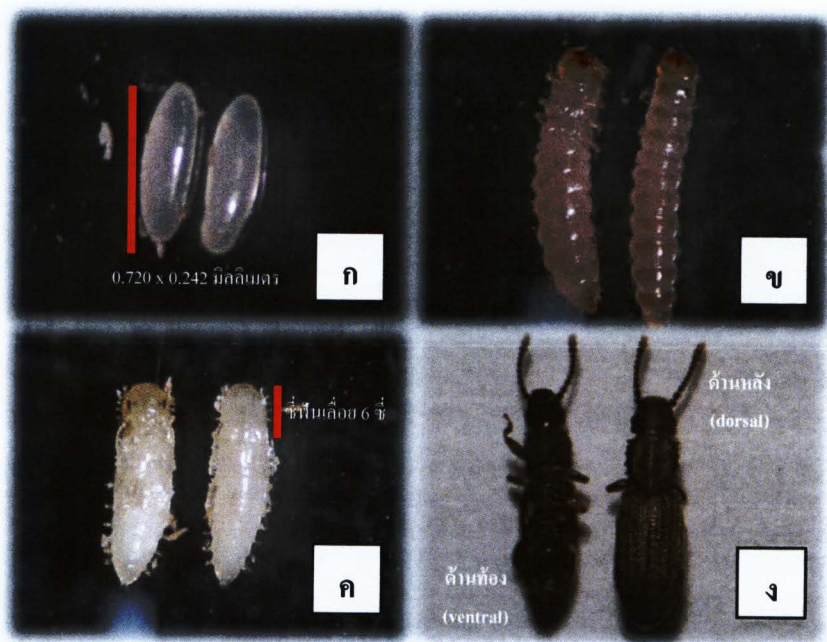


## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาวงจรชีวิตของมอดพันธุ์ในข้าวสารปทุมธานี 1

ไข่ของมอดพันธุ์ที่เลี้ยงด้วยข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ในจานหลุม 96 หลุม (96-well plate) ไข่ (ภาพ 4.1ก) ใช้เวลาฟักเฉลี่ย  $2.72 \pm 1.60$  วัน และหนอนของมอดพันธุ์ (ภาพ 4.1ข) เจริญจากวัยที่ 1 ไปเป็นวัยที่ 2, 3 และ 4 ใช้เวลา  $2.42 \pm 0.97$ ,  $2.70 \pm 0.65$ ,  $2.74 \pm 0.90$  และ  $3.31 \pm 0.80$  วันตามลำดับ มีอัตราการฟักตัวก่อนเข้าดักแด้  $1.10 \pm 0.30$  วัน และเข้าดักแด้ (ภาพ 4.1ค) เป็นระยะเวลา  $5.92 \pm 0.67$  วัน จึงออกมาเป็นตัวเต็มวัย (ภาพ 4.1ง) มอดพันธุ์ตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย  $19.81 \pm 1.65$  วัน (ตาราง 4.1)



ภาพ 4.1 รูปร่างลักษณะของมอดพันธุ์ *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus)  
ระยะไข่ (ก) หนอน (ข) ดักแด้ (ค) และตัวเต็มวัย (ง)

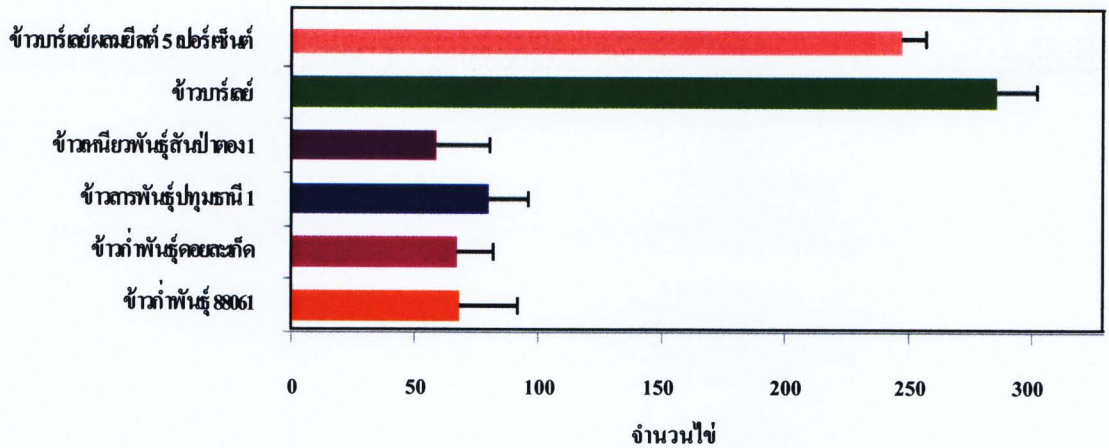


ตาราง 4.1 วงจรชีวิตของมอดฟืนเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ในระยะต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงด้วยข้าวสารที่ผสมข้าวสารบดหยาบ 10 เปอร์เซนต์

| ระยะการเจริญเติบโต              | ระยะเวลาในการเจริญเติบโต (วัน) $\pm$ SE <sup>1/</sup> |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ไข่                             | 2.72 $\pm$ 1.60                                       |
| หนอนวัยที่ 1                    | 2.42 $\pm$ 0.97                                       |
| วัยที่ 2                        | 2.70 $\pm$ 0.65                                       |
| วัยที่ 3                        | 2.74 $\pm$ 0.90                                       |
| วัยที่ 4                        | 3.31 $\pm$ 0.80                                       |
| ก่อนเข้าดักแด้                  | 1.10 $\pm$ 0.30                                       |
| ดักแด้                          | 5.92 $\pm$ 0.67                                       |
| ระยะเวลาในการเจริญเติบโตทั้งหมด | 19.81 $\pm$ 1.65                                      |

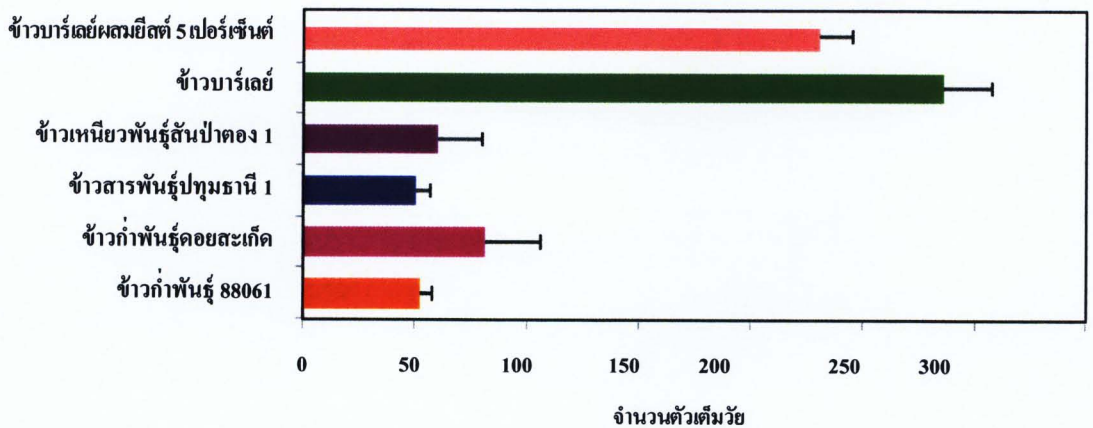
#### 4.2 การศึกษาการวางไข่ และการเจริญเติบโตของมอดฟืนเลื้อยในอาหารชนิดต่าง ๆ

มอดฟืนเลื้อยคละเพศจำนวน 200 ตัวให้เวลาในการไข่ 5 วัน พบว่ามอดฟืนเลื้อยไข่ในพืชอาหารคือ ข้าวบาร์เลย์มากที่สุด (285.25 $\pm$ 16.76 ฟอง) แตกต่างจากจำนวนไข่ที่ใช้ข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปอร์เซนต์ ข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวเก่าพันธุ์ 88061 ข้าวเก่าพันธุ์คอยสะเก็ด และข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 เป็นอาหาร โดยมีจำนวนไข่เท่ากับ 246.50 $\pm$ 9.95, 80.25 $\pm$ 15.69, 68.25 $\pm$ 23.77, 67.25 $\pm$ 14.73 และ 58.75 $\pm$ 21.69 ฟอง ตามลำดับ (ภาพ 4.2)



ภาพ 4.2 จำนวนไขของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่เลี้ยงด้วยข้าวก่ำพันธุ์ 88061 ข้าวก่ำพันธุ์คอยสะเกิด ข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ข้าวบาร์เลย์ และข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาความสามารถในการเจริญเติบโตของมอดพื้นเลื้อยตั้งแต่ระยะไข่จนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย พบว่าตัวเต็มวัยสามารถเจริญในพืชอาหารต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยแมลงสามารถเจริญได้ดีในข้าวบาร์เลย์มีจำนวนเฉลี่ยมากที่สุดคือ  $286.00 \pm 21.71$  ตัว รองลงมาได้แก่ข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเฉลี่ยคือ  $230.75 \pm 14.38$  ตัว ข้าวก่ำคอยสะเกิด และข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ซึ่งมีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ย  $81.50 \pm 24.97$  และ  $60.50 \pm 19.84$  ตัวตามลำดับ ข้าวก่ำ 88061 ซึ่งมีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ย  $52.50 \pm 5.32$  ตัว (ภาพ 4.3)



ภาพ 4.3 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่เลี้ยงด้วยข้าวก่ำพันธุ์ 88061 ข้าวก่ำพันธุ์คอยสะเกิด ข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ข้าวบาร์เลย์ และข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปอร์เซ็นต์

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนในการควบคุมมอดพินเลื้อย

ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงใช้รมโดยตรงในการกำจัดมอดพินเลื้อยพบว่า ระยะคักแด้ของมอดพินเลื้อย มีความสามารถในการทนทานต่อก๊าซโอโซนมากที่สุดพบจำนวนแมลงตาย  $60.83 \pm 3.19$  เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะไข่ หนอน และตัวเต็มวัยของมอดพินเลื้อยพบการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.2)

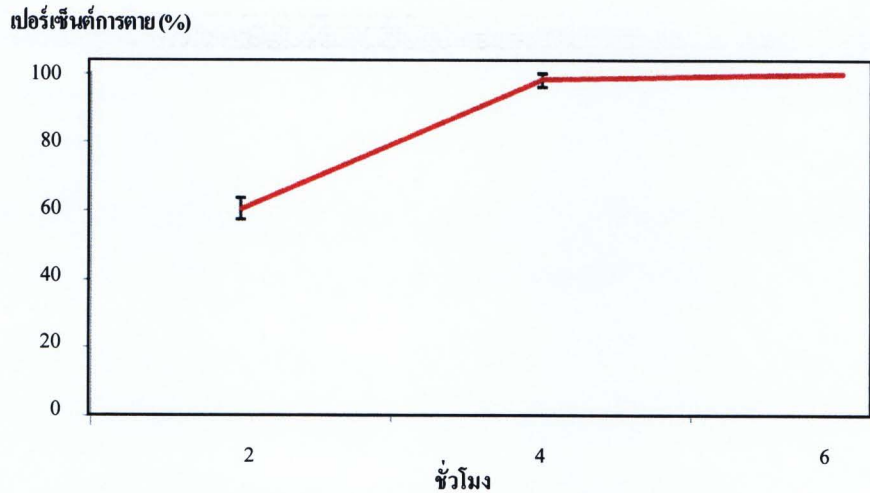
ตาราง 4.2 ระยะการเจริญเติบโตของมอดพินเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่ทนทานที่สุดเมื่อรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

| ระยะการเจริญเติบโต | เปอร์เซ็นต์การตาย $\pm$ SE <sup>1/</sup> |
|--------------------|------------------------------------------|
| ไข่                | 100 $\pm$ 0b                             |
| หนอน               | 100 $\pm$ 0b                             |
| คักแด้             | 60.83 $\pm$ 3.19a                        |
| ตัวเต็มวัย         | 100 $\pm$ 0b                             |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยในสัณฐานเดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนกำจัดมอดพินเลื้อย

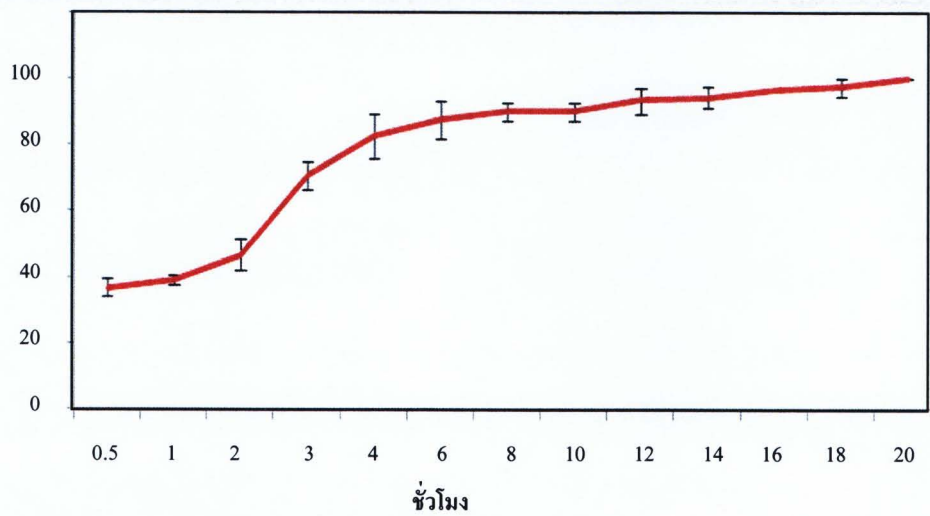
จากการศึกษาระยะคักแด้ของมอดพินเลื้อยที่เป็นระยะทนทานที่สุด เมื่อเพิ่มเวลาในการรมจาก 2 ชั่วโมง เป็น 4 ชั่วโมง พบว่าแมลงมีการตายเพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $98.33 \pm 1.32$  เปอร์เซ็นต์ และพบว่าระยะเวลาที่ทำให้มอดพินเลื้อยตายอย่างสมบูรณ์คือ 6 ชั่วโมง (ภาพ 4.4) และมีค่า Median Lethal Time (LT<sub>50</sub>) เท่ากับ 1.84 ชั่วโมง มีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Confidence Interval) เท่ากับ 1.62-1.98 ชั่วโมง



ภาพ 4.4 เปอร์เซ็นต์การตายของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ในระยะดักแด้ เมื่อได้รับก๊าซโอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นระยะเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง

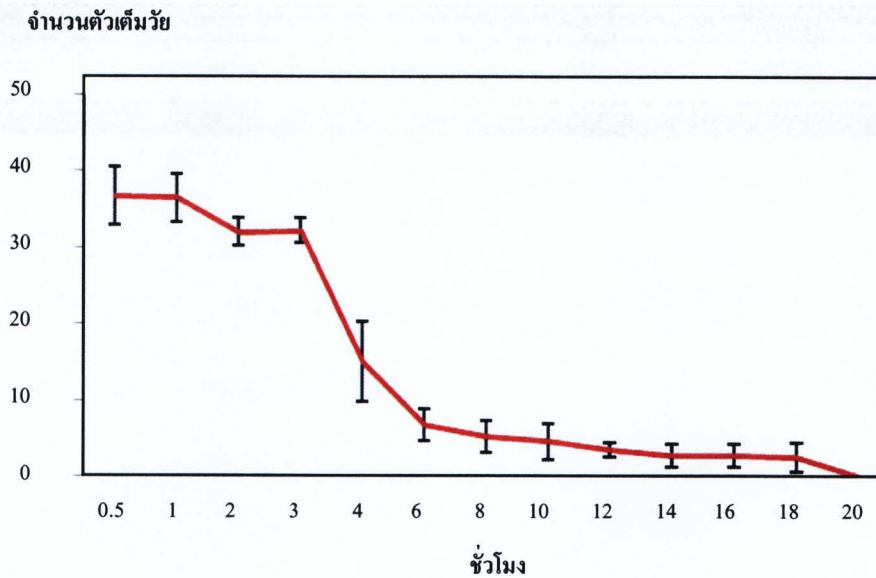
มอดพื้นเลื้อยระยะดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานที่สุดต่อก๊าซโอโซนเมื่อนำมาปะปนอยู่ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 น้ำหนัก 1 กิโลกรัม และได้รับก๊าซโอโซนความเข้มข้น 60 ppm พบว่าการตายของแมลงเมื่อได้รับก๊าซโอโซนประมาณ 30 นาที และการตายเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการรมมากขึ้น ดักแด้ของมอดพื้นเลื้อยที่ปะปนอยู่ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง (ภาพ 4.5) ซึ่งมีค่า  $LT_{50}$  เท่ากับ 1.18 ชั่วโมง มีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Confidence Interval) เท่ากับ 0.92-1.68 ชั่วโมง

เปอร์เซ็นต์การตาย (%)



ภาพ 4.5 เปอร์เซนต์การตายของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ในระยะดักแด้ เมื่อรมด้วยก๊าซไอโซนในระยะเวลาต่าง ๆ ความหนาแน่นของดักแด้มอดพื้นเลื้อยเท่ากับ 30 ตัวในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ดักแด้ของมอดพื้นเลื้อยมีการตายมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการรมก๊าซไอโซนเพิ่มมากขึ้นแมลงที่เหือรอดหลังจากได้รับก๊าซไอโซน สามารถพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย พบว่าตัวเต็มวัยดังกล่าวสามารถวางไข่ และเจริญเติบโตให้รุ่นลูก (F1) ได้ ในกรรมวิธีที่มอดพื้นเลื้อยได้รับก๊าซไอโซน 0.5 ชั่วโมง หรือ 30 นาที มีผลทำให้มอดพื้นเลื้อยเหือรอด และให้ลูกได้ ( $36.75\pm3.77$  ตัว) จำนวนรุ่นลูกลดลงพบในมอดพื้นเลื้อยได้รับก๊าซไอโซนเป็นเวลายาวนานขึ้น และไม่ปรากฏรุ่นลูกของมอดพื้นเลื้อยในกรรมวิธีที่ดักแด้ได้รับก๊าซไอโซนเป็นเวลา 20 ชั่วโมง (ภาพ 4.6)



ภาพ 4.6 จำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) ของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซน ที่ระยะเวลา 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 ชั่วโมง

#### 4.5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากการใช้ก๊าซโอโซนในการกำจัดแมลง

จากการนำข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มารมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง ทำให้ระยะคักแด้ที่ทนทานต่อก๊าซโอโซนมากที่สุดตายได้อย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เปลี่ยนไป โดยเปรียบเทียบกับคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้ผ่านก๊าซโอโซน ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.3 และ 4.4

##### 4.5.1. การวัดคุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่รมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมงพบว่า มีปริมาณสารหอมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยข้าวสารที่รมด้วยก๊าซโอโซนมีปริมาณสารหอม 1.15 ppm และข้าวสารที่ไม่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนมีปริมาณสารหอม 2.07 ppm (ตาราง 4.3)

### การวัดคุณภาพทางกายภาพ

#### 4.5.2. ความชื้นของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ความชื้นของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วัดโดยวิธีการอบด้วยความร้อน ในชุดควบคุมเท่ากับ 12.81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันกับความชื้นของข้าวสารที่รมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งมีความชื้นลดลงเป็น 12.28 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.3)

ตาราง 4.3 คุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่รมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง และข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซน (ชุดควบคุม)

| กรรมวิธี                | ความชื้น (%) <sup>1/</sup> | สารหอม 2AP (ppm) <sup>1/</sup> |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| ชุดควบคุม               | 12.81a                     | 2.07a                          |
| โอโซน 60 ppm 20 ชั่วโมง | 12.28b                     | 1.15b                          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยในสมมติเดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี paired t-test

#### 4.5.3. ความขาวของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

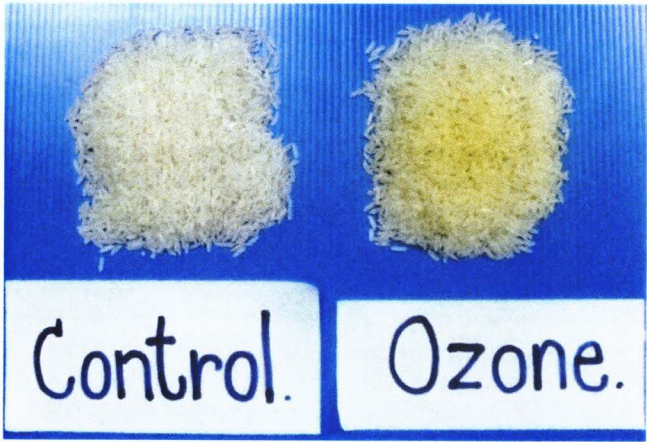
เมื่อนำข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไปรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง พบว่าค่า  $b^*$  (yellowness) ซึ่งเป็นค่าที่นำมาอธิบายความเหลืองของข้าวสารมีค่าสูงขึ้น มีค่า  $b^*$  เท่ากับ 8.38 ซึ่งแตกต่างกับ  $b^*$  ของข้าวสารที่ไม่ผ่านก๊าซโอโซนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยมีค่า  $b^*$  เท่ากับ 7.09 การที่ค่า  $b^*$  มีค่าสูงขึ้นแสดงว่าก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง สามารถทำให้ข้าวสารเปลี่ยนสีไปเป็นสีขาวออกเหลืองได้ ค่า  $L^*$  (brightness) ซึ่งเป็นค่าที่นำมาอธิบายความโปร่งแสงของข้าวสาร ผลจากการที่รมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง พบว่าความโปร่งแสงมีค่าเท่ากับ 52.05 ซึ่งแตกต่างกับค่า  $L^*$  ของข้าวสารที่ไม่ผ่านก๊าซโอโซนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยมีค่า  $L^*$  เท่ากับ 47.85 การที่ค่า  $L^*$  มีค่าสูงขึ้นแสดงว่าก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง สามารถทำให้ข้าวมีความโปร่งแสงมากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อวัดดัชนีความขาว โดยมีดัชนีความขาวของข้าวที่ไม่ผ่านก๊าซโอโซนเท่ากับ 47.36 และข้าวที่รมด้วยก๊าซโอโซนเท่ากับ 51.31

(ตาราง 4.4) สีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนไปจากสีขาวโปร่งแสงไปเป็นสีเหลืองโปร่งแสง (ภาพ 4.7)

ตาราง 4.4 ความขาวของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่รมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง และข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซน (ชุดควบคุม)

| กรรมวิธี                | L* <sup>1/</sup> | b* <sup>1/</sup> | Whiteness Index |
|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| ชุดควบคุม               | 47.85a           | 7.09a            | 47.36           |
| โอโซน 60 ppm 20 ชั่วโมง | 52.05b           | 8.38b            | 51.31           |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยในสคัมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี paired t-test



ภาพ 4.7 การเปรียบเทียบสีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชุดควบคุม และข้าวที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 20 ชั่วโมง