

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ฅ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฐ
สารบัญภาพภาคผนวก	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	28
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์การทดลอง	33
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	57
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	69
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายของข้าว	70
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง	78
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	104
ภาคผนวก ง ภาพเครื่องมือ	116
ประวัติผู้เขียน	122

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	รูปร่างของเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้อง ข้าวสารและข้าวเปลือก	4
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ (ต่อ 100 กรัม)	7
2.3	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	8
4.1	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ที่ระยะห่างเพลท 1.00 เซนติเมตร (ก) ที่ความถี่ 13.27, 27.55 และ 41.84 MHz	38
4.2	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ที่ระยะห่างเพลท 1.50 เซนติเมตร (ข) ที่ความถี่ 13.27, 27.55 และ 41.84 MHz	39
4.3	ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ที่ระยะห่างเพลท 1.00 เซนติเมตร (ก) ที่ความถี่ 13.27, 27.55 และ 41.84 MHz	40
4.4	ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ที่ระยะห่างเพลท 1.50 เซนติเมตร (ข) ที่ความถี่ 13.27, 27.55 และ 41.84 MHz	40
4.5	ค่าลอสแทนเจน ที่ระยะห่างเพลท 1.00 เซนติเมตร (ก) ที่ความถี่ 13.27, 27.55 และ 41.84 MHz	42
4.6	ค่าลอสแทนเจน ที่ระยะห่างเพลท 1.50 เซนติเมตร (ข) ที่ความถี่ 13.27, 27.55 และ 41.84 MHz	42
4.7	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของผีเสื้อข้าวเปลือกในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที	45
4.8	จำนวนแมลงผีเสื้อข้าวเปลือกรุ่นลูก เมื่อผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที หลังจากเก็บไว้ 4 สัปดาห์	48
4.9	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของผีเสื้อข้าวเปลือกระยะดักแด้ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

- 4.10 เปอร์เซนต์ความชื้น (%), ค่าสี (L^* และ b^*), เปอร์เซนต์ข้าวกล้อง, ข้าวขาว, ต้นข้าว และอะไมโลส ของข้าวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที 51

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าว	5
2.2	แสดงการเกิดความร้อนในเนื้อวัสดุจากการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริก	17
2.3	การตอบสนองของวัสดุแต่ละประเภทต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	18
2.4	แสดงเปรียบเทียบการเกิดความร้อนในวัสดุระหว่างการให้ความร้อนแบบเดิมกับการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริก	18
2.5	ลักษณะการเปลี่ยนจากพลังงานคลื่นไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัสดุเมื่อถูกนำไปวางไว้ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	22
4.1	กลุ่มไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกที่อยู่บนเมล็ดข้าวเปลือก	34
4.2	ลักษณะของหนอนที่อาศัยกักกินอยู่ในเมล็ดข้าวเปลือก	34
4.3	ลักษณะของดักแด้ที่อาศัยอยู่ในเมล็ดข้าวเปลือก	34
4.4	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของเมล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกติดอยู่ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีผีเสื้อข้าวเปลือกระยะหนอนและดักแด้เข้าทำลายอยู่ ภายใน และเมล็ดข้าวเปลือกเพียงอย่างเดียว ที่ระยะห่างเพลท 1.00 (ก) และ 1.50 (ข) เซนติเมตร	35
4.5	ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียของเมล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกติด อยู่ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีผีเสื้อข้าวเปลือกระยะหนอนและดักแด้เข้าทำลาย อยู่ภายใน และเมล็ดข้าวเปลือกเพียงอย่างเดียว ที่ระยะห่างเพลท 1.00 (ก) และ 1.50 (ข) เซนติเมตร	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.6	ค่าลอสมแทนเจนของเมล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกติดอยู่ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีผีเสื้อข้าวเปลือกระยะหนอนและดักแด้เข้าทำลายอยู่ ภายใน และเมล็ดข้าวเปลือกเพียงอย่างเดียว ที่ระยะห่างเพลท 1.00 (ก) และ 1.50 (ข) เซนติเมตร	37
4.7	กราฟแสดงอุณหภูมิข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ	44

สารบัญตารางภาคผนวก

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก

หน้า

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสมแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดเม็ล็ดข้าวเปลือกความชื้นเฉลี่ย 15 เปอร์เซ็นต์ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.00 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz | 79 |
| 2 | ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสมแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกติดอยู่ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.00 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz | 82 |
| 3 | ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสมแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกที่มีผีเสื้อข้าวเปลือกระยะหอนเข้าทำลายอยู่ภายใน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.00 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz | 85 |
| 4 | ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสมแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกที่มีผีเสื้อข้าวเปลือกระยะดักแด้อยู่ภายใน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.00 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz | 88 |
| 5 | ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสมแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกความชื้นเฉลี่ย 15 เปอร์เซ็นต์ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz | 91 |
| 6 | ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสมแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกติดอยู่ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ | 94 |

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก

หน้า

7	ระยะเพลท 1.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกที่มีฝั่ลือ่ข้าวเปลือกระยะหนอนเข้าทำลาอยู่ภายใน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz	97
8	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ') แฟกเตอร์การสูญเสีย (ϵ'') และค่าลอสแทนเจน ($\tan \delta$) ของเม็ล็ดข้าวเปลือกที่มีฝั่ลือ่ข้าวเปลือกระยะดักแต่อยู่ภายใน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-50 MHz	100
9	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) (ค่าเฉลี่ย \pm S D) ในการตอบสนองของข้าวเปลือกความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ	103

สารบัญตารางภาคผนวก

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวก

หน้า

1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant; ϵ') ในระยะห่างเพลทที่ 1.00 เซนติเมตร	105
2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor; ϵ'') ในระยะห่างเพลทที่ 1.00 เซนติเมตร	105
3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าลอสมแทนเจน (loss tangent; $\tan \delta$) ในระยะห่างเพลทที่ 1.00 เซนติเมตร	106
4	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant; ϵ') ในระยะห่างเพลทที่ 1.50 เซนติเมตร	106
5	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor; ϵ'') ในระยะห่างเพลทที่ 1.50 เซนติเมตร	107
6	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าลอสมแทนเจน (loss tangent; $\tan \delta$) ในระยะห่างเพลทที่ 1.50 เซนติเมตร	107
7	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวเปลือกทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต เมื่อนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ 27.12 MHz พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที	108
8	ตาราง LSD ของผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวเปลือกทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต เมื่อนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที	108
9	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงรบกวนลูกในระยะไข่ ของผีเสื้อข้าวเปลือก เมื่อนำมาผ่าน RF ที่ 27.12 MHz พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่าน RF (ชุดควบคุม)	109

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก		หน้า
10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงรบกวนในระยะนอนของ ฝั่ลื้อข้าวเปลือกเมื่อนำมาผ่าน RF ที่ 27.12 MHz พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่าน RF (ชุดควบคุม)	109
11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงรบกวนในระยะดักแด้ของ ฝั่ลื้อข้าวเปลือกเมื่อนำมาผ่าน RF ที่ 27.12 MHz พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่าน RF (ชุดควบคุม)	110
12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของฝั่ลื้อข้าวเปลือก ระยะดักแด้ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที	110
13	ตาราง LSD ของผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายของฝั่ลื้อ ข้าวเปลือกระยะดักแด้ เมื่อนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ที่ พลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที	110
14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความชื้น ในข้าวเปลือกที่ผ่านคลื่น ความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	112
15	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า L^* ในข้าวเปลือกที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าว เปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	112
16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า b^* ในข้าวเปลือกที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าว เปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	113

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวก	หน้า
17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	113
18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ในข้าวเปลือกที่ผ่านคลื่น ความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	114
19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว ในข้าวเปลือกที่ผ่านคลื่น ความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	114
20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์อะไมโลสของข้าวเปลือกที่ผ่าน คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	115

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาคผนวก ง

ภาพภาคผนวก

หน้า

1	96 well plate ใช้เพื่อแยกแมลงแต่ละระยะและง่ายต่อการนับจำนวนแมลง เพื่อใช้ในการทดลอง	117
2	กล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.5 เซนติเมตร สูง 14.5 เซนติเมตร สำหรับเลี้ยงแมลง 200 กรัม	117
3	กระสอบป่านสำหรับใส่ตัวอย่างข้าวเปลือกและแมลง	118
4	เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency generator) (Sairem, France) สร้างและปรับปรุงโดย Institute of Agriculture Engineering, University of Göttingen, Germany ความถี่ 27.12 MHz	118
5	เครื่องวิเคราะห์หิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง (impedance analyzer) ตัวเก็บ ประจุแบบแผ่นเพลทคู่ขนานและหัววัดแบบ open-ended coaxial	119
6	เครื่องวัดสี (Color Quest XE; HunterLab, USA)	119
7	เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว (Huller, KM, Japan)	120
8	เครื่องแยกผงฝุ่นและเกลบ Grain Aspirator 63	120
9	เครื่องขัดขาว (Rice Miller, TCV, Thailand)	121
10	เครื่องคัดข้าว (Cylinder separator, DAMAS)	121