

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาวงจรชีวิตของมอดฟืนเลื้อยในข้าวสารปทุมธานี 1

ไข่ของมอดฟืนเลื้อยที่เลี้ยงด้วยข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ในจานหลุม 96 หลุม (96-well plate) ไข่ (ภาพ 4.1ก) ใช้เวลาฟักเฉลี่ย  $2.72 \pm 1.60$  วัน และหนอนของมอดฟืนเลื้อย (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) มอดฟืนเลื้อยตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย  $19.81 \pm 1.65$  วัน (ตาราง 4.1)



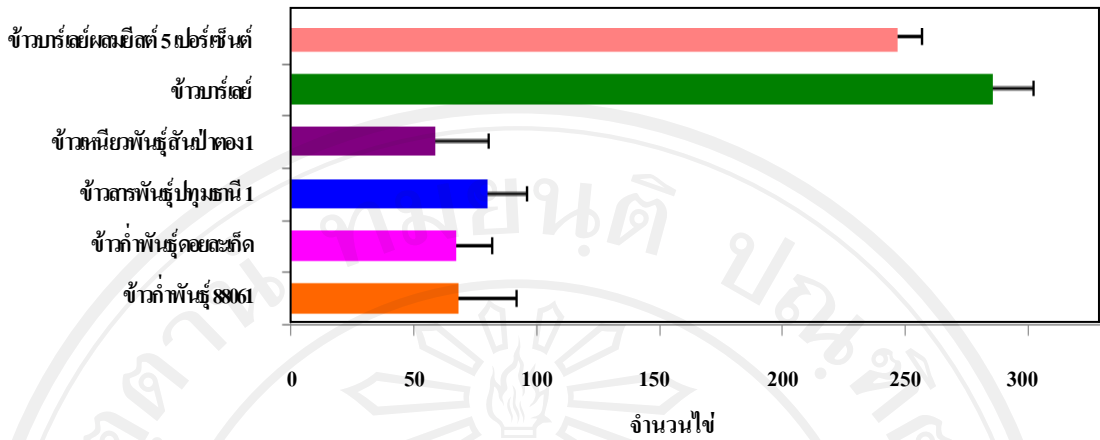
ภาพ 4.1 รูปร่างลักษณะของมอดฟืนเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ระยะไข่ (ก) หนอน (ข) ดักแด้ (ค) และตัวเต็มวัย (ง)

ตาราง 4.1 วงจรชีวิตของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ในระยะต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงด้วยข้าวสารที่ผสมข้าวสารบดหยาบ 10 เปอร์เซ็นต์

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

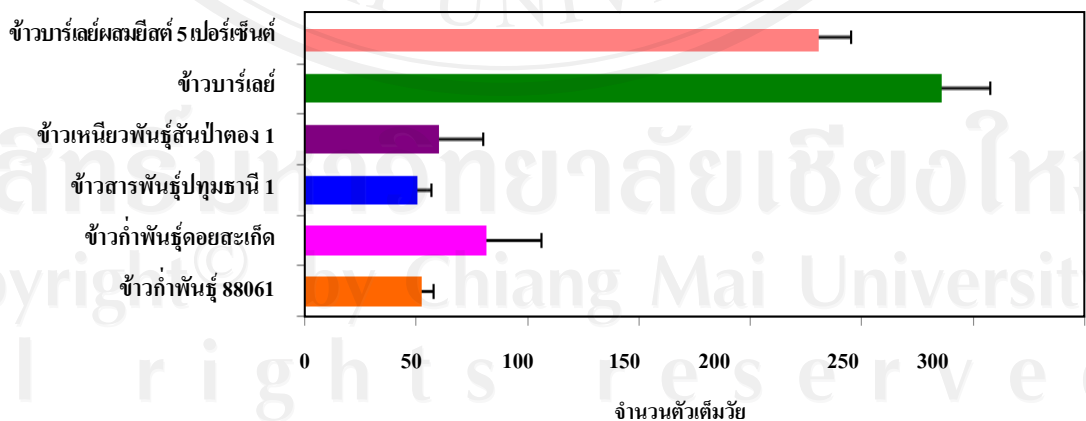
#### 4.2 การศึกษาการวางไข่ และการเจริญเติบโตของมอดพื้นเลื้อยในอาหารชนิดต่าง ๆ

มอดพื้นเลื้อยแต่ละเพศจำนวน 200 ตัวให้เวลาในการไข่ 5 วัน พบว่ามอดพื้นเลื้อยไข่ในพืชอาหารคือ ข้าวบาร์เลย์มากที่สุด (285.25 $\pm$ 16.76 ฟอง) แตกต่างจากจำนวนไข่ที่ใช้ข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปอร์เซ็นต์ ข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวเก่าพันธุ์ 88061 ข้าวเก่าพันธุ์ดอยสะเก็ด 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 จำนวนไข่ของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่เลี้ยงด้วยข้าวเก่าพันธุ์ 88061 ข้าวเก่าพันธุ์คอยสะเก็ด ข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ข้าวบาร์เลย์ และข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปรอร์เซ็นต์

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



ภาพ 4.3 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่เลี้ยงด้วยข้าวเก่าพันธุ์ 88061 ข้าวเก่าพันธุ์คอยสะเก็ด ข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ข้าวบาร์เลย์ และข้าวบาร์เลย์ผสมยีสต์ 5 เปรอร์เซ็นต์

#### 4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนในการควบคุมมอดพื้นเลื้อย

ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงใช้รมโดยตรงในการกำจัดมอดพื้นเลื้อยพบว่า ระยะดักแด้ของมอดพื้นเลื้อย มีความสามารถในการทนทานต่อก๊าซโอโซนมากที่สุดพบจำนวนแมลงตาย  $60.83 \pm 3.19$  เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะไข่ หนอน และตัวเต็มวัยของมอดพื้นเลื้อยพบการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.2)

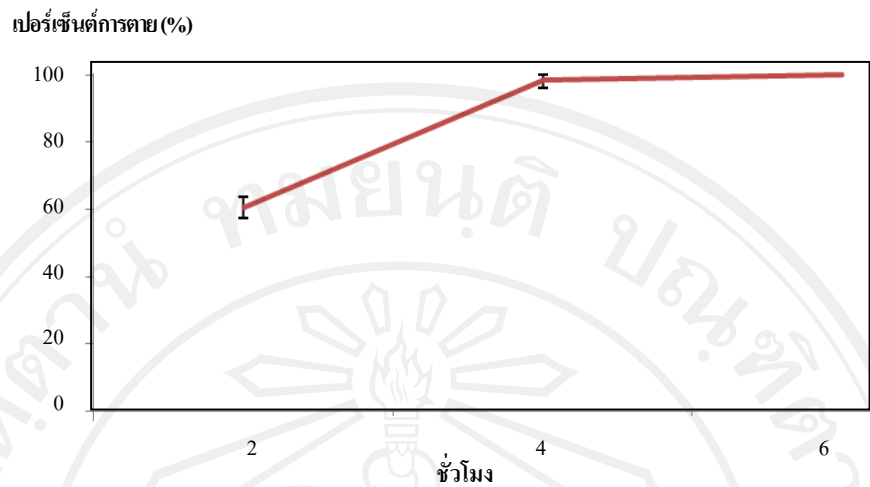
ตาราง 4.2 ระยะการเจริญเติบโตของมอดพื้นเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ที่ทนทานที่สุดเมื่อรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

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

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

#### 4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซโอโซนกำจัดมอดพื้นเลื้อย

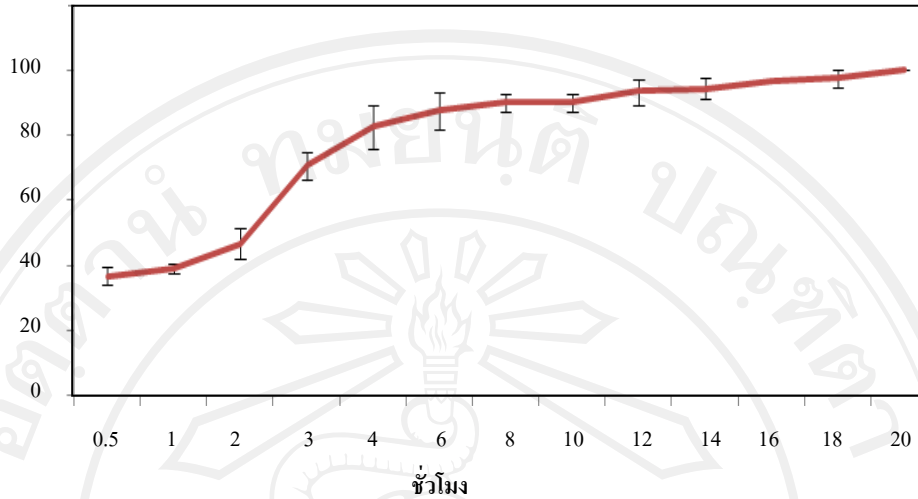
จากการศึกษาระยะดักแด้ของมอดพื้นเลื้อยที่เป็นระยะทนทานที่สุด เมื่อเพิ่มเวลาในการรมจาก 2 ชั่วโมง เป็น 4 ชั่วโมง พบว่าแมลงมีการตายเพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $98.33 \pm 1.32$  เปอร์เซ็นต์ และพบว่าระยะเวลาที่ทำให้มอดพื้นเลื้อยตายอย่างสมบูรณ์คือ 6 ชั่วโมง (ภาพ 4.4) และมีค่า Median Lethal Time (LT<sub>50</sub>) เท่ากับ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



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

มอดพื้นเลื้อยระยะดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานที่สุดต่อก๊าซไอโซนเมื่อนำมาปะปนอยู่ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 น้ำหนัก 1 กิโลกรัม และได้รับก๊าซไอโซนความเข้มข้น 60 ppm พบว่าการตายของแมลงเมื่อได้รับก๊าซไอโซนประมาณ 30 นาที และมีการตายเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการรมมากขึ้น ดักแด้ของมอดพื้นเลื้อยที่ปะปนอยู่ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับก๊าซไอโซนที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง (ภาพ 4.5) ซึ่งมีค่า  $LT_{50}$  เท่ากับ 1.18 ชั่วโมง มีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Confidence Interval) เท่ากับ 0.92-1.68 ชั่วโมง

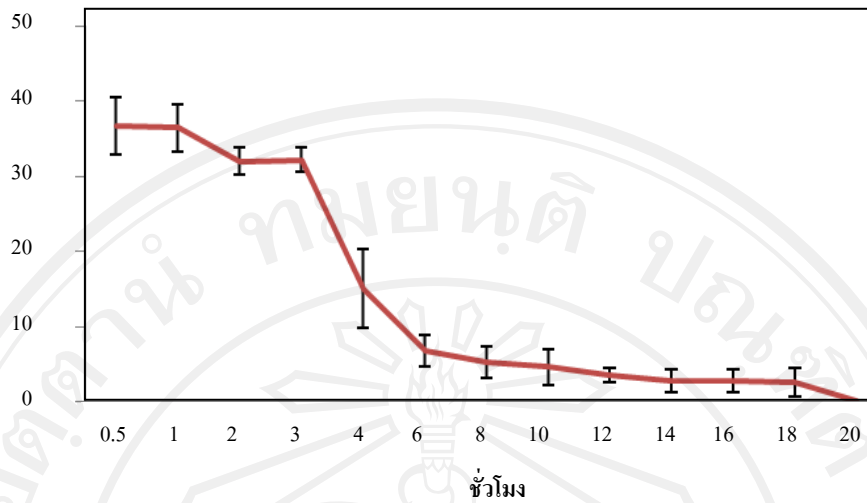
เปอร์เซ็นต์การตาย (%)



ภาพ 4.5 เปอร์เซ็นต์การตายของมอดพินเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) ในระยะดักแด้ เมื่อรมด้วยก๊าซไอโซนในระยะเวลาต่าง ๆ ความหนาแน่นของดักแด้มอดพินเลื้อยเท่ากับ 30 ตัวในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ดักแด้ของมอดพินเลื้อยมีการตายมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการรมก๊าซไอโซนเพิ่มมากขึ้นแมลงที่เหleanorอดหลังจากได้รับก๊าซไอโซน สามารถพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย พบว่าตัวเต็มวัยดังกล่าวสามารถวางไข่ และเจริญเติบโตให้รุ่นลูก (F1) ได้ ในกรรมวิธีที่มอดพินเลื้อยได้รับก๊าซไอโซน 0.5 ชั่วโมง หรือ 30 นาที มีผลทำให้มอดพินเลื้อยเหleanorอด และให้ลูกได้ ( $36.75 \pm 3.77$  ตัว) จำนวนรุ่นลูกลดลงพบในมอดพินเลื้อยได้รับก๊าซไอโซนเป็นเวลายาวนานขึ้น และไม่ปรากฏรุ่นลูกของมอดพินเลื้อยในกรรมวิธีที่ดักแด้ได้รับก๊าซไอโซนเป็นเวลา 20 ชั่วโมง (ภาพ 4.6)

จำนวนตัวเต็มวัย



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

#### 4.5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังจากการใช้ก๊าซไอโซนในการกำจัดแมลง

จากการนำข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มารมด้วยก๊าซไอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง ทำให้ระยะคักแด้ที่ทนทานต่อก๊าซไอโซนมากที่สุดตายได้อย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เปลี่ยนไป โดยเปรียบเทียบกับคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้ผ่านก๊าซไอโซน ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.3 และ 4.4

##### 4.5.1. การวัดคุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ที่รมด้วยก๊าซไอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมงพบว่า มีปริมาณสารหอมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยข้าวสารที่รมด้วยก๊าซไอโซนมีปริมาณสารหอม 1.15 ppm และข้าวสารที่ไม่ผ่านการรมด้วยก๊าซไอโซนมีปริมาณสารหอม 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> ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน 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 และเมื่อดูดัชนีความขาว โดยมีดัชนีความขาวของข้าวที่ไม่ผ่านก๊าซโอโซนเท่ากับ 47.36 และข้าวที่รมด้วยก๊าซโอโซนเท่ากับ 51.31



(ตาราง 4.4) สีของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนไปจากสีขาวโปร่งแสงไปเป็นสีเหลืองโปร่งแสง (ภาพ 4.7)

**ตาราง 4.4** ความขาวของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่รมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง และข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 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> ค่าเฉลี่ยในสคมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี paired t-test



**ภาพ 4.7** การเปรียบเทียบสีของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ชุดควบคุม และข้าวที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 20 ชั่วโมง