

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฉ
สารบัญภาพภาคผนวก	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	59
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	73
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายของถั่วเขียว	74
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง	96
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	124
ภาคผนวก ง ภาพเครื่องมือ	139
ประวัติผู้เขียน	146

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียว	4
2.2	ปริมาณกรดอะมิโนเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับโปรตีนจากไข่	4
2.3	ปริมาณวิตามินชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดถั่ว	5
2.4	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อแมลงศัตรูโรงเก็บ	12
2.5	การจำแนกช่วงความถี่สำหรับการใช้งานในทางอุตสาหกรรมและ วิทยาศาสตร์การแพทย์	20
4.1	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant; $\epsilon'$ ) ของเมล็ดถั่วเขียว ระยะไข่ ระยะหนอน และระยะดักแด้ของด้วงถั่วเขียว ที่วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ ความแม่นยำสูง หัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลทต่างกัน ที่ ความถี่ 26.89 MHz	38
4.2	ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor; $\epsilon''$ ) ของเมล็ดถั่วเขียว ระยะไข่ ระยะหนอนและระยะดักแด้ของด้วงถั่วเขียว ที่วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ ความแม่นยำสูง หัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลทต่างกัน ที่ ความถี่ 26.89 MHz	38
4.3	ค่าลอสแทนเจน (loss tangent; $\tan \delta$ ) ของเมล็ดถั่วเขียว ระยะไข่ ระยะ หนอนและระยะดักแด้ของด้วงถั่วเขียว ที่วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความ แม่นยำสูง หัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลทต่างกัน ที่ความถี่ 26.89 MHz	39
4.4	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของด้วงถั่วเขียว <i>Callosobruchus maculatus</i> ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโตที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที	44
4.5	จำนวนแมลงรุ่นลูกด้วงถั่วเขียว <i>Callosobruchus maculatus</i> ทั้ง 3 ระยะ การเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.6	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้และอนุหภูมิ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที	48
4.7	ผลการวิเคราะห์ความชื้น ค่าสี $L^*$ $a^*$ $b^*$ และค่าความแข็งของเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที	52
4.8	ผลการวิเคราะห์ค่า RVA ของเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที	55
4.9	ผลการวิเคราะห์ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) และค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) ของเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที	56
4.10	ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที	56

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งชนิดต่าง ๆ	7
2.2	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	13
2.3	ลักษณะการตอบสนองต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุชนิดต่าง ๆ	14
2.4	การให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริก (ก) และการให้ความร้อนแบบเดิม (ข)	14
2.5	การผันแปรของค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและแฟกเตอร์การสูญเสียของข้าวสาลี ( <i>Triticum aestivum</i> L.) ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส โดยมีอิทธิพลมาจากความถี่และปริมาณความชื้นในช่วง 2.7 เปอร์เซ็นต์ ถึง 23.8 เปอร์เซ็นต์	18
2.6	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของข้าวโพดผันแปรกับอุณหภูมิ	19
2.7	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของข้าวโพดที่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น	19
2.8	รูปแบบของ Electrodes ที่ใช้กับคลื่นความถี่วิทยุ	22
2.9	ผลกระทบของช่องว่างอากาศ (air gap)	23
2.10	ระบบการทำงานของเครื่อง Radio Frequency	24
2.11	กระบวนการสันดาปเทียนของโมเลกุลน้ำจนเกิดความร้อน	25
4.1	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ของถั่วเขียว และถั่วเขียวที่มีด่างถั่วเขียว ระยะไข่ระยะหนอนและระยะดักแด้ นำไปวัดคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ที่ระยะห่างเพลท 0.50(ก) 1.00(ข) และ 1.50 (ค) เซนติเมตร	35
4.2	แฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) ของถั่วเขียว และถั่วเขียวที่มีด่างถั่วเขียว ระยะไข่ระยะหนอนและระยะดักแด้ นำไปวัดคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ที่ระยะห่างเพลท 0.50(ก) 1.00 (ข) และ 1.50(ค) เซนติเมตร	36
4.3	ค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของถั่วเขียว และถั่วเขียวที่มีด่างถั่วเขียว ระยะไข่ระยะหนอนและระยะดักแด้ นำไปวัดคุณสมบัติไดอิเล็กทริก ที่ระยะเพลท 0.50(ก) 1.00(ข) และ 1.50 (ค) เซนติเมตร	37
4.4	กราฟแสดงอุณหภูมิของถั่วเขียวความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ	43

## สารบัญตารางภาคผนวก

### ภาคผนวก ข

#### ตารางภาคผนวก

#### หน้า

1	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) แฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของเม็ล็ดถั่วเขียวที่ความชื้นเฉลี่ย 11 เปอร์เซ็นต์ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 0.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz	97
2	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของคั่วงถั่วเขียวระยะไข่ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 0.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0 - 30 MHz	99
3	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของคั่วงถั่วเขียวระยะหนอน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 0.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz	101
4	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของคั่วงถั่วเขียวระยะดักแด้ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 0.50 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz	103
5	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของเม็ล็ดถั่วเขียวที่ความชื้นเฉลี่ย 11 เปอร์เซ็นต์ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.00 เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz	105
6	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของคั่วงถั่วเขียวระยะไข่ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท 1.00	107

## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

### ภาคผนวก ข

#### ตารางภาคผนวก

#### หน้า

	<b>เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz</b>	
7	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของดั่งถั่วเขียวระยะหยอน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท <b>1.00</b>	109
	<b>เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz</b>	
8	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของดั่งถั่วเขียวระยะดักแค้ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท <b>1.00</b>	111
	<b>เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz</b>	
9	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของเมล็ดถั่วเขียวที่ความชื้นเฉลี่ย 11 เปอร์เซ็นต์ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท <b>1.50</b>	113
	<b>เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz</b>	
10	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของดั่งถั่วเขียวระยะไข่ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท <b>1.50</b>	115
	<b>เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz</b>	
11	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของดั่งถั่วเขียวระยะหยอน วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท <b>1.50</b>	117
	<b>เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz</b>	
12	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของดั่งถั่วเขียวระยะดักแค้ วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ระยะเพลท <b>1.50</b>	119



## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก

หน้า

13	เซนติเมตร ที่ช่วงความถี่ 0 - 30 MHz ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) และค่าลอสแทนเจน ( $\tan \delta$ ) ของเมล็ดถั่วเขียวผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ เป็นระยะเวลา 220 วินาที วัดจากเครื่องอิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง ด้วยหัววัดแบบ open-ended coaxial ที่ช่วงความถี่ 0-30 MHz	121
14	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD) ในการตอบสนองของถั่วเขียว ความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ	123

สารบัญตารางภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก

หน้า

1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant; $\epsilon'$ ) ในระยะห่างเพลทที่ 0.50, 1.00 และ 1.50 เซนติเมตร	125
2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor; $\epsilon''$ ) ในระยะห่างเพลทที่ 0.50, 1.00 และ 1.50 เซนติเมตร	125
3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าลอสมแทนเจน (loss tangent; $\tan \delta$ ) ในระยะห่างเพลทที่ 0.50, 1.00 และ 1.50 เซนติเมตร	126
4	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของด้วงถั่วเขียว <i>Callosobruchus maculatus</i> ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโตที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที	126
5	ตาราง LSD ของผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของด้วงถั่วเขียว <i>Callosobruchus maculatus</i> ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโตที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที	127
6	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติจำนวนแมลงรุ่นลูกด้วงถั่วเขียว <i>Callosobruchus maculatus</i> ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120 วินาที หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์	127
7	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที	128
8	ตาราง LSD ของผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของด้วงถั่วเขียวระยะดักแด้ ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที	128



## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

### ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวก		หน้า
9	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	129
10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า Hardness (N) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	130
11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า $L^*$ ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	130
12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า $a^*$ ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	131
13	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า $b^*$ ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	131
14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	132
15	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความคงทนต่อการกวนของแป้ง (Breakdown) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	132
16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลีนความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลีน (ชุดควบคุม)	133

## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

### ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวก		หน้า
17	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าการคืนตัวของแป้ง (Setback) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	133
18	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าอุณหภูมิเริ่มต้นความหนืด (pasting temperature) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	134
19	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ( $\epsilon'$ ) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	134
20	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของแฟกเตอร์การสูญเสีย ( $\epsilon''$ ) ในถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	135
21	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตของถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	135
22	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์โปรตีนของถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	136
23	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันของถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	136
24	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	137

## สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวก

หน้า

25	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์แก้วของถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	137
26	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์อะไมโลสของถั่วเขียวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 640 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที และถั่วเขียวที่ไม่ผ่านคลื่น (ชุดควบคุม)	138

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาคผนวก ง

ภาพภาคผนวก	หน้า
1 ตะแกรง Laboratory test sieve ที่มีช่องเปิดขนาด 2.80 มิลลิเมตร	140
2 96 well plate ใช้ในการเลี้ยงดักแด้เขี้ยวตั้งแต่ระยะไข่จนถึงระยะหนอน และระยะดักแด้	140
3 เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency generator) (Sairem, France) สร้างและปรับปรุงโดย Institute of Agriculture Engineering, University of Göttingen, Germany ความถี่ 27.12 MHz	141
4 เครื่องวิเคราะห์หิมพีแดนซ์ความแม่นยำสูง (impedance analyzer) ตัวเก็บประจุแบบแผ่นเพลทคู่ขนานและหัววัดแบบ open-ended coaxial	141
5 เครื่องวัดสี (Color Quest XE; HunterLab, USA )	142
6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture analyzer; TA-Xtplus)	142
7 ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein Analyzer and Accessories )	143
8 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer; SPE CORD 40, Analytik jena AG)	143
9 เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร (Fiber analyser; Fiber System E)	144
10 เครื่องวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด (Fat analyser; AVANTI 2055, Foss Teactor, Sweden)	144
11 เครื่องวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์แป้ง (Rapid Visco Analyser, RVA-4)	145