ (Itani et al., 2004) ดังนั้น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในจังหวัด สุรินทร์ ซึ่งอยู่ในเขตที่มีฝนตกน้อยและมีข้อจำกัดด้านการชลประทาน จึงได้รับอิทธิพลจากความเค็ม เนื่องจาก การขาดน้ำซึ่งเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม 2-AP ส่วนในด้านของปริมาณไขมันในเมล็ดข้าว สามารถพบได้มากที่สุดในส่วนของรำข้าว ซึ่งจากงานวิจัยของ อัครพล (2553) พบว่า ปริมาณไขมันในข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และใส่ปุ๋ยเคมี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

#### 4.2.2 การทดลองที่ 2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษา

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เก็บรักษาในรูปของข้าวกล้อง บรรจุในถุงลามิเนต (LLDPE/Nylon) หนา 100 ไมโครเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ด้านคุณภาพผลผลิต และคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดนั้น ทั้งข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีความแตกต่างกันในด้านของ ความหนา กว้าง ยาว และน้ำหนัก 100 เมล็ด แต่ในด้านของความยาวต่อความกว้าง ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าที่สูงกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 เดือน ทั้งนี้จากการทดลอง พบว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถอุ้มน้ำได้ดีกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจเนื่องมาจาก ค่าความยาวต่อความกว้าง ของข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าที่สูงกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ด้านของคุณภาพการหุงต้ม การขยายปริมาตร การยืดของเมล็ด การสลายตัวในต่าง และความคงตัวของแป้งสุก ของข้าวทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่สำหรับการอุ้มน้ำ พบว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีการอุ้มน้ำที่ดีกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งเห็นได้ว่าคุณภาพโดยรวมแล้วข้าวทั้งสองแบบมีความคล้ายคลึงกันเป็นอย่างมาก ยกเว้นการอุ้มน้ำของเมล็ด ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณโปรตีนที่มีอยู่สูงในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี จึงทำให้ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีการอุ้มน้ำที่ต่ำกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว (อำนาจ และคณะ, 2539) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น (เพลงพิณ, 2541; Villareal et al., 1976) ซึ่งปริมาณโปรตีน และอะไมโลสยังส่งผลต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งสุกอีกด้วย (Lin et al., 2011) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวเป็นอย่างมาก

ด้านคุณภาพทางเคมี ปริมาณ ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต อะไมโลส และวิตามินบี 1 ของข้าวทั้งสองแบบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน และ พบว่า คุณภาพทางเคมีของข้าวทั้ง 2 แบบ มีแนวโน้มที่ลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอะไมโลสนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน และจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่จนครบอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ซึ่งมีรายงานว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา

7 เดือน พบว่า ปริมาณอะไมโลสโดยเฉลี่ยในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (เพลงพิน, 2541) ส่วนปริมาณโปรตีน พบว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และในด้านความชื้น ปริมาณสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-AP) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าที่สูงกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศภายนอก และฤดูกาล (Chrastil, 1990) เนื่องจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนปริมาณโปรตีนที่สูงของข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่มีอยู่สูงในปุ๋ยเคมี จึงมีผลต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ดข้าว (Juliano, 1993) ทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวมีสูงกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าปุ๋ยเคมีมาก โดยแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสามารถให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนแก่ข้าวได้มากกว่าแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น ข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีจึงมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดข้าวดูดซึมน้ำได้น้อยลง ส่งผลให้ข้าวสุกมีความนุ่ม และความเหนียวลดลง (ลินดา, 2537) สอดคล้องกับผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการประเมินจากทั้งผู้เชี่ยวชาญ และผู้บริโภคทั่วไปต่างยอมรับว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี และยังมีรายงานว่า ข้าวที่มีโปรตีนสูงมีผลทำให้ข้าวสุกมีความแข็งมากขึ้น และความเหนียวของข้าวลดลง (Hamaker & Griffin, 1993; Derycke et al., 2005; Xie et al., 2008) ส่วนปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าที่สูงกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน และข้าวทั้งสองแบบมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Thanajiruschaya et al. (2010) ทำการทดลองผลของอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในข้าว พบว่า ข้าวมีปริมาณสารฟีนอลิกลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 เดือน จากการทดลองเห็นได้ชัดว่าการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกในข้าวมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีรายงานว่า ระบบของการปลูกข้าวมีผลทำให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก แกมมาออริซานอล และแอลฟาโทโคเฟอรอล แตกต่างกัน (Abdul-Hamid and Luan, 2000) เช่นเดียวกับรายงานของ Mitchell et al. (2007) ได้ทำการศึกษามะเขือเทศที่ปลูกจากระบบเกษตรอินทรีย์และแบบใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า การปลูกแบบระบบเกษตรอินทรีย์มีระดับของสารต้านอนุมูลอิสระประเภท quercetin และ kaempferol มากกว่ามะเขือเทศที่ปลูกแบบใส่ปุ๋ยเคมี และยังมีรายงานการศึกษาในพริกที่ทำการศึกษาค้นคว้าผลของการปลูกพืชแบบระบบอินทรีย์ปลูกแบบผสมผสาน และปลูกแบบปุ๋ยเคมีต่อระดับของสี แร่ธาตุ และแคโรทีนอยด์ ซึ่งพบว่า การปลูกแบบระบบอินทรีย์มีระดับของสีแดง สีเหลือง ปริมาณแร่ธาตุ และแคโรทีนอยด์ที่สูงกว่าการปลูกแบบอื่น และยังพบว่าการปลูกระบบอินทรีย์ทำให้พริกมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในปริมาณที่สูงอีกด้วย (Perez-Lopez et al., 2007) และในข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นยังมีการลดลงของปริมาณสารฟีนอลิกในอัตราที่ต่ำกว่า (ลดลงร้อยละ 44.73) ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ลดลงร้อยละ 52.67) (ตารางที่ 4.28) อีกด้วย ส่วนปริมาณสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2-AP) พบว่า ข้าวทั้งสองประเภทมีปริมาณสาร 2-AP ลดลง

ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น การลดลงของปริมาณสาร 2-AP นั้นเนื่องจาก สาร 2-AP เป็นสารที่ไม่เสถียร และระเหยได้ง่ายเมื่ออยู่ในที่มีอุณหภูมิสูง (ทินกร, 2548) ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณสาร 2-AP ลดลง (wongpornchai et al., 2004; Mahatheeranont et al., 2001) และการชะลอการสูญเสียปริมาณสาร 2-AP นั้นสามารถทำได้โดยการเก็บรักษาข้าวไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ (พัสกร และคณะ, 2546) และจากการทดลองจะเห็นได้ว่าก่อนการเก็บรักษาปริมาณสาร 2-AP ของข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี และของที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน ปริมาณสาร 2-AP ของข้าวทั้งสองแบบจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีการลดลงในอัตราต่ำกว่า (ลดลงร้อยละ 52.67) ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ลดลงร้อยละ 60.00) จนทำให้ปริมาณสาร 2-AP เหลืออยู่สูงกว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน ซึ่งเหตุที่ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีอัตราการสูญเสียปริมาณสาร 2-AP ที่ช้านั้น อาจเนื่องมาจากการมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่สูง เพราะสารฟีนอลิกมีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Vichapong et al., 2010, Shen et al., 2009) ซึ่งอาจช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของข้าว ส่งผลให้ข้าวมีการสูญเสียปริมาณสาร 2-AP ในอัตราที่ช้าลง และสาร 2-AP ยังเป็นสารให้ความหอมหลักในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อีกด้วย (Mahatheeranont et al., 2001)

ด้านการยอมรับของผู้บริโภคที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน พบว่า ด้านลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ กลิ่นหอม ความนุ่มเหนียว และความชอบโดยรวม ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งสองประเภทมากกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจเนื่องมาจาก ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีสาร 2-AP ที่สูง และยังมีการอุ้มน้ำที่ดี จึงทำให้ข้าวมีความนุ่ม จึงทำให้เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งต่างจากข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี ที่มีปริมาณโปรตีนที่สูง จึงทำให้ข้าวมีความแข็งขึ้น ประกอบกับการมีปริมาณสาร 2-AP ที่น้อยกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำให้ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้นี้ยังพบอีกว่า เมื่อเปิดถุงบรรจุข้าวที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน ออกมาเพื่อทำการทดลอง พบว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีกลิ่นหอมอยู่ แต่ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีนั้นไม่เหลือกลิ่นหอมอยู่เลยและเริ่มมีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งจากการสำรวจความแปรปรวนของคุณภาพข้าวหอมมะลิ 105 ในจังหวัดสุรินทร์ 27 ตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณสาร 2-AP อยู่ที 2.32-4.46 ppm (เฉลี่ย 3.33 ppm) (กฤษณา และคณะ, 2557) ซึ่งข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน มีปริมาณสาร 2-AP เหลืออยู่ประมาณ 1.60 ppm และข้าวไม่มีกลิ่นหอมอยู่เลย แต่ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสาร 2-AP เหลืออยู่ประมาณ 1.96 ppm และยังคงมีกลิ่นหอมอยู่ ซึ่งในข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่อายุการเก็บรักษา 8 เดือน มีปริมาณสาร 2-AP เหลืออยู่ประมาณ 2.04 ppm จึงอาจสรุปได้ว่า ในการเก็บรักษาข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่บรรจุในบรรจุในถุงลามิเนต (LLDPE/Nylon) หนา 100

ไมโครเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 8 เดือน แต่ใน  
ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยที่ข้าวยังคงมีความหอมอยู่





## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีมีคุณภาพผลผลิตด้านน้ำหนัก 100 เมล็ด ปริมาณอะไมโลส โพรตีน และไนโตรเจนในเมล็ดมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งทำให้ข้าวมีความแข็งมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะไมโลส ต่ำลง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี จึงทำให้ข้าวมีความนุ่มเหนียว สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพการยอมรับในการบริโภคทั้งจากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคทั่วไป ที่พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความโดดเด่นในด้านความนุ่มเหนียวมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี แต่การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทั้งสองประเภทนี้ ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างต่อคุณภาพทางกายภาพของเมล็ด คุณภาพการหุงต้ม รวมทั้งคุณภาพทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2-AP)

การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคุณภาพผลผลิต (น้ำหนัก 100 เมล็ด) และปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมียังคงมีน้ำหนัก 100 เมล็ดและปริมาณโปรตีนมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์เช่นเดียวกับเมื่อเริ่มเก็บรักษา ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณไขมัน และการสลายตัวในต่าง พบว่า ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมียังคงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ และข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีก็ยังคงมีปริมาณไขมันและการสลายตัวในต่างไม่แตกต่างกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ ระยะเวลาการเก็บรักษาก็มีผลทำให้ปริมาณวิตามินบี 1 สารความหอม (2-AP) และความคงตัวของแป้งสุก ลดลงเช่นเดียวกัน แต่มีความแตกต่างจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มเก็บรักษา ข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีและข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณวิตามินบี 1 สารความหอม (2-AP) และความคงตัวของแป้งสุกเท่ากัน แต่เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีปริมาณวิตามินบี 1 มากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ แต่มีสารความหอม (2-AP) และความคงตัวของแป้งสุกน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำให้ข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีกลิ่นหอมและความนุ่มเหนียวน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทาง



ประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะที่ปรากฏ กลิ่นหอม และความนุ่มเหนียวน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณอะไมโลส และคุณภาพการหุงต้ม เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา และจากการทดลองยังพบว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งสามารถเก็บได้นานถึง 12 เดือน โดยที่ข้าวยังคงมีกลิ่นหอมอยู่ในขณะที่ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีอาจเก็บรักษาได้นานเพียง 8 เดือน เท่านั้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การทำความสะอาดข้าวก่อนทำการทดลองเป็นเรื่องสำคัญ ควรมีการคัดแยกสิ่งปลอมปนของจากข้าว และควรคัดตัวอย่างให้มีความสม่ำเสมอ โดยเฉพาะปริมาณข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ด เพราะข้าวที่มีการหักจะส่งผลต่อค่าการวิเคราะห์ต่างๆ ถ้าตัวอย่างมีปริมาณข้าวหักที่ต่างกันมากเกินไป จะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการเก็บรักษาข้าวเพื่อใช้ในการบริโภคเป็นระยะเวลานาน ควรเลือกข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงทำให้ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของข้าวได้ดี เห็นได้จากปริมาณสาร 2-AP ที่ลดลงได้อัตราที่ช้า จึงทำให้ข้าวที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีกลิ่นหอม ถึงแม้จะเก็บรักษาเป็นระยะเวลาถึง 12 เดือน

## รายการอ้างอิง

### หนังสือและบทความในหนังสือ

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. การสังเคราะห์และองค์ประกอบของแป้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ.

คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 9-34.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน

และปุ๋ย ข้าว และธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 84 หน้า

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. ปุ๋ยอินทรีย์. บริษัท อมรินทร์ พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน),

กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

สถาบันวิจัยข้าว. 2542. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวอินทรีย์. ชุมนุมสหกรณ์ทางเกษตร

แห่งประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 77 หน้า.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ. 2548. ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

กรุงเทพฯ. 156 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีธัญหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 148 หน้า.

### บทความวารสาร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. เล่ม 129 พิเศษ 186 ง, กรุงเทพฯ.

62 หน้า.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตร 4004-2555 (ข้าว). สำนักงานมาตรฐาน

สินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. เล่ม 129 พิเศษ 173 ง, กรุงเทพฯ. 39 หน้า.

กรรณิกา นากลาง สิริมา ปันศิริ วราภรณ์ วงศ์บุญ ประเสริฐ ไชยวัฒน์ สว่าง โรจนกุล วิวัฒน์ อิงคะ

ประดิษฐ์ องอาจ วีระโสภณ จินตนา หัสวายุกุล ชนินทร์ เกสัชชา และ เกสัช ลวดเงิน. 2552.

การจัดการการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดการเสี่ยงในการผลิตข้าว. เอกสาร

ประกอบการประชุมแถลง ผลงานกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมการข้าว

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. หน้า 149-163.

- เกษมศักดิ์ แสนโกชน์. 2544 . เกษตรอินทรีย์สุรินทร์. สำนักงานจังหวัดสุรินทร์. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย.
- \_\_\_\_\_. 2546. เกษตรอินทรีย์สุรินทร์. สำนักงานจังหวัดสุรินทร์. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย.
- \_\_\_\_\_. 2547ก. คู่มือปฏิบัติการโครงการเกษตรอินทรีย์ จังหวัดสุรินทร์. สำนักงาน จังหวัดสุรินทร์. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย.
- \_\_\_\_\_. 2547ข. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์สุรินทร์ มก.สร. 2547. สำนักงานจังหวัด สุรินทร์. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย.
- กฤษณา สุตหะสาร และคณะทำงานโครงการวิจัยการสำรวจความแปรปรวนของคุณภาพข้าวหอม มะลิ. 2557. การสำรวจความแปรปรวนของคุณภาพข้าวหอมมะลิ. ใน: การประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประจำปี 2557 วันที่ 19 – 21 มีนาคม 2557 ณ โรงแรม รอยัลแม่โขงหนองคาย, หนองคาย. 25 หน้า.
- งามชื่น คงเสรี. 2536. การปรับปรุงคุณภาพข้าวเพื่อการบริโภคและส่งออก. ในเอกสารการประชุม ทางวิชาการปี 2536. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, จังหวัดปทุมธานี. หน้า 81-87.
- งามชื่น คงเสรี. 2538. การปรับปรุงคุณภาพข้าวสารเพื่อการบริโภคและส่งออก. ในเอกสารการ ฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์คุณภาพข้าวทางเคมี. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, จังหวัด ปทุมธานี. 23 หน้า.
- ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์, พรรณี จิตตา, พัทธราภรณ์ รักชุม, อังคณา กันทาจันทร์, กัลยา บุญสง่า, สุวัฒน์ เจียรคงมั่น, วราภรณ์ วงศ์บุญ, ประเสริฐ ไชยวัฒน์, ธาณี ชื่นบาน, ธัญวราภรณ์ ประจักษ์ และอิสระพงศ์ บุตรจันทร์. 2556. อิทธิพลของธาตุอาหารพืช ซัลเฟอร์ แคลเซียม แมงกานีส และ แมกนีเซียมต่อปริมาณสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline ผลผลิตและ คุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105. ประชุมวิชาการข้าวกลุ่มภาคตะวันออกเฉียงเหนือฯ ประจำปี 2556.
- ประเสริฐ สองเมือง วิทยา ศรีทานันท์ กรีพล ลิ้มสมวงศ์ อนนธ์ สุขสวัสดิ์ ดิเรก อินตาพรม กรรณิกา นากกลาง และสว่าง โรจนกุลกุลศล. 2542. การใช้กลบและขี้เถ้าเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. รายงาน ผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปุ๋ยข้าว และธัญพืชเมืองหนาว. ประจำปี 2536- 2539. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปุ๋ยข้าว และธัญพืชเมืองหนาว. กอง ปลูกพืชวิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 1-11.
- บริสุทธิ์ สัมฤทธิ์. 2537. ข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย. ข้าวสารเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่ 39. ฉบับที่ 4. หน้า 1-5.

- พัสกร เจียรตระกูล เมธินี เทวซึ่งเจริญ และ ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ. 2546. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 34 ฉบับที่ 4-6 (พิเศษ). หน้า 149-152.
- มณเฑียร จินดา สมศักดิ์ เหลืองศิริโรรัตน์ และเสน่ห์ ฤกษ์วีรี. 2542. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อสมบัติของดินและผลผลิตข้าวในดินนาชุดนครปฐม. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2536-2539. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปุ๋ยข้าว และธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 72-89.
- วารีย์ ไชยเทพ สิริ สุวรรณเขตนิคม สุภาณี จงดี สุภาพ และวิเชียร เฟ็งคำ. 2543. ผลของการใส่ฟางข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดินนา การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวอินทรีย์ขาวดอกมะลิ. รายงานประจำปี 2543 สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง กรมวิชาการเกษตร. หน้า 194-200.
- สุนทร สีหะเนิน. 2539. สุนทร สีหะเนิน ผู้ค้นพบข้าวหอมมะลิ 105. กสิกร. ปีที่ 69. ฉบับที่ 3. หน้า 243-244.
- สุรชัย จงพิพัฒน์ชัย ปริศนา หาญวิริยะพันธุ์ บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ และทวี คุปต์กาญจนากุล. 2542. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวอินทรีย์. กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยข้าว, กรุงเทพฯ. 77 หน้า.
- แสวง รวยสูงเนิน. 2548. สถานภาพ และประเด็นปัญหาในระบบการผลิต และการตลาดข้าวอินทรีย์. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการเสวนาเพื่อพิจารณาโจทย์วิจัยเกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 64 หน้า.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ สมชาย กริฑาภิรมย์ สุภาพ บูรณากาญจน์ วารุณี วารัญญานนท์ พัชรี ตั้งตระกูลศิริชัย สมบูรณ์พงษ์ ทรงศักดิ์ รัฐปัติย์ สัมพันธ์ รัตนสุภา ปัญญา รมเย็น ทรงชัย วัฒนพ่ายพกุล กรรณิกา นากลาง สว่าง โรจนกุล และ พิทักษ์ พรอุไรสนิท. 2540. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105. ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35, กรุงเทพมหานคร.
- Abdul-Hamid, A. and Y.S. Luan. 2000. Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Defatted Rice Bran. Food Chemistry. 68: 15-19.
- Abe, J., Songmuang, P. and Harada, J. 1995. Root growth of paddy rice with application organic materials as fertilizers in Thailand. JARQ Vol. 29. No. 2:77-82.
- 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 19<sup>th</sup> edition, AOAC International, Maryland, USA. Method No. 942.32, Thianine; (Vitamin B1) in Human and Pet Foods.
- Barber, S. 1972. Milled Rice and Change during Aging. In Rice: Chemistry and Technology. 1<sup>st</sup> ed. Houston, D.F. (ed.). American Association of Cereal Chemists. St. Paul. pp. 215-263.
- Bergmann C.J., Delgado J.T., Bryant R., Grimm C., Cadwallader K.R., and Webb B.D., 2000. Rapid Gas Chromatographic Technique for Quantifying 2-Acetyl-1-Pyrroline and Hexanal in Rice (*Oryza sativa* L.). In: Cereal chemistry. 77(4): 454-458.
- Buttery R.G., Ling L.C., Juliano B.O., and Turnbaugh J.G., 1983. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. J. Agric. Food Chem. 31: 823-826.
- 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.
- Champagne, E.T., Brenda, G.L., Bong Kee Min, Vinyard, B.T., Bett, K.L., Franklin E. Barton II, Webb, B.D., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S., McKenzie, K.S. and Kohlwey, D.E. 1998. Effect of Postharvest Processing on Texture Profile Analysis of Cooked Rice. Cereal Chem. Vol. 75. pp. 181-186.
- Choudhury, N.H. and Juliano, B.O. 1980. Effect of Amylose Content on the Lipids of Mature Rice Grain. Phytochemistry. Vol. 19. pp. 1385-1389.
- Chrastil, J., 1990a. Chemical and Physicochemical Changes of Rice during Rice Storage at Different Temperatures. J. of Cereal Sci. Vol. 11: 71-85.
- Chrastil, J., 1990b. Protein-Starch Interactions in Rice Grain: Influence of Storage on Oryzenin and Starch. J. of Agri. and Food Chem. Vol. 38: 1804-1809.
- Chrastil, J. and Zarins, Z.M. 1992. Influence of Storage on Peptide Subunit Composition of Rice Oryzenin. J. of Agri. Food Chem., Vol. 40: 927-930.
- Daniels, M.J., Marks, B.P., Siebenmorgen, T.J., Mcnew, R.W. and Meullenet, J.F. 1998. Effects of Long-grain Rough Rice Storage History on End-use Quality. J. of Food Sci. Vol. 63: 832-835.

- Derycke, V., Veraverbeke, W.S., Vandeputte, G.E., Man, W., Hosney, R.C. & Delcour, J.A. (2005). Impact of proteins on pasting and cooking properties of nonparboiled and parboiled rice. *Cereal Chemistry*, 82: 468-474.
- Desikachar, H.S.R. and Subrahmanyam, V. 1960. Expansion of New and Old Rice during Cooking. *Cereal Chem.* Vol. 36: 385-391.
- Dillahunty, A.L., Siebemorger, T.J. and Mauromoustakos, A. 2000a. Effect of Temperature, Exposure Duration, and Moisture Content on Color and Viscosity of Rice. *Cereal Chem.* Vol. 78: 559-563.
- Dillahunty, A.L., Siebenmorgen, T.J., Buescher, R.W., Smith, D.E. and Mauromoustakos, A., 2000b. Effect of Moisture Content and Temperature on Respiration Rate of Rice. *Cereal Chem.* Vol. 77: 541-543.
- Efferson, J.N. 1985. Rice quality in world markets. In: IRRI (ed.) *Rice Grain Quality and Marketing*. IRRI. Manila. 1-13.
- Fageria, N.K., R.J. Wright, V.C. Baligar, J.R.P. Carvalho. 1990. Upland rice response to potassium fertilization on a Brazilian oxisol. *Fertilizer Research* 21(3): 141-147.
- Goodman, D.E. and Rao, R.M., 1984. Amylose Content and Puffed Volume of Gel Rice. *J. of Food Sci.* Vol. 49: 1204-1205.
- Gras, P.W., Banks, H.J., Bason, M.L. and Arriola, L.P. 1989. A Quantitative Study of the Influences of Temperature, Water Activity and Storage Atmosphere on the Yellowing of Milled Rice. *J. Cereal Sci.* Vol. 9: 77-89.
- Haefele, S.M., K. Naklang, D. Harnpichitvitay, S. Jearakongman, E. Skulkhu, P. Romyen, S. Phasopa, S. Tabtim, D. Suriya-arunroj, S. Khunthasuvon, D. Kraisorakul, P. Youngsuk, S.T. Amarante, and L.J. Wade. 2006. Factors affecting rice yield and fertilizer response in rainfed lowlands of northeast Thailand. *Field Crops Research* 98: 39-51.
- Hamaker, B.R. and Griffin, V.K. 1990. Changing the Viscoelastic Properties of Cooked Rice through Protein Disruption. *Cereal Chem.* Vol. 67: 261-264.
- Hamaker, B.R. & Griffin, V. K. 1993. Effect of disulfide bond containing protein on rice starch gelatinization and pasting. *Cereal Chemistry*. 70: 377-380.
- Hunter, I.R., Houston, D.F. and Kester, E.B. 1951. Development of Free Fatty Acids during Storage of Brown (Husked) Rice. *Cereal Chem.* Vol. 26: 232-239.

- Indudhara, S.Y.M., Sowbhaya, C.M. and Bhattacharya, K.R. 1978. Changes in the Physicochemical Properties of Rice with Aging. *J. Sci. Food and Agri.* 29: 627-639.
- Iqbal, S., Bhanger, M.I. and Anwar, F., 2005, Antioxidant Properties and Components of Some Commercially Available Varieties of Rice Bran in Pakistan, *Food Chemistry*, 93(2): 265-272.
- Juliano, B.O., 1971. A Simplified Assay for Milled Rice Amylase. *Cereal Science Today*. 16(10): 334-338.
- Juliano, B.O., 1985a. Criteria and Tests for Rice Grain Qualities. in *Rice Chemistry and Technology*. Juliano, B.O. (ed.). 2nd ed., The American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul. Minnesota. USA. pp. 495-501.
- Juliano, B.O., 1985b. The Rice Grain and its Cross Composition. In *Rice Chemistry and Technology*. Juliano, B.O.(ed.). The American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota. pp. 17-58.
- Juliano, B.O. 1985c. *Rice: Chemistry and Technology*, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota. 774 p.
- Juliano, B.O., 1993. Grain Structure, Composition and Consumer Criteria for Quality. In *Rice in Human Nutrition*. Juliano, B.O.(ed.). FAO Food and Nutrition Series.No. 26, 478 p.
- Juliano, B.O., Bantista, G.M., Lugay, J.C. and Reyes, A.C., 1964. Studies on the Physicochemical Properties of Rice. *J. Agri and Food Chem.* Vol. 12: 131-138.
- Juliano, B.O., Blakency, A.B., Butta, I., Castillo, D.T., Choudhury, N.H., Iwasaki, T., Shibuya, N., Kongseree, N., Lapis, E.T., Murty, V.V.S., Paule, C.M., Perez, C.M. and Webb, B.D. 1982. International Cooperative Testing of the Alkali Digestibility Values for Milled Rice. Vol. 34: 21-26.
- Juliano, B.O., Villareal, R.M., Perez, C.M., Villareal, C.D., Takeda, Y., Hizukuri, S. and Kagoshima. 1987. Variety differences in Properties among High Amylose Rice Starches. *Starch/Starke*. Vol. 11: 390-339.
- Kjeldahl, Johan Z. 1883. A new method for the determination of nitrogen in organic bodies. *Analytical Chemistry* 22. 366 p.



- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J. 1959. Structure of the Starch Granules. I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. *Cereal Chem.* Vol. 36. pp. 534-544.
- Leloup, V.M., Colonna, P. and Buleon, A., 1991. Influence of Amylose-Amylopectin Ratio on Gel Properties. *J. of Cereal Sci.* pp. 1-13.
- 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.
- Mamail, C.P. 2004. Organic fertilizer in rice: myths and fact. *All about Rice* 1(1): 1-5.
- Methews, J. and Spadaro, J.J. 1976. Breakage of Long-Grain Rice in Relation to Kernel Thickness. *Cereal Chem.* Vol. 53: 13-19.
- Meullenet, J.F., Marks, B.P., Hankind, 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.* Vol. 77: 259-263.
- Mitchell, 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. *Agriculture and Food Chemistry.* 55: 6154-6159.
- Morrison, W.R., Milligan, T. P. and Azudin, M.N. 1984. A Relationship between the Amylose and Lipid Contents of Starches from Dicotyledonous Cereals. *J. Cereal Sci.* Vol. 2: 257-271.
- Noomhorm, A., Kongseree, N. and Apitanapong, M., 1997. Effect of Ageing on the Quality of Glutinous Rice Crackers. *Cereal Chem.* Vol. 74: 12-15.
- NRI (Natural Resources Institute). 1991. Post harvest Discoloration of Cereal Grains. In Report on Operational Programmes : 1989-1991. Chatham Maritime, Chatham, Kent, U.K., NRI. pp. 256-258.
- Oates, C.G., 1997. Towards an Understanding of Starch Granule Structure and Hydrolysis. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 8: 375-382.
- Ong, M.H. and Blanshard, J.M.V. 1995. Texture determinants in cooked, Parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. *J. of Cereal Science.* Vol. 21: 251-260.

- Perdon, A.A., Siebenmorgen, T.J., Mauromoustakos, A., Griffin and Johnson, E.R. 2001. Degree of Milling Effects on Rice Pasting Properties. *Cereal Chem.* Vol. 78: 205-209.
- Pérez-López, A.J. López-Nicolas, J.M. Núñez-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. Agricultura and Food Chemistry.* 55: 8158–8164.
- Philips, S., Mitfa, R. and Wallbridge, A., 1989. Rice Yellowing during Drying Delays. *J. of Stored Products Research.* Vol. 25: 155-164.
- Philips, S., Widjaja, S., Wallbridge, A. and Cooke, R., 1988a. Rice Yellowing during Post harvest during by Aeration and during Storage. *J. of Stored Products Research.* Vol. 24: 173-181.
- Philips, S.I., Twiddy, D.R. and Reilly, P.J.A. 1988b. Post Harvest Discoloration of Rice. Poster Presented of the Society for Applied Microbiology Conference, July, 1988. Qui, M.F., Jin, T.C. and Zhou, R.F. 1998. The Change of Oryzenin and Starch Components during Rice Ageing Process. *J. of the Chinese Cereals and Oils Association,* Vol. 13: 12-15.
- Ponnampereuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* 24: 29-96.
- 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. *Journal of Cereal Science.* 49: 106-111.
- Shibuya, N., Iwasaki, T. and Kannondai, Y.M. 1982. Effect of the Enzymetic Removal of Endosperm Cell Wall on the Gelatinization Properties of Aged and Unaged Rice Flours. *Starch.* Vol. 9: 300-303.
- Singh, R.K., U.S., Singh and Khush, G.S. 2000. Aromatic Rices of other Countries. *Aromatic Rices.* Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. 281 p.
- Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R. 1976. Lipid Autooxidation in Rice. *J. of Food Sci.* Vol. 41: 1018-1023.

- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 8183-8189.
- Tamaki, M., M. Ebata, T. Tashiro and M. Ishikawa. 1989. Physicoecological studies on quality formation of rice kernel. II. Effect of ripening stage and some ripening conditions on free amino acids in milled kernel and in the exterior of cooked rice. *Jpn. J. Crop Sci.* pp. 70-695.
- Teo, C.H., Karim, A.A., Cheah, P.B., Norziah, M.H. and Seow, C.C. 2000. On the Roles of Protein and Starch in the Ageing of Non-Waxy Rice Flour. *Food Chem.* Vol. 69: 229-236.
- Thanajiruschaya, P., Doksaku, W., Rattanachaisit, P., and Kongkiattikajorn, J. 2010. Effect of storage time and temperature on antioxidant components and properties of milled rice. *KKU Research Journal*. 15: 843-851.
- Thomas, D.J. and Atwell, W.A. 1999. Starch Structure. In *Starches*, Eagan Press. Minnesota. USA. pp. 1-11.
- Tsuzuki, W., Asuminoto, H.K., Kobayashi, S. and Suzuli, T. 1994. Esterase Activity and Free Fatty Acids Accumulation in the Bran of Selected Rice Cultivars. *Cereal Chem.*, Vol. 71: 162-165.
- 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 Science and Technology*. 43: 1325-1330.
- Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, I. and Juliano, B.O. 1976. Changes in Physicochemical Properties of Rice during Storage. *Starch*. Vol. 28: 88-940.
- Von Uexküll, H.R. 1976. Aspects of Fertilizer Use in Modern, High-Yield Rice Culture. IPI-Bulletin No. 3 International Potash Institute. CH-3048 Worblaufen-Bern, Switzerland. 74 p.
- Wongpornchai, S., Dumri, K., Jongkaewwattana, S. and Siri, B. 2004. Effect of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. *Food Chemistry*. 87: 407-414.

- Xie, L., Chen, N., Duan, B., Zhu, Z. & Liao, X. (2008). Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice. *Journal of Cereal Science*, 47: 372-379.
- Yasumatsu, K. and Moritaka, S. 1964. Fatty Acid Compositions of Rice Lipid and Their Changes during Storage. *Agri. and Biol. Chem.* Vol. 28: 257-264.
- Yamazaki, K. and Harada, J. 1982. The root system formation and its possible bearings on grain yield in rice plants. *Japan Agriculture Research Quarterly*. Vol. 15: 153-160.
- Yanai, S., Ishitani, T and Kojo, T. 1979. Influence of Gaseous Environment on the Hermetic Storage of Milled Rice. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, Vol. 26: 145-150.
- Yoshihashi, T. Nguyen, TTH 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., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2002. Aging of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes. *J. of Cereal Sci.* Vol. 35: 65-78.

## วิทยานิพนธ์

- ทินกร สีเสียดคำ. 2548. การวิเคราะห์ 2-อะเซทิล-1-พิโรลีน โดยตรงในเมล็ดข้าวด้วยเฮดสเปซ-แก๊สโครมาโตกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 181 หน้า.
- ปาริชาติ สุขิตานนท์ และสุธี พรสวรรค์วงศ์. 2537. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหุงต้มข้าวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 406 หน้า.
- เพลงพิน ศิวาพรรักษ์. 2541. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 56 หน้า.

- ภัทรพร ธัญญาวิณิชกุล. 2540. ผลของภาชนะบรรจุและสภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวสาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 44-105.
- ละมุล วิเศษ. 2541. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 45-51.
- ลินดา พงศ์ผาสุก. 2537. การผลิตข้าวเคลือบกลิ่นหอม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.
- สุภาพร สิ้นศิริวัฒนา. 2549. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต คุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และคุณสมบัติของดินชุดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 92 หน้า.
- อัศรพล ศิริกุล. 2553. องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของรำข้าวอินทรีย์และรำข้าวเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 137 หน้า.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- กรมการข้าว กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. องค์ความรู้เรื่องข้าว. 2558.  
<http://brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=19.htm>  
 (สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2558).
- กรมการข้าว กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 2549. หลักการผลิตข้าวอินทรีย์. แหล่งที่มา:  
[http://www.ricethailand.go.th/rkb/data\\_010/rice\\_xx2-10\\_organic\\_new\\_index.html](http://www.ricethailand.go.th/rkb/data_010/rice_xx2-10_organic_new_index.html). [28 พฤษภาคม 2559]
- กองปฐพีศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร. 2547. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. แหล่งที่มา:  
<http://www.doa.go.th/ritechm3.htm>. [28 พฤษภาคม 2559]
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวหอมมะลิไทย. แหล่งที่มา: [http://www.acfs.go.th/standard/system\\_standards.php](http://www.acfs.go.th/standard/system_standards.php). [28 พฤษภาคม 2559]

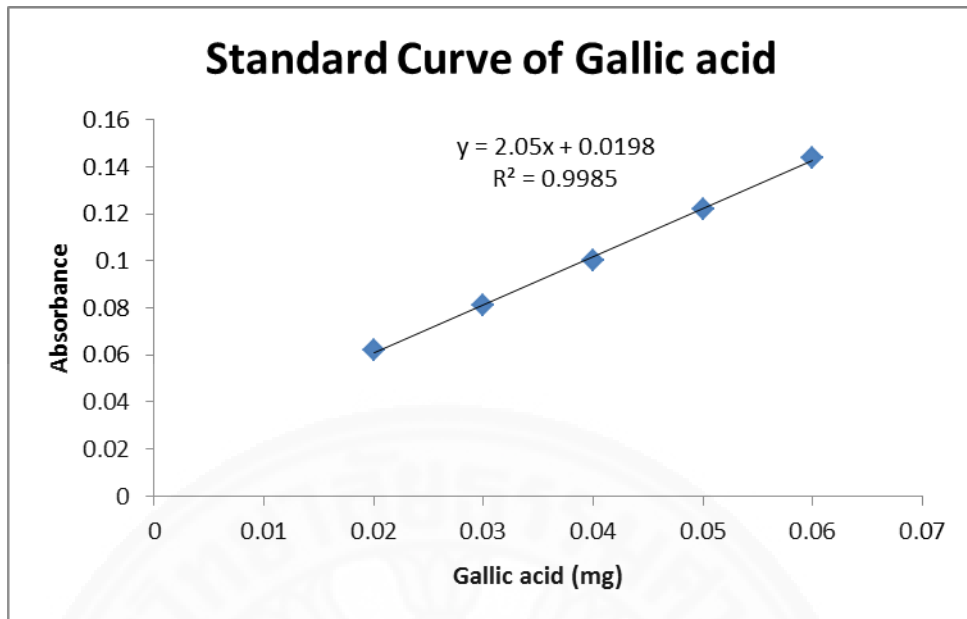
สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1. แหล่งที่มา:

[http://www.acfs.go.th/standard/system\\_standards.php](http://www.acfs.go.th/standard/system_standards.php). [28 พฤษภาคม 2559]

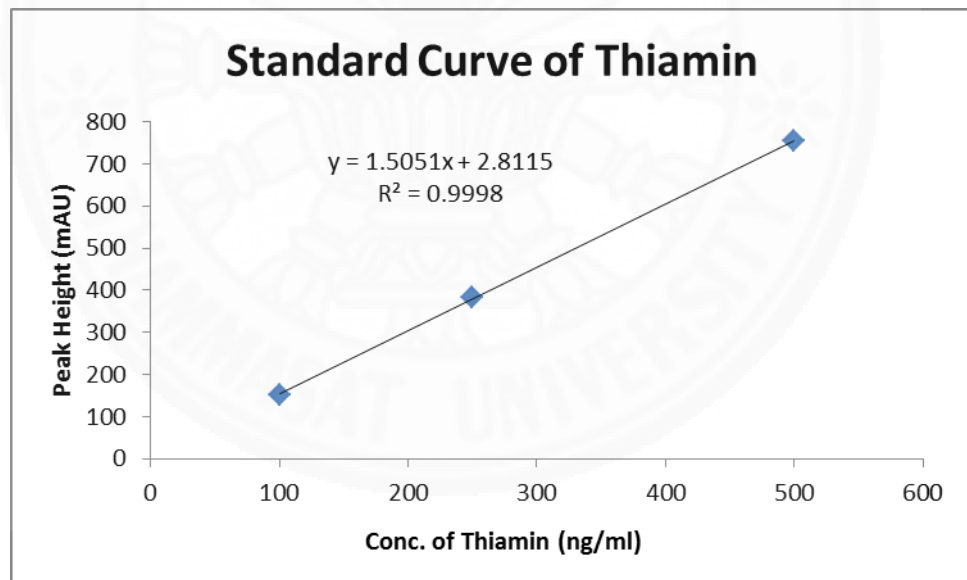




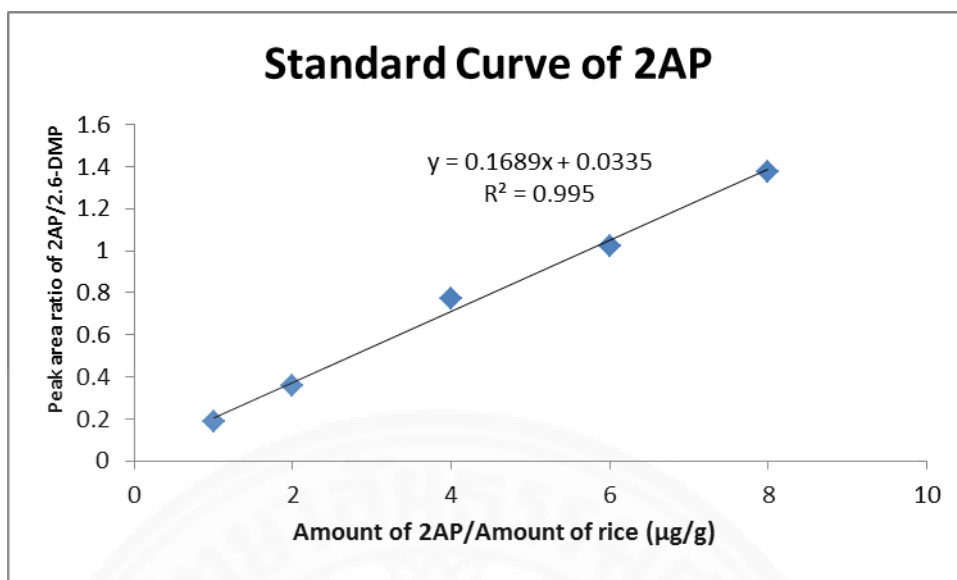




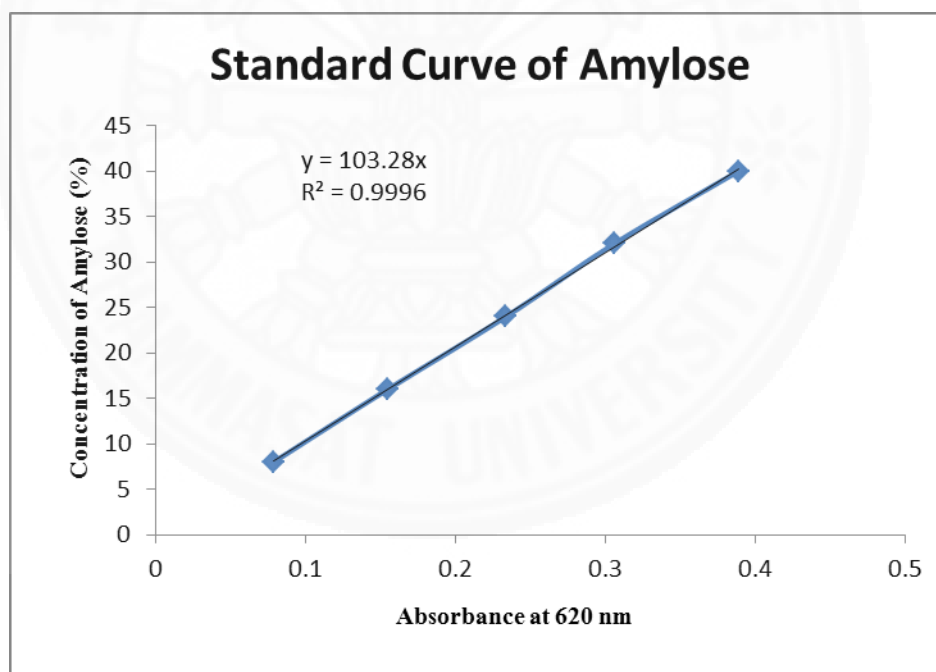
ภาพผนวกที่ 1 กราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก



ภาพผนวกที่ 2 กราฟของสารละลายมาตรฐานไทอามีน (วิตามินบี 1)



ภาพผนวกที่ 3 กราฟของสารละลายมาตรฐาน 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2AP)



ภาพผนวกที่ 4 กราฟของสารละลายมาตรฐานอะไมโลส

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอภิวัฒน์ อินทร์นก
วันเดือนปีเกิด	29 พฤศจิกายน 2532
วุฒิการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ภูมิลำเนา	195/1 หมู่ 1 ต.หัวหวาย อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ 60140
ทุนการศึกษา	พ.ศ. 2558: กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 43/2558 ประจำปี งบประมาณ 2558 และ ทุนวิจัยสนับสนุนจากโครงการ ส่งเสริมการวิจัยอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัย แห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558
ผลงานวิชาการ	อภิวัฒน์ อินทร์นก พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และ อรประภา อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์, 2559, การ เปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ใน จังหวัดสุรินทร์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 24 (5): หน้า 766-776.
ประสบการณ์ทำงาน	พ.ศ. 2557: QA Lab Supervisor บริษัท สรรเสริญ แอนด์ ชันส์ จำกัด