



รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบการให้ความร้อนคลื่นความถี่สูงโดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นเพื่อลด
ความชื้นสำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์

Developing the heating system with high frequency by horn antenna to Assisted Drying
for Seeds Production

อาจารย์มนตรี ไชยชาญยุทธ์

อาจารย์นายพิมล ผลพฤกษา

อาจารย์อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ

RCH

๖ 151 ก

2554

เลขหมู่.....

137287

เลขทะเบียน.....

22 ส.ป. 2558

วันเดือนปี.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งในการนำไปใช้

b. 12620014

i.

การพัฒนาระบบการให้ความร้อนคลื่นความถี่สูงโดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นเพื่อลดความชื้นสำหรับ
ผลิตเมล็ดพันธุ์
Developing the heating system with high frequency by horn antenna to Assisted Drying for
Seeds Production



(ลงชื่อ).....หัวหน้าโครงการ

(อาจารย์มนตรี ไชยชาตยุทธ์)

(ลงชื่อ).....ผู้ร่วมวิจัย

(อาจารย์นายพิมล ผลพุกษา)

(ลงชื่อ).....ผู้ร่วมวิจัย

(อาจารย์อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ)

การวิจัยนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

ประธานคณะกรรมการกั่นกรองและติดตามผลโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)...การพัฒนากระบวนการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นเพื่อลดความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์

แหล่งเงิน... สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

ประจำปีงบประมาณ.....2554.....จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน.....120,000.....บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1.....ปี ตั้งแต่.....ตุลาคม 2553ถึง.....กันยายน 2554.....

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) ...นายมนตรี ไชยชาญบุรุษ...

ที่อยู่.....วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์...สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

E-mail ...kcmontre@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตพืช คุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นตัวกำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิต การลดความชื้นให้เร็วหลังจากการเก็บเกี่ยวจะช่วยเพิ่มความสามารในการผลิตของธุรกิจผลิตภัณฑ์

โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นเพื่อลดความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการทดลองวัดกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟที่ได้จากระบบที่ออกแบบโดยใช้น้ำเป็นโหลด พบว่า เมื่อป้อนกำลังวัตต์ทางด้านอินพุต 800 วัตต์ กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตมีค่าเพียง 331.7 วัตต์ (ที่ระยะเวลาจ่ายคลื่น 1 นาที)และจากการทดลองอบลดความชื้นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง(เมล็ดพันธุ์ข้าวเกรียบ) ด้วยระบบไมโครเวฟที่ออกแบบมา ซึ่งได้ทดลองกับตัวอย่างข้าวเปลือกจำนวน 20 ตัวอย่าง โดยเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างจะอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลังวัตต์ 50, 100, 200, 400 และ800วัตต์แต่ละระดับกำลังวัตต์จะอบที่เวลา 1, 2, 5 และ10 นาที ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างจะเปลี่ยนแปลงตามสมการเส้นตรง และมีค่าเฉลี่ยของ $R^2=0.96792$ และจากการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลังวัตต์ 50, 100, 200, 400 และ800 วัตต์ มีระดับความงอก 84, 86 86, 88 และ88 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเมล็ดพันธุ์ยังคงมีระดับความงอกเกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ นั่นแสดงให้เห็นว่าคลื่นไมโครเวฟไม่ได้ส่งผลกระทบต่อมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่าง

คำสำคัญ : ไมโครเวฟ / การลดความชื้น / ผลิตภัณฑ์

Title : Developing the heating system with high frequency by horn antenna to Assisted Drying for Seeds Production

Budget :120,000..... Baht

Funding : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chumphon, Thailand

Period of research :1.....Year. Since :.....October 2010.....to.....September 2011.....

Author(s) :Mr. Montree Chaichanyut.....

Addresses : ...Electronics engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chumphon, Thailand.....

E- mail :kcmontre@kmitl.ac.th.....

Abstract

Seed is an important factor in plant production. Quality of seed is the key affected to quantity as well as quality of product. The shorter drying time in seed production would promote the more capability of seed production business.

The objective of this research to study was conducted to determine the efficiency of microwave technique to reduce seed moisture content by using a horn antenna. The boundary conditions assigned to experiment with the following: we use the water were load for experiment to measure microwave power and we set the microwave input power to system was 800W, the duration time was 60s, and the system can be induce output power was 331.7W. In addition, when we use microwave frequency to decrement the moistness and to study effect to germination of the paddy, which the amount of the sample were 20 samples. We set the microwave input power level were 50W, 100W, 200W, 400W and 800W respectively, the duration time for baking were 1, 2, 5 and 10 minutes respectively. From our experiment, the moistness of the paddy has to change following linear equation, $\% R^2$ equal 0.96792. The results will show germination level of the paddy, which germination level were 84%, 86%, 86%, 88% and 88%, respectively, All case have germination level 80 more than percent, that means the microwave power does not affect the germination level of paddy seeds.

Keywords : Microwave / Drying / Seed

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุน การศึกษาอย่างเต็มที่ ตลอดจนนีกำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา พร้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย ทั้งยังช่วยเหลือในด้านการประสานงาน และคอยให้กำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้ความรู้ และโอกาสในการทำงาน

คุณค่า และประโยชน์อันมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

มนตรี ไชยชาญยุทธ์ และคณะ

30 กันยายน 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์.....	5
2.3 การทดสอบความอวกของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างง่าย.....	7
2.4 อุปกรณ์สำหรับกระบวนการทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	8
2.5 แหล่งกำเนิดพลังงานความถี่สูงหรือเจนเนอเรเตอร์.....	9
2.6 แอพพลิเคเตอร์ชนิดคาวิตี.....	10
2.7 การวัดค่ากำลังของคลื่นไมโครเวฟ.....	11
บทที่ 3 แนวความคิด และการออกแบบระบบ.....	12
3.1 หลักการและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	12
3.2 การออกแบบและคำนวณค่าต่างๆทางทฤษฎี.....	13
3.2.1 การออกแบบตู้ลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	13
3.2.2 ส่วนกำเนิดคลื่นและการควบคุมการส่งกำลัง.....	14
3.2.3 การออกแบบสายพานลำเลียง.....	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.4 การออกแบบโครงสร้าง.....	16
3.2.5 วงจรควบคุมมอเตอร์.....	18
3.2.6 วงจรตรวจจับผ่านศูนย์.....	19
3.2.7 การออกแบบวงจรควบคุมกำลังวัตต์.....	20
3.3 การออกแบบระบบการทำงานของโปรแกรม.....	21
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	26
4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน.....	26
4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองวัดสัญญาณทริกเกต.....	31
4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตคลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน (Vac) ด้วยวาร์ริเอก.....	35
4.4 การทดลองที่ 4 การทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตของไมโครเวฟด้วยระบบที่ออกแบบขึ้น.....	38
4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นในข้าวเปลือก.....	41
4.6 การทดลองที่ 6 การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง.....	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	51
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	51
5.3 ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา.....	52
เอกสารอ้างอิง.....	53

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด.....	27
4.2 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำปานกลาง.....	27
4.3 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ปานกลาง.....	28
4.4 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน ที่ระดับกำลังวัตต์สูงปานกลาง.....	29
4.5 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน ที่ระดับกำลังวัตต์สูงสุด.....	30
4.6 วัตต์กำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน (Vac) ด้วยวารรี่แอกที่เวลา 1 นาที.....	36
4.7 วัตต์กำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน (Vac) ด้วยวารรี่แอกที่เวลา 2 นาที.....	37
4.8 ผลการวัดกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ จากโปรแกรมและวงจรควบคุมที่ได้ออกแบบ.....	39
4.9 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์.....	43
4.10 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 100 วัตต์.....	44
4.11 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 200 วัตต์.....	44
4.12 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์.....	45
4.13 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์.....	46
4.14 แสดงผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง.....	50

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของระบบทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ.....	8
2.2 แสดงหลอดแมกนีตรอนขนาดเล็ก.....	10
3.1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นเพื่อลดความชื้นสำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์.....	12
3.2 แสดงขนาดของเตาอบ (cavity) ที่ได้ออกแบบสร้าง.....	14
3.3 แสดงเวลาชิตเริ่มการทำงานของหลอดแมกนีตรอน.....	15
3.4 แสดงแผ่นลูมิเนียมนำมาใช้ทำการทดลอง.....	15
3.5 แสดงมุ้งลวดที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	16
3.6 แสดงการนำมุ้งลวดมาแทนสายพานเพื่อลำเลียงข้าวเปลือก.....	16
3.7 แสดงโครงสร้างภายในของตู้อบเมล็ดพันธุ์.....	16
3.8 แสดงด้านข้างของเครื่องลดความชื้นในข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	17
3.9 แสดงด้านหลังของเครื่องลดความชื้นในข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	17
3.10 แสดงวงจรไบอัส E-MOSFET.....	18
3.11 แสดงวงจรขับมอเตอร์.....	19
3.12 แสดงวงจรตรวจจับผ่านศูนย์.....	19
3.13 แสดงวงจรควบคุมหลอดแมกนีตรอน.....	20
3.14 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม.....	21
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด.....	27
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำปานกลาง.....	28
4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับกำลังวัตต์ปานกลาง.....	29
4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับความร้อนสูงปานกลาง.....	29
4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับความร้อนสูงสุด.....	30

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
4.6 แสดงข่าวที่อบเวลา 5-10 นาทีที่กำลังวัตต์สูงปานกลางและสูงสุด.....	31
4.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 50 วัตต์.....	32
4.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 100 วัตต์.....	33
4.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 200 วัตต์.....	33
4.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 400 วัตต์.....	34
4.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 800 วัตต์.....	34
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ที่โหลด.....	37
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ที่ทางด้านเอาต์พุต.....	38
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังวัตต์ทางด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต.....	40
4.15 เครื่องลดความชื้นข่าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียง.....	41
4.16 ข่าวเปลือกพันธุ์เกรียส.....	41
4.17 ตารางความละเอียดสูง.....	42
4.18 เครื่องวัดการร่วไหลของคลื่น.....	42
4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์.....	43
4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 100 วัตต์.....	44
4.21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 200 วัตต์.....	45
4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์.....	46
4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์.....	46
4.24 แสดงข่าวที่อบเวลา 10 นาที ที่กำลังวัตต์ 800วัตต์.....	47
4.25 แสดงการนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาเพาะเพื่อทดสอบความงอก.....	48
4.26 แสดงการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	49
4.27 แสดงการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	49

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและ แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ

การเก็บรักษามะล็ดพันธุ์ เป็นกิจกรรมที่จำเป็นประการหนึ่งในวงจรการเพาะปลูก(กรมส่งเสริมการเกษตร,2548)เนื่องจากฤดูปลูกถัดไปมักจะทิ้งช่วงจากฤดูการเก็บเกี่ยวสำหรับพืชชนิดนั้นๆ เกษตรกรจึงจำเป็นต้องเก็บมะล็ดพันธุ์ไว้ระยะหนึ่ง นอกจากความจำเป็นตามเงื่อนไขของเวลาแล้ว บางครั้งยังเกิดภัยธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องสำรองมะล็ดพันธุ์ไว้ใช้ เพื่อให้การเพาะปลูกดำเนินต่อไปได้ไม่ขาดช่วง การเก็บรักษามะล็ดพันธุ์มีความจำเป็นสำหรับงานปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์พืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเก็บและรวบรวมสายพันธุ์ นอกจากนี้บางคนหรือบางองค์กรมีการทำธุรกิจอันเกี่ยวกับการเก็บรักษามะล็ดพันธุ์ด้วย การเก็บรักษามะล็ดพันธุ์ไว้ใช้เองก็ดี ไว้ขายก็ดี หรือไว้ใช้ในงานวิจัยและพัฒนาที่ดี มิใช่เพียงแต่เก็บไว้ให้ปลอดภัยจากนก หนู และแมลงเท่านั้น แต่จะต้องถนอมให้มะล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกและความแข็งแรงเป็นสำคัญ ซึ่งอายุการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ 1. ชนิดของพืช 2. ประวัติของเมล็ด 3. ความชื้นของเมล็ด 4. อุณหภูมิ อื่นๆ

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ เป็นปริมาณน้ำที่มีในองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ และสามารถขับออกจากเมล็ดได้ ถือว่าเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกในสภาพการเก็บรักษา อธิบายได้ว่า เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะมีการเผาผลาญอาหารสูง เพิ่มภาวะที่เป็นอันตรายกับเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งชักนำให้โรคและแมลงเข้าทำลายจึงเสื่อมคุณภาพได้รวดเร็วกว่าเมล็ดที่แห้ง การเก็บรักษาจึงถือหลักการแรก คือ การทำเมล็ดพันธุ์ให้แห้ง โดยยึดกฎที่ใช้ทั่ว ๆ ไปว่า “การลดความชื้นเมล็ดลง 1% จะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งจะใช้ได้ดีเมื่อเมล็ดที่มีความชื้นระหว่าง 5-14% อย่างไม่ก็ตามเมล็ดพันธุ์มีสภาพ Hygroscopic คือ สามารถที่จะรับหรือคายความชื้นให้กับบรรยากาศรอบ ๆ ตัวจนถึงภาวะสมดุล หากนำเมล็ดที่แห้งดีแล้วไปเก็บรักษาในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง เมล็ดก็จะดูดรับความชื้นเข้าไปและหากนำเมล็ดที่มีความชื้นสูงไปเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำเมล็ดก็จะคายความชื้นออก พืชแต่ละชนิดจะมีจุดสมดุลความชื้นที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของโปรตีนคาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส และน้ำมัน ที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ด ดังนั้นเมื่อเก็บรักษามะล็ดพันธุ์ต่างชนิดไว้ที่สภาพความชื้น

สัมพัทธ์เดียวกัน ต้องพิจารณาเรื่องของความชื้น และสภาพ Hygroscopic ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 ประเด็นควบคู่กัน

เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตพืช คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นตัวกำหนด ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต การลดความชื้นให้เร็วหลังจากการเก็บเกี่ยวจะช่วยเพิ่ม ความสามารถในการผลิตของธุรกิจเมล็ดพันธุ์ ในปัจจุบันนิยมลดความชื้นโดยใช้อากาศร้อนเป็น ตัวกลางในการลดความชื้นซึ่งพบว่าต้องใช้เวลานานในการลดความชื้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคิดทำ การทดลองศึกษาหาเงื่อนไขการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยใช้พลังงานไมโครเวฟแบบต่อเนื่องโดยใช้ สายพานลำเลียงผ่านแอฟฟิเคเตอร์ ชนิดควิตี ซึ่งมีความสามารถในการทำให้เกิดความร้อนได้เร็ว และใช้สายอากาศแบบฮอร์นช่วยกระจายความร้อนทำให้มีความสม่ำเสมอ ใช้เวลาในการลด ความชื้นสั้น หลังจากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อทราบถึงผลกระทบของคลื่น ไมโครเวฟที่มีต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบการวัดคุม และเกษตรศาสตร์ โดย พัฒนาวางจรทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการทำงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ

- เพื่อศึกษาหลักการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูง (คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz) โดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นช่วยกระจายคลื่นเพื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์
- ศึกษาความเป็นไปได้ และความคุ้มค่าในการใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นเมล็ดพันธุ์
- ศึกษาผลของคลื่น ไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ทดสอบกับ เมล็ดพันธุ์ตามฤดูกาล)
- เพื่อการสร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์
- เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขัน และการพึ่งพาตนเองของสินค้าเกษตร
- เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่
- กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ภายในปีงบประมาณ 2554 จะทำการศึกษาออกแบบพัฒนาระบบจ่ายกำลังไมโครเวฟแบบ สายพานต่อเนื่อง และศึกษาการกระจายคลื่นไมโครเวฟของสายอากาศแบบฮอร์นที่ความถี่ 2.45GHz เพื่อให้ได้ข้อมูลทางเทคนิคของระบบ และขีดจำกัดของการใช้งาน ทดลองลดความชื้น ของเมล็ดพันธุ์พร้อมทดสอบผลของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ทดสอบกับเมล็ดพันธุ์ตามฤดูกาล)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถใช้หลักการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูง (คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz) โดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นช่วยกระจายคลื่นเพื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์
- เล็งเห็นถึงความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นเมล็ดพันธุ์
- ทราบถึงผลของคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz ที่มีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ทดสอบเมล็ดพันธุ์ตามฤดูกาล)
- ได้องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการใช้คลื่นไมโครเวฟในการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์
- เพิ่มศักยภาพในการวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ให้กับศึกษาระดับปริญญาตรีของ สจล. วิทยาเขตชุมพร
- เพิ่มคุณภาพ มาตรฐาน และประสิทธิภาพในการเก็บรักษาหรือปรับสภาพเมล็ดพันธุ์
- เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการตลาด
- เผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับชาติ หรือนานาชาติ
- เป็นข้อมูลสนับสนุนให้หน่วยงานอื่นๆ และผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการพัฒนาประเทศ

1.4.2 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- กรมส่งเสริมการเกษตร
- หน่วยงานภาครัฐ เอกชนและเกษตรกรทั่วไป

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างง่าย และอุปกรณ์สำหรับกระบวนการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ แหล่งกำเนิดพลังงานความถี่สูงหรือเจนเนอเรเตอร์ (Generator) และแอฟลิเคเตอร์ชนิดคาวิตี

2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

ถ้าจะกล่าวถึงการนำคลื่นความถี่สูงมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ในปัจจุบันมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางเช่น คลื่นRadio-Frequency (RF) หรือ คลื่นความถี่วิทยุที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับกิจการด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านการสื่อสารทางไกล โดยแต่ละคลื่นความถี่จะมีความเหมาะสมกับกิจการแต่ละชนิด เช่น คลื่นความถี่ 88-108 MHz สำหรับวิทยุกระจายเสียงระบบ FM คลื่นความถี่ 800, 900, 1800 MHz สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น สำหรับการประยุกต์ใช้ RF กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้นได้เริ่มมีการศึกษามาประมาณ 40 ปีมาแล้ว (Nelson, 1965) จนถึงปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับ RF อย่างมากมาย

นอกจากคลื่นความถี่วิทยุแล้ว ในปัจจุบันจึงได้มีการนำเทคโนโลยีไมโครเวฟมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆมากมายเช่น การอบแห้ง การฆ่าเชื้อโรค การvulcanization การเร่งปฏิกิริยาเคมี การกำจัดสารพิษ และการกำเนิดพลาสมา(L. Harlfinger,1992 and M. Moisan,1992) เป็นต้น สำหรับในอุตสาหกรรมอาหารนั้นได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ครั้งแรกเพื่ออบแห้งมันฝรั่งและ pasta(R.V. Decareau,1985) สำหรับขบวนการอบแห้งอาหารนั้น จะใช้คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟที่จะตอบสนองต่อโมเลกุลชนิดต่างๆไม่เท่ากัน โดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงไดอิเล็กตริกของมัน(C. Gabriel,1988) คลื่นไมโครเวฟจะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำได้ดีที่สุดเนื่องจากความถี่ของการหมุนของโมเลกุลของน้ำซึ่งมีความเป็นเชิงขั้ว(Dipole)สูงกับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.45 GHzเกิดการกำทอน(Resonance)กัน ทำให้น้ำสามารถดูดพลังงานของคลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยพลังงานของคลื่นไมโครเวฟมีผลกระทบต่อวัสดุอื่น ๆ น้อยมาก(G. Roussy,1995)น้ำจะถูกทำให้ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วจนระเหยออกไปหมด ดังนั้นพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจึงใช้ในการระเหยของความชื้นในอาหารโดยที่ความร้อนดังกล่าวจะไม่ทำให้โครงสร้างและรสชาติของอาหารเกิดการเสียหาย ถ้าหากมีการควบคุมที่เหมาะสม ซึ่งจะเห็นว่าการอบแห้งโดยคลื่นไมโครเวฟมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้เพื่อพัฒนาขบวนการอบแห้งอาหารที่มีประสิทธิภาพสูง(R.V. Decareau,1985)

การอบแห้งแบบชั้นบางของไขมันสำปะหลังด้วยลมร้อน และอิทธิพลของไมโครเวฟต่อคุณลักษณะการอบแห้งแบบชั้นบางของไขมันสำปะหลังด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน(คำนำ, 2548) พบว่าพฤติกรรมการอบแห้งแบบชั้นบางเกิดขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศมีค่าตั้งแต่ 0.4 เมตรต่อวินาที ทุกระดับความเข้มไมโครเวฟไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของความชื้นในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ แต่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงทุกความเข้มไมโครเวฟมีอิทธิพลต่อการลดลงของความชื้นอย่างมากเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว

2.2 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์(ประนอม,2541) คือ ปริมาณของน้ำที่แทรกซึมอยู่ตามส่วนต่างๆของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์นอกจากจะมีแป้ง น้ำมัน และโปรตีนแล้ว ยังมีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม ระยะเวลาเจริญ และองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดนั้นๆ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์วัดเป็นเปอร์เซ็นต์ วิจารณ์ (2530)กล่าวถึงชนิดของน้ำในเมล็ดว่า การแห้งไปของเมล็ดนั้นเกิดจากการระเหยออกไปของน้ำที่อยู่ในช่องว่างระหว่างโมเลกุล ซึ่งเรียกน้ำชนิดนี้ว่า Free water แต่ยังมีน้ำอีกชนิดหนึ่งเป็นน้ำที่ยึดติดอยู่กับโมเลกุลภายในเมล็ดและเป็นองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ เรียกว่า Bound water ซึ่งจะระเหยออกจากเมล็ดได้ยาก ทำให้เมล็ดยังคงมีความชื้นอยู่เสมอ

ความชื้นเมล็ดพันธุ์ คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพันธุ์ โดยธรรมชาติน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่อยู่ในเมล็ดพันธุ์ เริ่มจากการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์จากไข่ที่ได้รับการผสมแล้วส่วนประกอบของน้ำจะมีอยู่สูงมาก ต่อเมื่อขบวนการสร้างเมล็ดพันธุ์ดำเนินการไป มีการสะสมอาหารแห้ง (Dry Matter) เพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำหรือความชื้นในเมล็ดนั้นจะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ จนกระทั่งการพัฒนาของเมล็ดสิ้นสุดลง เมล็ดพันธุ์จะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological Maturity) ณ จุดนี้เมล็ดพันธุ์ได้มีการสะสมอาหารแห้งสูงสุดแล้ว โดยที่ปริมาณความชื้นยังคงมีระดับสูง และหลังจากนั้นระดับความชื้นในเมล็ดพันธุ์จะเปลี่ยนแปลงตามสภาวะบรรยากาศ ทั้งนี้เพื่อรักษาระดับคงที่เมื่อเข้าสู่สมดุลกับบรรยากาศนั้น (Equilibrium Moisture Content) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ชนิดเมล็ดพันธุ์, ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ (การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์,Online)

พัฒนาการของเมล็ดพันธุ์ (Seed Development) จะสิ้นสุดลงเมื่อเมล็ดพันธุ์ถึงสภาวะ สุกแก่ทางสรีรวิทยา ซึ่ง ณ ขณะนั้นเมล็ดพันธุ์จะมีสุขภาพและควมมีชีวิต ทั้งความงอก (Germination) และความแข็งแรง (Vigor) สูงที่สุด จากนั้น จะถือเป็นระยะการเก็บรักษาจนกว่าจะมีการนำไปใช้ปลูก การเสื่อมคุณภาพของเมล็ด (Seed Deterioration) พร้อมทั้งจะเกิดขึ้นได้ทุกขณะตลอดช่วงเวลานั้น โดยที่ระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยอันหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออัตราเสื่อมคุณภาพของ เมล็ดพันธุ์ในระหว่างนั้น ความชื้นเมล็ดพันธุ์ยิ่งสูงอัตราการเสื่อมคุณภาพยิ่งรุนแรง ความสำคัญเรื่องความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อการเสื่อมคุณภาพนี้ มีการประเมินความรุนแรงใน

การเสื่อมคุณภาพไว้ว่า “ทุก ๆ ระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ลดลง 1 % อายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ” หรือในทางตรงกันข้าม หากความชื้นเพิ่มขึ้น 1 % อายุการเก็บรักษาจะลดลงทวีคูณเช่นกัน

เนื่องจากความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพที่สำคัญที่สุด โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ ในขณะที่ยังมีระดับความชื้นสูง จำเป็นที่จะต้องลดระดับความชื้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่ยังมีความชื้นสูงเมื่อนำมากองรวมกันหรือบรรจุรวมกันมาก ๆ ความชื้นที่สูงจะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่ยังมีชีวิต จึงต้องมีขบวนการ metabolism เกิดขึ้นอยู่เสมอ ขบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดยังคงดำเนินอยู่ ที่สำคัญคือ ขบวนการหายใจ ซึ่งเป็นขบวนการที่นำเอาออกซิเจนจากอากาศไปสันดาปกับโมเลกุลของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต (CHO) แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) น้ำ และความร้อนออกมามีสมการเคมี $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673 \text{ Kcal (ความร้อน)}$

การหายใจของเมล็ดมีความสัมพันธ์กับความชื้นของเมล็ด ยิ่งเมล็ดมีความชื้นสูง ยิ่งทำให้อัตราการหายใจของเมล็ดสูงขึ้น ทำให้อาหารที่สะสมไว้ในเมล็ดจะถูกนำมาย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นพลังงานและความร้อน น้ำหนักของเมล็ดจะลดลงและมีการเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น รวมทั้งเกิดความร้อนสะสมในกองเมล็ดเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิด CO₂, H₂O และพลังงาน CO₂ เป็นพิษต่อเมล็ด ทำให้เมล็ดมีอายุสั้นลง น้ำและความร้อนเร่งการสลายตัวของสารเคมีในเมล็ดให้เร็วขึ้น เมล็ดจึงเสื่อมความมีชีวิตลงอย่างรวดเร็ว ขอบเขตของอุณหภูมิซึ่งทำลายความงอกเกือบทั้งหมด และการทำลายทั้งหมดนั้นแคบมาก สำหรับเมล็ดที่มีความชื้น 25% เมล็ดจะถูกทำลายความงอกเกือบหมดที่ 50°C และความงอกจะถูกทำลายทั้งหมดโดยสิ้นเชิงที่ 61°C แต่สำหรับเมล็ดที่มีความชื้น 11% อุณหภูมิที่ทำลายความงอกเกือบทั้งหมดและทำลายอย่างสมบูรณ์ คือ 64°C และ 73°C ตามลำดับ สภาพที่เหมาะสมซึ่งทำให้เมล็ดมีชีวิตอยู่ได้นานคือ สภาพซึ่งทำให้อัตราของ metabolism ในเมล็ดดำเนินไปอย่างช้า ๆ นั่นคือในทางปฏิบัติต้องให้เมล็ดมีความชื้นต่ำและอยู่ในที่เย็น

ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (Seed Moisture Content) คือ ปริมาณของน้ำที่แทรกซึมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของเมล็ด มีหน่วยวัดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักน้ำที่อยู่ในเมล็ดพันธุ์ ต่อน้ำหนักมวลรวมของเมล็ดพันธุ์นั้น (น้ำหนักมาตรฐานเปียก) คำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\text{ความชื้นของเมล็ด (\%)} = \frac{\text{นน.ของน้ำที่มีอยู่ในเมล็ด} \times 100}{\text{นน.ทั้งหมดของเมล็ด}}$$

$$\text{หรือ ความชื้นของเมล็ด (\%)} = \frac{(\text{นน.เมล็ดก่อนอบ} - \text{นน.เมล็ดหลังอบ}) \times 100}{\text{นน.เมล็ดก่อนอบ}} \dots\dots\dots 2.1$$

กล่าวได้ว่าความชื้นสมดุลของเมล็ด (Equilibrium Moisture Content) คือความชื้นของเมล็ดที่จะเข้าสู่สมดุลกับสภาพอากาศรอบ ๆ เมล็ด ความชื้นเมล็ดจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นสำคัญ นั่นคือเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น เมล็ดก็จะดูดความชื้น จนกระทั่งความชื้นในเมล็ดเข้าสู่สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ในทำนองเดียวกัน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำลง เมล็ดก็จะคายความชื้นออกสู่บรรยากาศ จนกระทั่งเกิดความสมดุลระหว่างความชื้นในเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.3 การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างง่าย

การทำนาหว่านน้ำตม ให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูงนั้น เรื่องเมล็ดพันธุ์ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญเรื่องหนึ่ง การใช้เมล็ดพันธุ์ที่ดีไม่มีโรคแมลง มีความบริสุทธิ์สูง ก็จะทำให้ได้ผลผลิตที่ดีตามมา ก่อนที่ชาวนาจะหว่านข้าว ควรมีการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์และมีการทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่จะใช้ก่อนหว่านเสมอ หากชาวนานำเมล็ดพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่า 80% ไปหว่านลงในนา จะทำให้ได้จำนวนต้นข้าวที่งอกมีจำนวนน้อย ซึ่งต้องมีการปลูกซ่อมภายหลัง หรืออาจจะต้องไถทิ้งและหว่านเมล็ดพันธุ์ใหม่ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายทั้งเรื่องเมล็ดพันธุ์และการเตรียมดิน ดังนั้นวิธีการที่จะทำให้ไม่ต้องเสีย เวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็นก็โดยการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนที่จะทำการเพาะปลูก เพื่อจะได้คำนวณการใช้เมล็ดพันธุ์ต่อไป (เครือวัลย์, สวพ.5 ปีที่ 1)

วัสดุที่ใช้สำหรับการทดสอบความงอก

1. เมล็ดพันธุ์ ที่นำมาทดสอบต้องเป็นตัวแทนของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดโดยการสุ่มนับโดยยุติธรรม ควรสุ่มหลาย ๆ จุด เพื่อให้ได้ตัวแทนที่แท้จริง จำนวนเมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบควรใช้อย่างน้อย 400 เมล็ด โดยแบ่งเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด
2. วัสดุเพาะ ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีและมีความชื้นพอเพียงตลอดระยะเวลาการทดสอบความงอก ในระหว่างการทดสอบต้องหมั่นดูว่าวัสดุเพาะแห้งหรือไม่ ถ้าแห้งต้องเติมน้ำให้ความชื้นเหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งในการทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยตนเองอย่างง่ายนั้นจะใช้กระดาษทิชชู เป็นวัสดุเพาะ

วิธีการทดสอบความงอกอย่างง่าย มีวิธีปฏิบัติดังต่อไปนี้

- 1) ใช้กระดาษทิชชูซ้อนกัน 3-5 ชั้น วางบนฝา หรือจานแบนๆ แล้วรดน้ำให้ชุ่ม
- 2) โรยเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 100 เมล็ดลงบนกระดาษทิชชู
- 3) เมื่อครบเวลา 4-5 วัน ตรวจสอบดูต้นกล้าปกติ (ต้นอ่อนที่มียอด รากสมบูรณ์) ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นที่ไม่สามารถเจริญเป็นต้นปกติได้ เช่น ไม่มียอด รากสั้น เป็นต้น) และเมล็ดไม่งอก

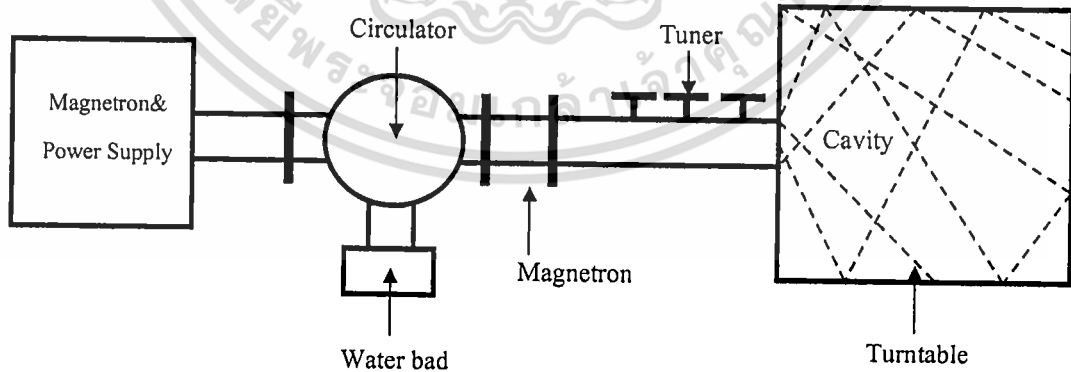
การคิดเปอร์เซ็นต์ความงอก เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ได้จากจำนวนต้นกล้าปกติ โดยใช้ผลเฉลี่ย จากการทดสอบแต่ละซ้ำ ดังนี้

ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ความงอก
1	84
2	86
3	86
4	88
ผลรวม 4 ซ้ำ	348
ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำ	$348/4 = 87$

ฉะนั้นเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างนี้มีความงอก 87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวได้มาตรฐานนั้นต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ.2518 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2535

2.4 อุปกรณ์สำหรับกระบวนการทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

การทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟและไดอิเล็กตริกมีกลไกเช่นเดียวกันแต่มีวิธีการในการทำให้บรรลุเป้าหมายแตกต่างกัน โดยระบบพื้นฐานของระบบเหล่านี้จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดพลังงานความถี่สูงหรือ เจนเนอเรเตอร์ และใช้ท่อนำคลื่น (Waveguide) ไปยังชิ้นงาน (Load) ที่อยู่ภายในแอปพลิเคชัน (Applicator) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของระบบทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ

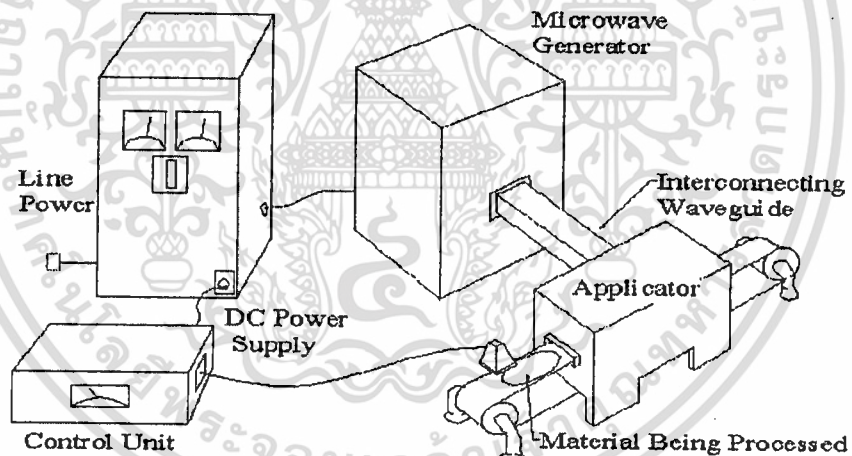
บทที่ 3

แนวความคิด และการออกแบบระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย การออกแบบตู้ลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ ส่วนกำเนิดคลื่นและการควบคุมการส่งกำลัง การออกแบบสายพานลำเลียง การออกแบบโครงสร้าง วงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรตรวจจับผ่านศูนย์ การออกแบบวงจรควบคุมกำลังวัตต์ และการออกแบบระบบการทำงานของโปรแกรม

3.1 หลักการและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้อาศัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยระบบพื้นฐานจะประกอบด้วย แหล่งกำเนิดพลังงานความถี่สูงหรือ เจนเนอเรเตอร์ และใช้ท่อนำคลื่น (Waveguide) ไปยังชิ้นงาน (Load) ที่อยู่ภายในแอปพลิเคชัน (Applicator) โดยรูปแบบและหลักการการทำงานของระบบแสดงดังไดอะแกรมในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้สายอากาศแบบฮอร์นเพื่อลดความชื้นสำหรับผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 3.1 แมกนีตรอน (Magnetron) ที่ติดตั้งบนท่อนำคลื่น (Waveguide) ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟหรือสร้างพลังงานไมโครเวฟ ไมโครเวฟจะเคลื่อนที่ผ่านท่อนำคลื่นไปยังวัสดุ(เมล็ดพันธุ์)ที่นำมาผ่านกระบวนการที่อยู่ภายในคาวิตี (Cavity) หรือ แอปพลิเคชัน

(Applicator) เมื่อพลังงานไมโครเวฟเข้าสู่วัสดุแล้ว ส่วนที่นอกเหนือจากการดูดซับ (Absorbed Wave) โดยตัววัสดุ จะมีบางส่วนที่ทะลุผ่าน (Transmitted Wave) วัสดุและจะมีบางส่วนที่สะท้อนกลับ (Reflected wave) ไป ซึ่งอันตราย พลังงานไมโครเวฟที่สะท้อนกลับจะขึ้นอยู่กับค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric Properties) ของวัสดุและคุณลักษณะประจำตัวของวัสดุเอง คลื่นสะท้อนที่เกิดจากการสะท้อนกลับของคลื่นไมโครเวฟขณะชนกับวัสดุ อาจทำให้ตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟเสียหายได้ (โดยเฉพาะระบบที่ใช้ไมโครเวฟกำลังสูง) ดังนั้นโดยทั่วไประบบไมโครเวฟจะติดตั้งตัวดักคลื่น หรือที่เรียกทั่วไปว่า เซอร์คูเลเตอร์ (Circulator) (อุปกรณ์ทำให้คลื่นไมโครเวฟเดินได้ทางเดียว) ระหว่างตัวกำเนิดคลื่นและท่อนำคลื่นเพื่อป้องกันการเสียหายดังกล่าว นอกจากนี้ยังติดตั้งอุปกรณ์ปรับแต่งคลื่นเพื่อที่จะลดพลังงานสะท้อนกลับนี้ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Matching Tuner มาติดตั้งระหว่างท่อนำคลื่นและบริเวณทำความร้อน อุปกรณ์ตัวนี้ทำหน้าที่ปรับให้คลื่นไมโครเวฟมีการดูดซับในตัววัสดุได้ดีขึ้น โดยที่การสะท้อนของคลื่นที่ผิววัสดุลดลง ส่งผลทำให้ระบบไมโครเวฟทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับปัญหาหนึ่งของแอฟฟลิเคเตอร์ ชนิดควิตี้ คือไม่มีความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายใน โหลด (เมสส์พันท์) ซึ่งส่งผลต่อการกระจายตัวของความร้อนภายใน โหลด ดังนั้นเพื่อให้การทำความร้อนมีความสม่ำเสมอจึงอาจจะออกแบบให้มีการเคลื่อนที่หรือการหมุนของโหลดในแอฟฟลิเคเตอร์ ซึ่งอาจใช้ระบบสายพานลำเลียงหรือถาดหมุน หรือมีโหมดของการกวนสนามพลังงาน (Mode Stirrer) โดยอาจจะเป็นใบกวนที่การหมุนรอบต่ำ และออกแบบสายอากาศแบบฮอร์นเพื่อทำให้เกิดรูปแบบการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในแอฟฟลิเคเตอร์ที่ดีขึ้น โดยเมสส์พันท์จะถูกลำเลียงผ่านควิตี้ ภายในแอฟฟลิเคเตอร์หรือควิตี้จะมีสายอากาศแบบฮอร์นเพื่อช่วยในการกระจายคลื่นไมโครเวฟหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้สามารถกระจายได้ทั่ว โหลด

3.2 การออกแบบและคำนวณค่าต่างๆทางทฤษฎี

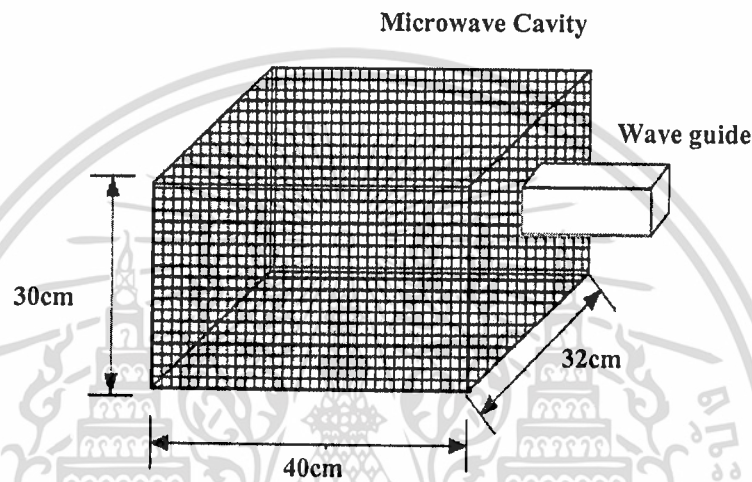
3.2.1 การออกแบบผู้ลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ในการออกแบบเตาอบ โดยมีขนาดของเตาอบเป็นดังรูปที่ 3.2 (ยูทรพงศ์), 2548 ได้ ออกแบบโดยใช้สแตนเลสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากค่าความลึกผิว (skin depth) มีค่า 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (3.1)$$

เพื่อใช้ในการอบวัสดุมีหลักการ โดยให้ภายในเตาอบเกิดการสะท้อนของคลื่นไมโครเวฟอยู่ภายในเตาอบและเกิดการรวมกัน ซึ่งปรากฏนี้เรียกว่าการเกิดคลื่นนิ่งโดยการเกิดคลื่นนิ่งภายในเตาอบได้ถูกออกแบบให้เกิดคลื่นนิ่งได้หลายโหมดการเกิด(multi mode) ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 3.2

$$f_{mnp}^c = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{d}\right)^2} \quad (3.2)$$



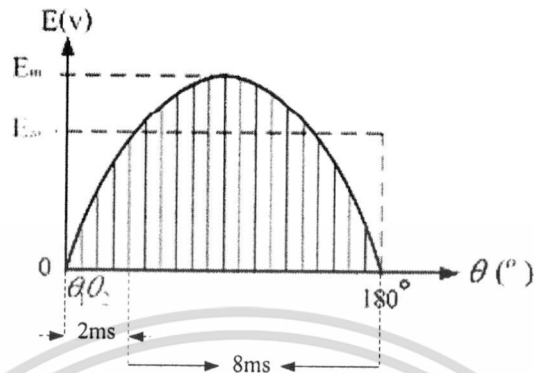
รูปที่ 3.2 แสดงขนาดของเตาอบ (cavity) ที่ได้ออกแบบสร้าง

3.2.2 ส่วนกำเนิดคลื่นและการควบคุมการส่งกำลัง

ในส่วนนี้เป็นการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของไมโครเวฟซึ่งหลอดแมกนีตรอนเริ่มทำงานที่ -4000 โวลต์ จึงได้ใช้วงจรทวีแรงดันในการขับหลอดแมกนีตรอน และทำการทดลองปรับระดับแรงดันทางด้านอินพุตด้วยวาร์ริเอกเพื่อหาระดับแรงดันขีดเริ่มของหลอดแมกนีตรอนก่อนเข้าวงจรทวีแรงดันมีค่า 160 โวลต์ ซึ่งใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมกำลังวัตต์ของไมโครเวฟที่ทำการแบ่งระดับการปรับเป็น 16 ระดับโดยปรับครั้งละ 50 วัตต์ ไปจนถึง 800 วัตต์ ในการปรับระดับกำลังวัตต์นี้ได้ใช้ การควบคุมไฟฟ้าทางด้านอินพุตแบบเฟสทริกเกอร์ซึ่งการหาค่าเฉลี่ยของคลื่นไซน์ ด้วยการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟเพื่อนำแรงดันของพื้นที่แต่ละส่วน

จากแรงดันที่ทำให้หลอดแมกนีตรอนเริ่มทำงานมีค่า -4000V และจากการทดลองเมื่อทำการวัดแรงดันก่อนเข้าวงจรทวีแรงดันเพื่อใช้ขับหลอดแมกนีตรอนมีค่า 160V เนื่องจากแรงดันอินพุตที่ขับหลอดแมกนีตรอนเป็น 220Vac ความถี่ 50Hz ถ้าพิจารณาในโดเมนของเวลา ครึ่งไซน์เคลซของสัญญาณอินพุตมีค่า 10ms จากรูปที่ 3.3 แรงดันเฉลี่ยของพื้นที่ใต้กราฟที่มุม $\sin 60^\circ$ ได้

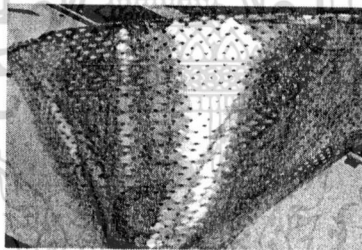
ค่าแรงดันเฉลี่ย 160V เมื่อคำนวณในรูปโดเมนของเวลาจะได้ค่าเวลาซิดเริ่มของหลอดแมกนีตรอน ประมาณ 2ms และช่วง 8ms จะใช้ในการปรับกำลังวัตต์ทางด้านอินพุตจำนวน 16 ระดับ ระดับละ 0.5ms



รูปที่ 3.3 แสดงเวลาซิดเริ่มการทำงานของหลอดแมกนีตรอน

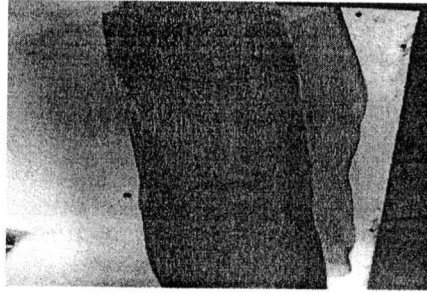
3.2.3 การออกแบบสายพานลำเลียง

เนื่องจากสายพานที่นำมาใช้งานกับคลื่นไมโครเวฟได้นั้นจำเป็นต้องทนความร้อนสูง จากการหาข้อมูลพบว่าสายพานทนความร้อนส่วนใหญ่จะมีราคาสูงจึงเลือกใช้สายพานที่ทำจาก อลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.4

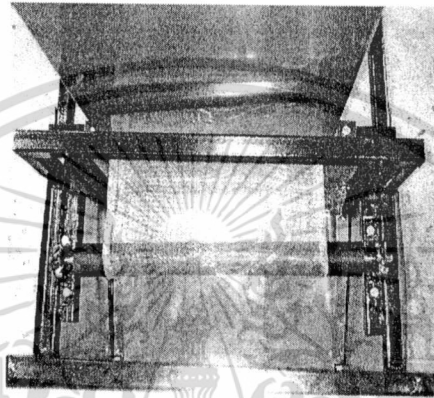


รูปที่ 3.4 แสดงแผ่นอลูมิเนียมที่นำมาใช้ทำการทดลอง

โดยตัดสายพานมีหน้ากว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 160 เซนติเมตร แต่เกิดปัญหาการเปื้อนของสายพานและทำให้มอเตอร์ไม่สามารถทำงานได้เพราะอลูมิเนียมมีความแข็งเกินไปจึงได้เปลี่ยนเป็น มุ้งลวดแทน ซึ่งสามารถทนความร้อนได้และมีความยืดหยุ่นมากกว่าดังรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6



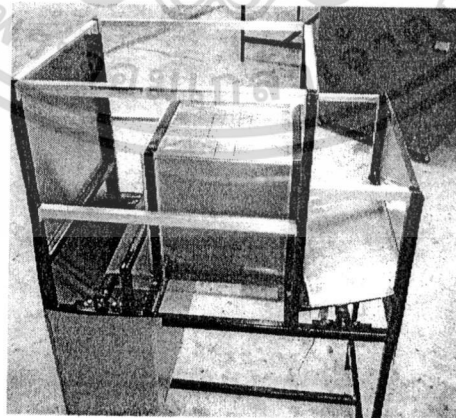
รูปที่ 3.5 แสดงมุ้งลวดที่นำมาใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.6 แสดงการนำมุ้งลวดมาแทนสายพานเพื่อลำเลียงข้าวเปลือก

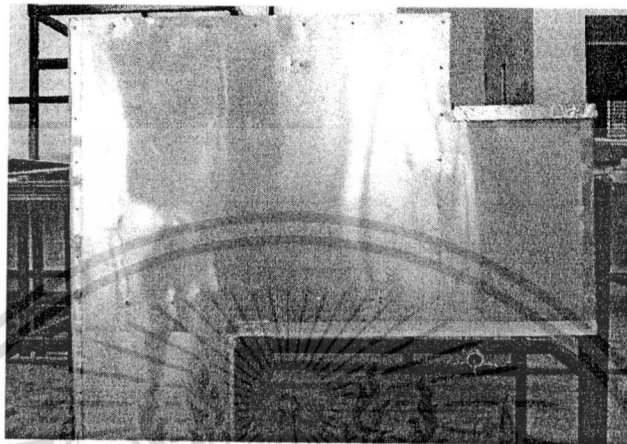
3.2.4 การออกแบบโครงสร้าง

เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟมีอันตรายจึงออกแบบเครื่องที่มีความคงทนที่สามารถจะป้องกันคลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้แผ่นสแตนเลสและอลูมิเนียมหนา 0.5 มิลลิเมตรซึ่งโครงสร้างภายในทั้งหมดก่อนทำการประกอบ แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างภายในของตู้อบเมล็ดพันธุ์

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องเป็นเหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว โดยขนาดของโครงสร้างที่ออกแบบ ด้านหน้ามีความกว้าง 54 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร ทางด้านซ้ายและทางด้านขวามีขนาดความยาว 90 เซนติเมตร ความสูงด้านซ้ายสูง 120 เซนติเมตร ทางด้านขวาสูง 60 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงด้านข้างของเครื่องลดความชื้นผลิตภัณฑ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ทางด้านหลังก็มีความกว้าง 54 เซนติเมตร ความสูงจากพื้นถึงขอบบน 100 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.9



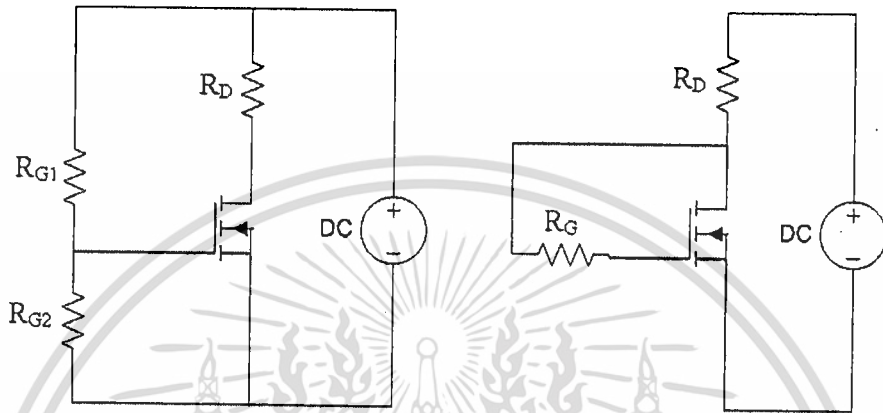
รูปที่ 3.9 แสดงด้านหลังของเครื่องลดความชื้นผลิตภัณฑ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ

การออกแบบถังใส่ข้าวมีความกว้าง 54 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 20 เซนติเมตร และเพื่อไม่ให้คลื่นรั่วไหลออกมาด้านนอกจึงได้ทำการใส่ฝาปิดทางด้านบนของตัวเครื่องด้วย

3.2.5 วงจรควบคุมมอเตอร์

การไบอัส E-MOSFET

การควบคุมแรงดัน VGS ให้มีค่ามากกว่าแรงดันเทสโธล VGS (th) จากรูปที่ 3.10 สามารถไบอัส E-MOSFET ได้ 2 วิธีคือไบอัสแบบแบ่งแรงดัน โดยใช้ R1 และ R2 และไบอัสด้วยการป้อนกลับที่เดรน ด้วยการต่อ RG เข้ากับเดรนของ E-MOSFET



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรไบอัส E-MOSFET

วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดันในรูปที่ 3.10 สามารถคำนวณหาค่าของ VGS ได้ดังสมการที่ 3.3-3.4

$$V_{GS} = (R_2 / (R_1 + R_2)) V_{DD} \quad (3.3)$$

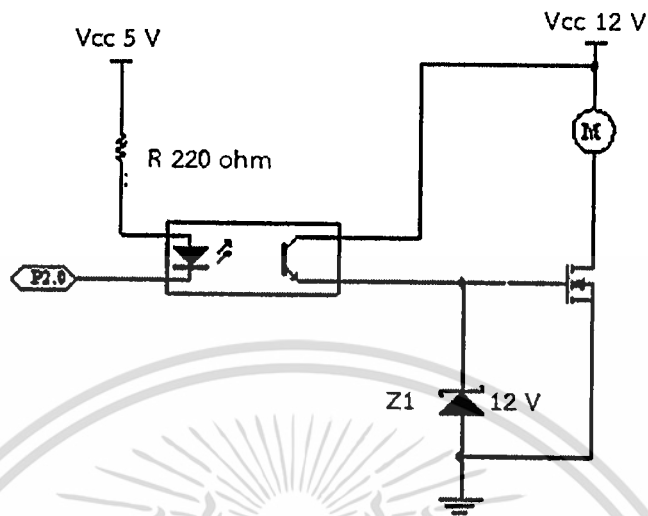
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D \quad (3.4)$$

$$\text{เมื่อ } I_D = K(V_{GS} - V_{GS(th)})^2$$

จากข้อมูลข้างต้นได้ออกแบบการไดรฟ์ด้วยมอสเฟตซึ่งสามารถควบคุมการทำงานของมอสเฟตด้วยออปโตเบอร์ PC817 มี $I_F = 50\text{mA}$, $V_{CE0} = 35\text{V}$ ซึ่งมอสเฟตจะไดรฟ์ได้ดีและไม่มีกรรบกวนจากคลื่นของไมโครเวฟต่างจากรีเลย์ที่มีผลต่อคลื่นเนื่องจากมอเตอร์ 12 V กินกระแส 0.64 A หรือประมาณ 1A จึงได้เลือกใช้มอสเฟตเบอร์ IRF 540 ซึ่งสามารถทนกระแสได้ 22 A และ $V_{GS} = +22\text{ V}$, $V_{DS} = 100\text{ V}$ และใช้ ซีเนอร์ไดโอด 12V ให้มีแรงดันตกคร่อม $V_{GS} = 12\text{ V}$ ซึ่งทำงานในย่านอิมิตัว ทางด้านแรงดันอินพุตของออปโตไดโอดเลเซอร์คำนวณมาจากค่ากระแสที่อินพุตสามารถรับได้มีค่าเท่ากับ 20-50 mA จึงคำนวณได้ดังข้างด้านล่างนี้ (เลือกจำกัดกระแสที่ 20mA)

$$5/20\text{mA} = 250\text{ ohm}$$

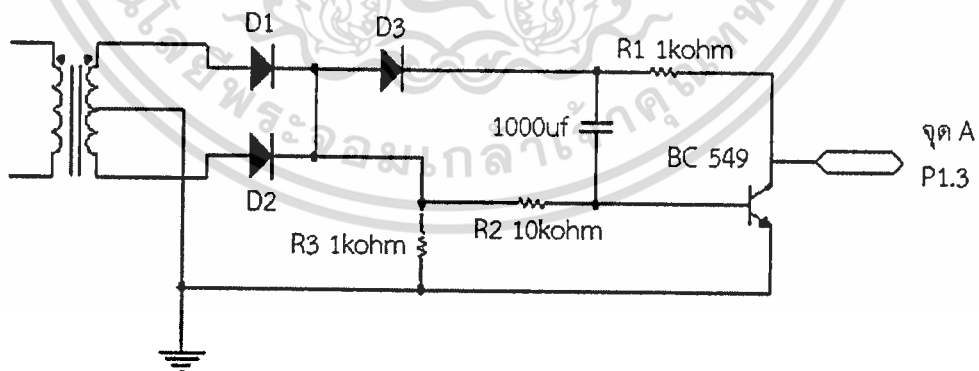
จากการคำนวณข้างต้นได้ค่าความต้านทานทางด้านอินพุตของออปโต 250 โอห์ม จึงเลือกใช้ 220 โอห์มเพราะมีค่าใกล้เคียง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรขับมอเตอร์

3.2.6 วงจรตรวจจับผ่านศูนย์ (Zero Crossing Detectors)

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่หาจุดเริ่มของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะไปควบคุมการทำงานของไครเอค ใช้หลักการทำงานคือเมื่อแรงดันผ่านวงจรเรกติไฟแบบเต็มคลื่นแล้วไปผ่านไดโอดอีกครั้ง เพื่อที่จะเป็นแรงดันให้ขา C ของทรานซิสเตอร์แบบครึ่งคลื่น ส่วนขา B จ่ายแบบเต็มคลื่นเพื่อที่จะให้ได้แรงดันทางด้านเอาต์พุตไปทริกไมโครคอนโทรลเลอร์จึงได้คำนวณค่าความต้านทาน R1, R2 ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรตรวจจับผ่านศูนย์ (Zero crossing)

แนวคิดการออกแบบ

แรงดันอินพุต $V_{in} = 12\text{ V}$, ต้องการเอาต์พุต 5 V , $I = 6\text{-}7\text{ mA}$

$$V_c = 12\text{V} / 7\text{mA} = 1\text{k} = R1$$

$$V_b = 12\text{V} / 7\text{mA} = 1\text{k} = R2$$

และเพื่อให้แรงดันที่ขา B มีค่ามากพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ใช้ค่าความต้านทาน $R3\ 1\text{k}$

3.2.7 การออกแบบวงจรควบคุมกำลังวัตต์ (Control power)

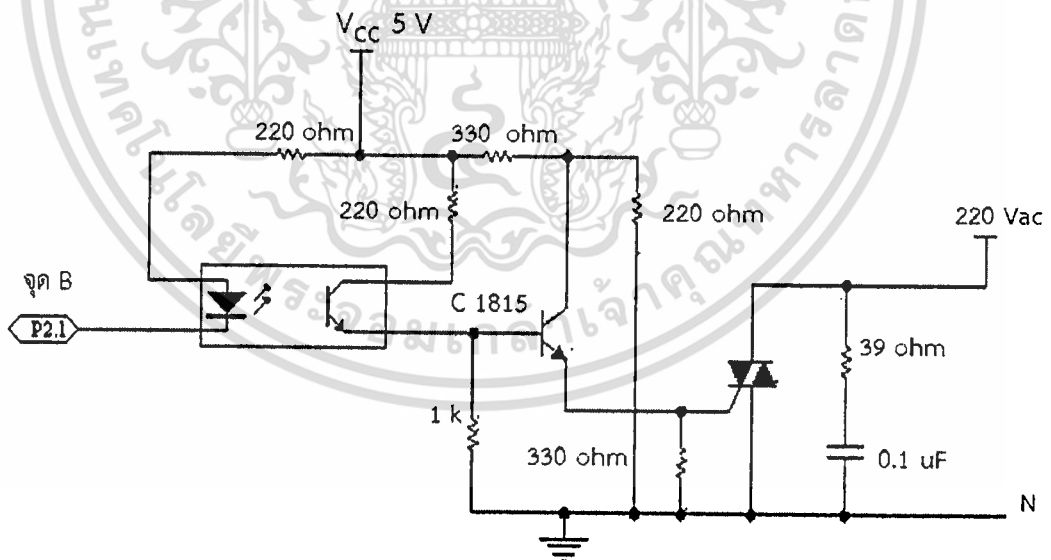
การออกแบบ จะใช้ไทรแอกควบคุมการทำงานของหลอดแมกนีตรอนเพื่อ ปรับระดับกำลังวัตต์ของไมโครเวฟโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทริกเกต จากเนื่องไมโครทริกแบบตรงๆ ไทรแอกไม่สามารถได้จึงใช้ C1815 ช่วยในการทริกขาเกต เลือกใช้ไทรแอกเบอร์ BTA40 สามารถทนกระแสได้ 40A , $V_{GT}=1.3\text{ V}$ จึงคำนวณค่าแรงดันจ่ายให้กับไทรแอกดังนี้ ให้ $V_{cc} = 5\text{ V}$

$$V_{GT} = (5 \times 330) / (220 + 330) = 1.26\text{V}$$

ทางด้านแรงดันอินพุตของออฟโต R 220 ohm คำนวนมาจากค่ากระแสที่อินพุตสามารถรับได้มีค่าเท่ากับ $20\text{-}50\text{ mA}$ จึงคำนวณได้ดังนี้

$$5 / 20\text{mA} = 250\text{ ohm}$$

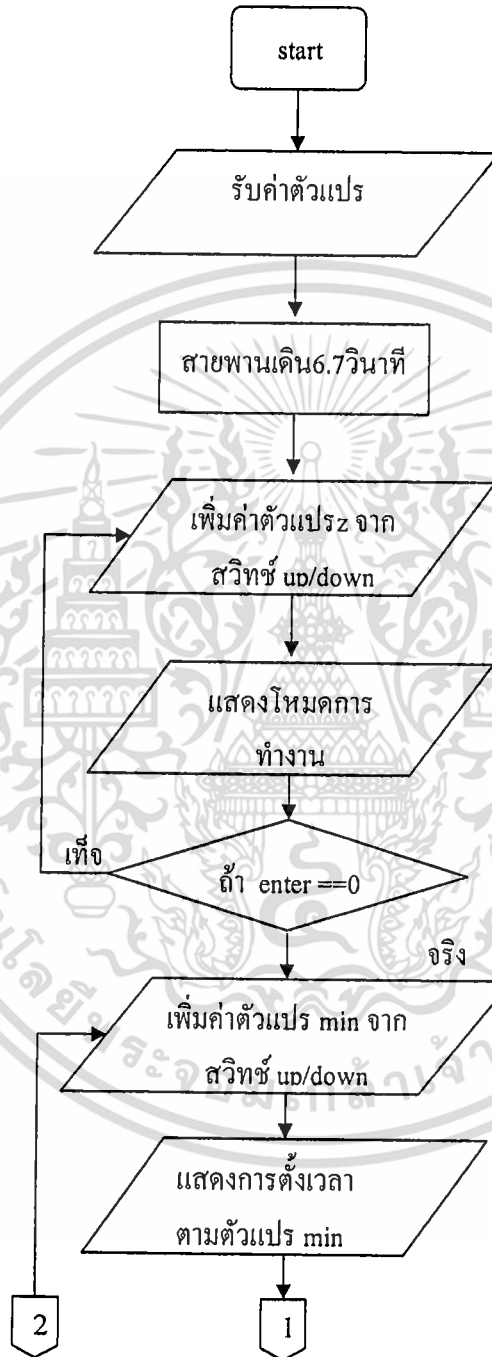
จากการคำนวณข้างต้นได้ค่าความต้านทานทางด้านอินพุตของออฟโตได้ 250 โอห์ม จึงเลือกใช้ 220 โอห์มเพราะมีค่าใกล้เคียง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.13



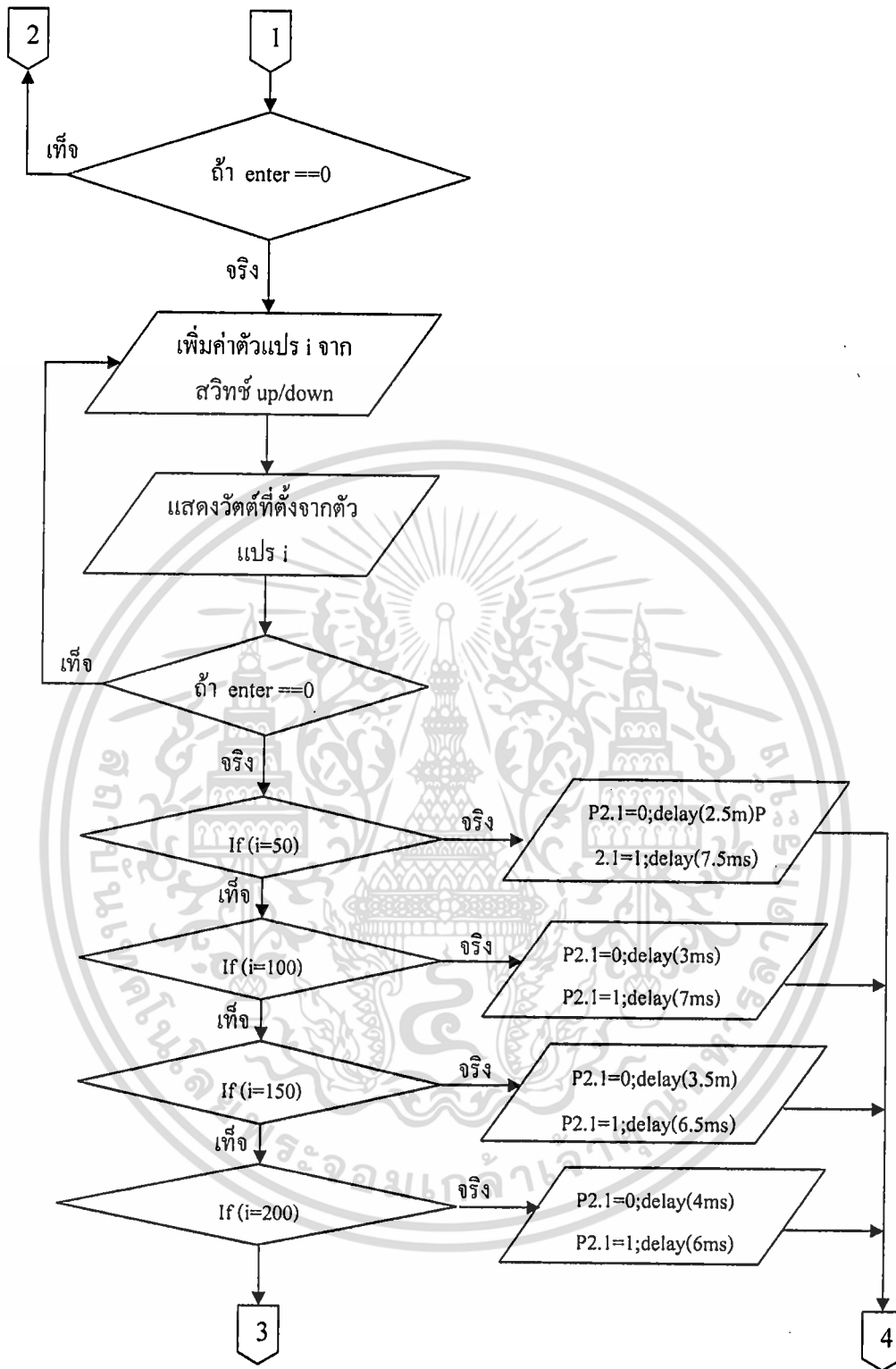
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรควบคุมหลอดแมกนีตรอน

3.3 การออกแบบระบบการทำงานของโปรแกรม

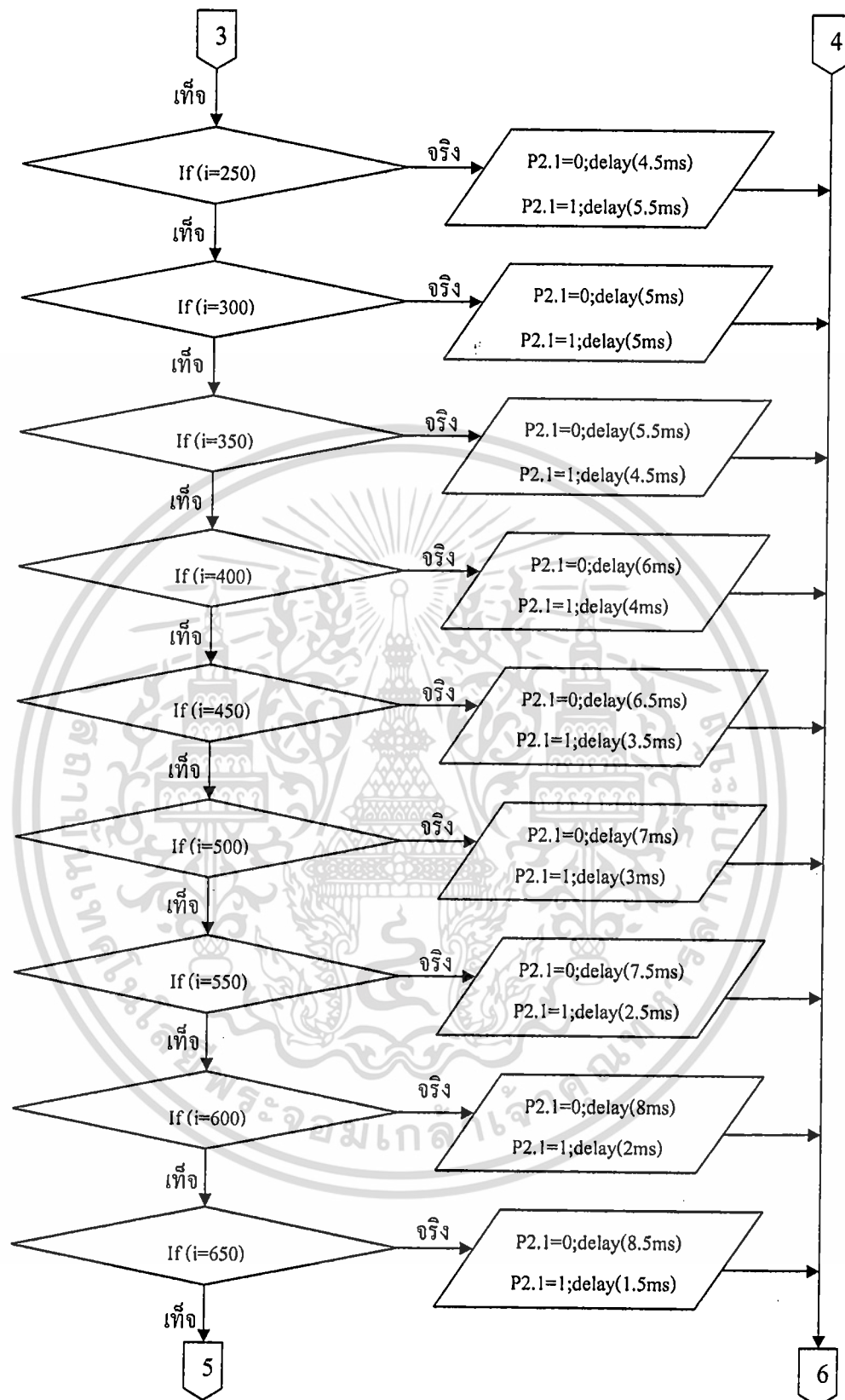
ในการเขียนโปรแกรมจำเป็นที่จะต้องมีส่วนประกอบต่างๆ ของการเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการเขียนซึ่งระบบการทำงานของเครื่องมีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.14



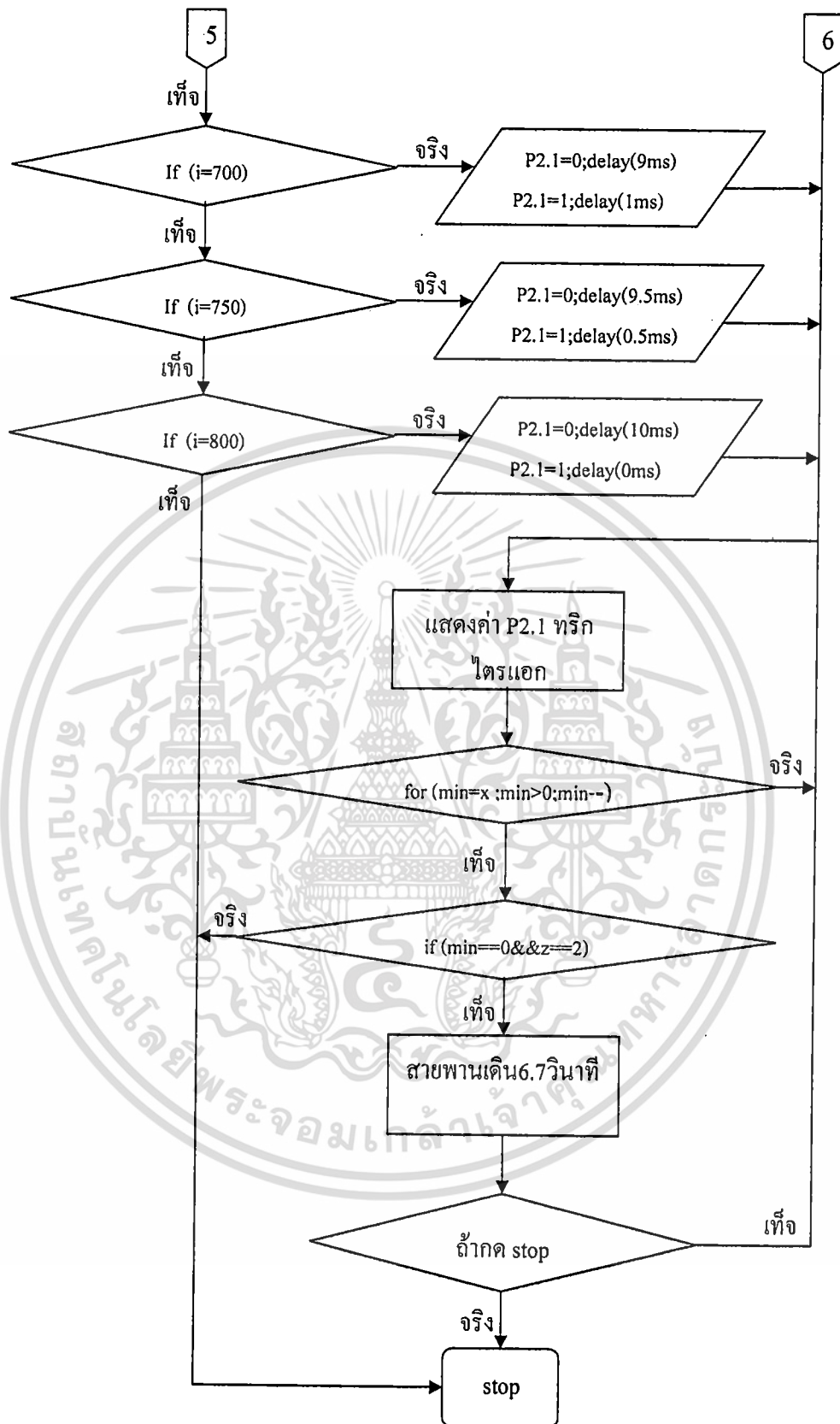
รูปที่ 3.14 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.14 (ต่อ) แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.14 (ต่อ) แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.14 (ต่อ) แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของโปรแกรม

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องระบบจะรับค่าตัวแปรหลังจากนั้น สายพานทำการลำเลียงข้าวเปลือกเข้าไปในตู้จากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งใช้เวลา 6.7 วินาที(จากการทดลอง) เลือกระบบการทำงาน จากสวิตช์ up หรือ down ซึ่งมีระบบการทำงานแบบต่อเนื่อง กับระบบทำงานแบบครั้งเดียวหยุด พร้อมแสดงผลทาง แอลอีดี 7 ส่วน(7-Segment) เมื่อทำการกดปุ่ม enter ระบบจะให้ตั้งค่าของเวลาในการทำงานของเครื่อง โดยจะรับค่าจาก สวิตช์ up หรือ down เพื่อเพิ่มค่า หรือลดค่าของตั้งแปร min พร้อมทั้งแสดงค่าทาง แอลอีดี 7 ส่วน เมื่อทำการกดปุ่ม enter ระบบจะลงมาตั้งค่ากำลังวัตต์ทางด้านอินพุต โดยระบบจะรับค่า จากสวิตช์ up หรือ down เพิ่มค่าหรือลดค่าของตั้งแปร i โดยเพิ่มค่าที่ละ 50 วัตต์ ได้จนถึง 800 วัตต์ เมื่อกดปุ่ม enter ระบบจะลงมาเช็คค่าของตัวแปร i ว่ามีค่าตรงตามเงื่อนไขใดก็จะไปทำใน main ที่ได้ตั้งค่าไว้โดยแมกนีตรอนทำงานตามตัวแปร d และทำงานกว่าตัวแปร min เท่ากับ 0 จึงจะมาเช็คถ้าตัวแปร $min = 0$ และ $z=1$ ให้มอเตอร์เดินตามค่าตัวแปร m และแมกนีตรอนทำงานค่าเดิมซ้ำต่อไปจนกว่าจะกดปุ่มหยุด และถ้าตัวแปร $min = 0$ และ $z = 2$ จะให้มอเตอร์เดินตามค่าตัวแปร m และก็จะกลับไปเริ่มต้นตั้งค่าใหม่อีกครั้ง

หมายเหตุ

- i คือ ค่ากำลังวัตต์
- min คือ ค่าเวลา
- Z คือ ค่าโหมดการทำงาน
- m คือ ค่าของเวลาของสายพานลำเลียง
- d คือ ค่าเวลาทริกเกต

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองวัดสัญญาณกรีกเกต แรงดันขีดเริ่มของหลอดแมกนีตรอน ทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต ลดความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ออกแบบและทดสอบผลของคลื่นไมโครเวฟต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง

4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน

ในการทดลองนี้ทำการทดลองเพื่อทดสอบลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์จากการส่งคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในตู้อบไมโครเวฟที่ออกแบบมาว่าสามารถลดความชื้นในข้าวเปลือกได้หรือไม่ โดยจะเอาชุดควบคุมกำลังวัตต์จากเครื่องไมโครเวฟแบบมาตรฐานตามท้องตลาด มาทำการทดลองเพื่อหาความชื้นของเมล็ดพันธุ์

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียง 1 เครื่อง
- ตัวอย่างการทดลองข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 10 กิโลกรัม
- ตาชั่งสปริง 10 นิวตัน 1 เครื่อง
- เครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่น 1 เครื่อง

4.1.2 วิธีการทดลอง

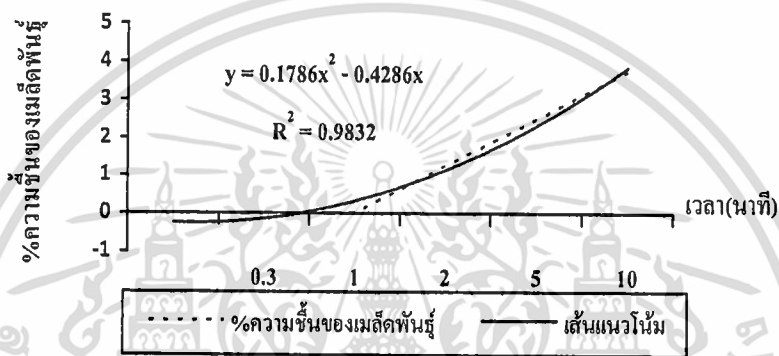
- ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำไปผึ่งลมประมาณ 30 นาที จึงนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นที่ออกแบบ
- นำข้าวเปลือกมาอบครั้งละ 400 กรัม จำนวน 25 ตัวอย่าง
- นำข้าวเปลือกเข้าตู้อบด้วยสายพานลำเลียง แล้วทำการอบ โดยตั้งที่ระดับกำลังวัตต์และเวลาต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1- 4.5
- คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ด้วยสมการที่ 2.1 (น้ำหนักมาตรฐานเปียก)

4.1.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองนั้นได้ทำการบันทึกน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ 4.1 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
1	0.30	400	400	0.00
2	1	400	400	0.00
3	2	400	395	1.25
4	5	400	390	2.50
5	10	400	385	3.75

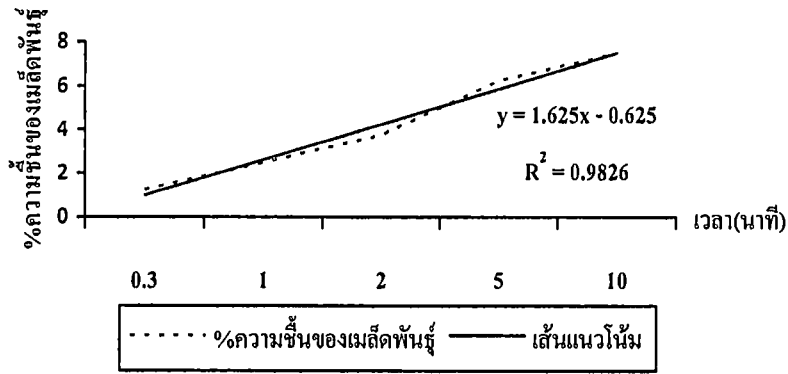


รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่างๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 0.1786X^2 - 0.4286X$ และมีค่า $R^2 = 0.9832$ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อยๆ นั้นมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย

ตารางที่ 4.2 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำปานกลาง

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
1	0.30	400	395	1.25
2	1	400	380	2.50
3	2	400	385	3.75
4	5	400	375	6.25
5	10	400	370	7.50



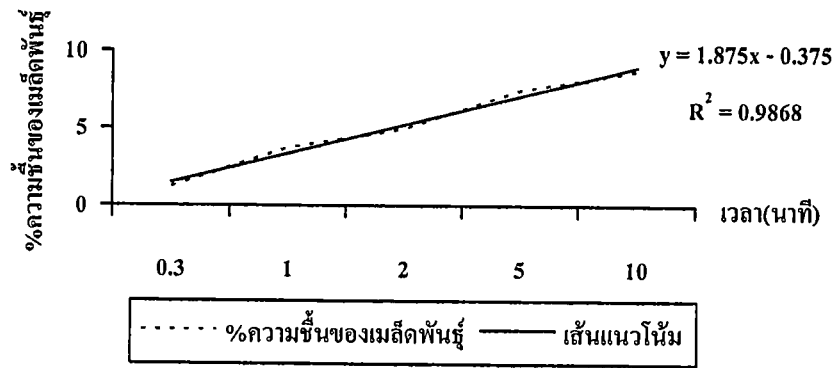
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำปานกลาง

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่าง จะได้ดังสมการ $y = 1.625x - 0.625$ และมีค่า $R^2 = 0.9826$ ผลจากการทดลองที่พบว่าที่เวลาน้อยๆ นั้นจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ที่เวลามากขึ้นความชื้นยังมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

ตารางที่ 4.3 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำปานกลาง

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
1	0.30	400	395	1.25
2	1	400	385	3.75
3	2	400	380	5.00
4	5	400	370	7.50
5	10	400	365	8.75

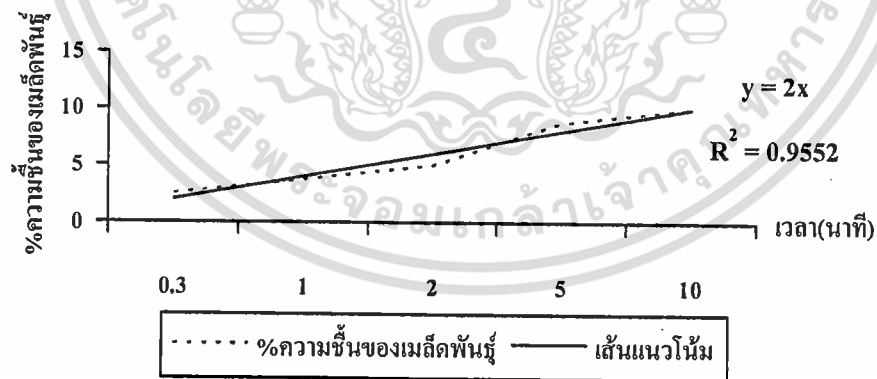
จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่าง จะได้ดังสมการ $y = 1.875x - 0.375$ และมีค่า $R^2 = 0.9868$ ผลจากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นมากกว่ากำลังวัตต์ต่ำสุดและต่ำปานกลาง ที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงแต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่ระดับกำลังวัตต์ปานกลาง

ตารางที่ 4.4 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน ที่ระดับกำลังวัตต์สูงปานกลาง

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
1	0.30	400	390	2.50
2	1	400	385	3.75
3	2	400	380	5.00
4	5	400	365	8.75
5	10	400	360	10.00

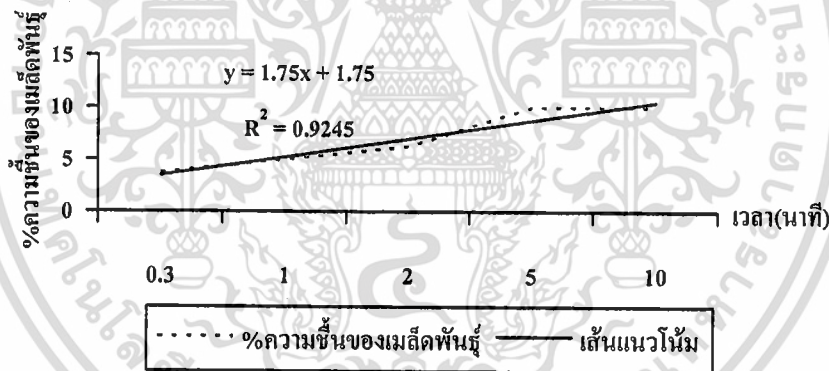


รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่ระดับความร้อนสูงปานกลาง

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างจะได้ดังสมการ $y = 2x$ และมีค่า $R^2 = 0.9552$ ผลจากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อยนั้นเริ่มเห็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงชัดเจนขึ้น และที่เวลาเพิ่มขึ้นความชื้นก็ยังมีเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

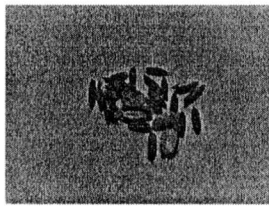
ตารางที่ 4.5 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน ที่ระดับกำลังวัตต์สูงสุด

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
2	1	400	380	5.00
3	2	400	375	6.25
4	5	400	360	10.00
5	10	400	360	10.00



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่ระดับความร้อนสูงสุด

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างจะได้ดังสมการ $y = 1.75x + 1.75$ และมีค่า $R^2 = 0.9245$ ผลจากการทดลองพบว่าที่กำลังวัตต์สูงสุดนั้นเมื่อเวลาน้อยๆ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสามารถลดลงได้เร็วที่สุด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลง หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงความชื้นจะคงที่ ซึ่งผลจากการทดลองอบเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์สูงปานกลางและสูงสุดแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงข้าวที่อบเวลา 5-10 นาทีที่กำลังวัดค่าสูงปานกลางและสูงสุด

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อนำข้าวเปลือกมาอบที่กำลังวัดต่ำสุด เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกจะน้อยมากหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ต้องใช้เวลานานถึงจะทำให้ความชื้นลดลง และเมื่อเพิ่มกำลังวัดมากขึ้นความชื้นก็จะลดลงเร็วขึ้น โดยเวลาในการอบที่เท่ากันแสดงให้เห็นว่ากำลังวัดมีผลทำให้ความชื้นของข้าวลดลงได้ และเวลามากก็ทำให้ลดลงได้เหมือนกัน แต่กำลังวัดสูงสุดที่เวลา 5 นาที ขึ้นไปไม่ว่าจะอบนานแค่ไหนความชื้นก็ไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะส่งผลเสียมากกว่าก็คือ จะทำให้ข้าวเปลือกไหม้หรือเป็นข้าวตอกได้จากการทดลองนี้ทำให้รู้ว่าตู้อบที่ออกแบบมานั้นสามารถลดความชื้นได้ และในระดับต่างๆของกำลังวัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก

4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองวัดสัญญาณทริกเกต

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อวัดสัญญาณที่ได้จากการเขียนโปรแกรมควบคุมการทริกเกตหรือจุดขนวนการทำงานของใคร่อกว่าไปไปตามที่ได้ออกแบบหรือไม่ มีความผิดพลาดอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการออกแบบวงจรภาคถัดไป

4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- วงจรตรวจจับผ่านศูนย์
- วงจรประมวลผลพร้อมโปรแกรม
- วงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- ออสซิลโลสโคปที่สามารถบันทึกสัญญาณได้ 1 เครื่อง
- คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

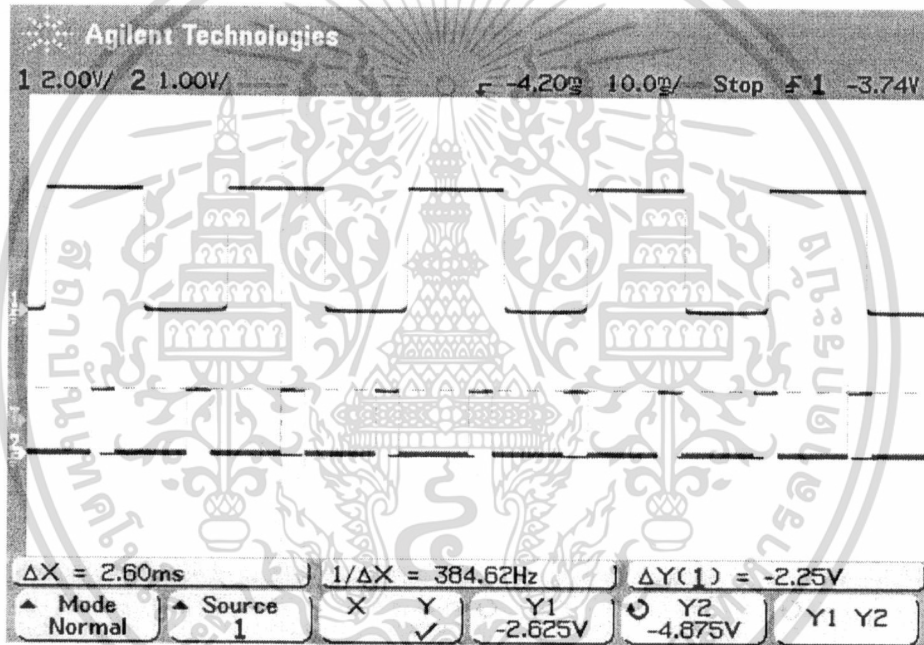
4.2.2 วิธีการทดลอง

1. ต่อยังวงจรตรวจจับผ่านศูนย์(วงจรดังแสดงในรูปที่ 3.12) เข้ากับวงจรภาคประมวลผลที่ได้เขียนโปรแกรมไว้แล้ว และต่อเข้ากับวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
2. ทำการต่อแหล่งจ่ายให้กับวงจรในทุกภาคส่วน

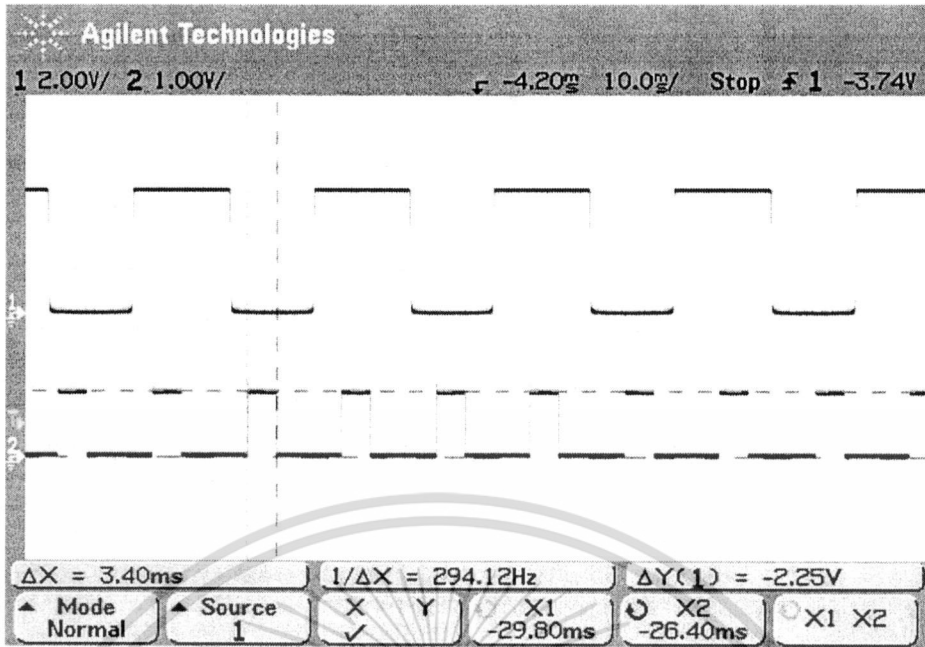
3. จากรูปที่ 3.12 และ 3.13 ใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดสัญญาณที่จุด A เทียบกับจุด B
4. กำหนดกำลังวัตต์ที่ปุ่มควบคุม โดยระบบจะสามารถปรับความละเอียดได้ครั้งละ 50 วัตต์ ปรับได้ตั้งแต่ 50-800 วัตต์
5. ทำการบันทึกรูปคลื่นสัญญาณที่ 50, 100, 200, 400 และ 800 วัตต์ โดยปรับขึ้นครั้งละเท่าตัว เพื่อที่จะให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสัญญาณ

4.2.3 ผลการทดลอง

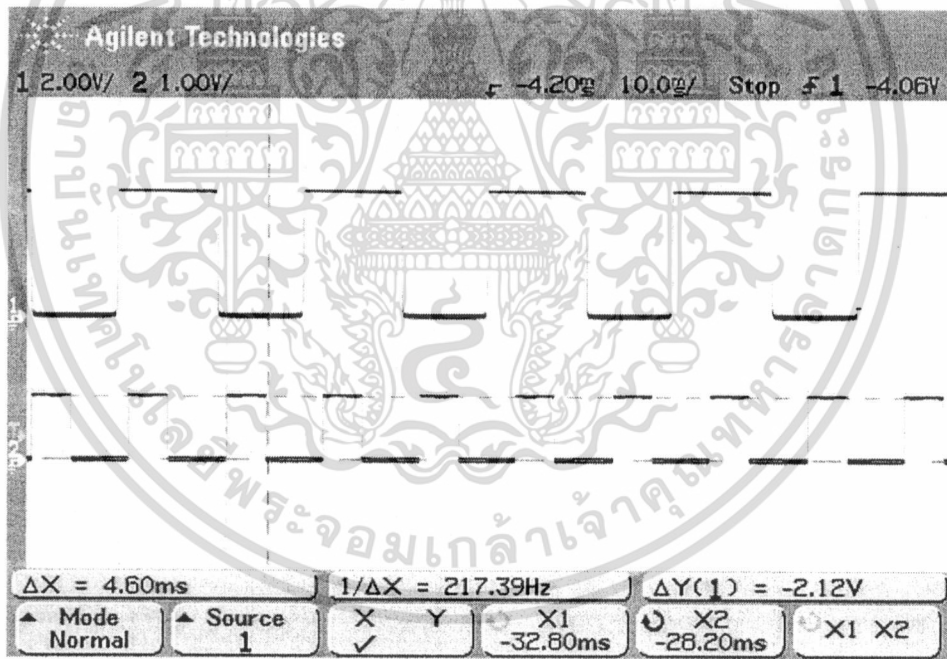
ในการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อวัดสัญญาณทริกเกตในระดับต่างๆ ว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบและสามารถใช้ควบคุมการทำงานของไตรแอกได้หรือไม่ซึ่งลักษณะของสัญญาณแสดงดังในรูปที่ 4.7-4.11



รูปที่ 4.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 50 วัตต์



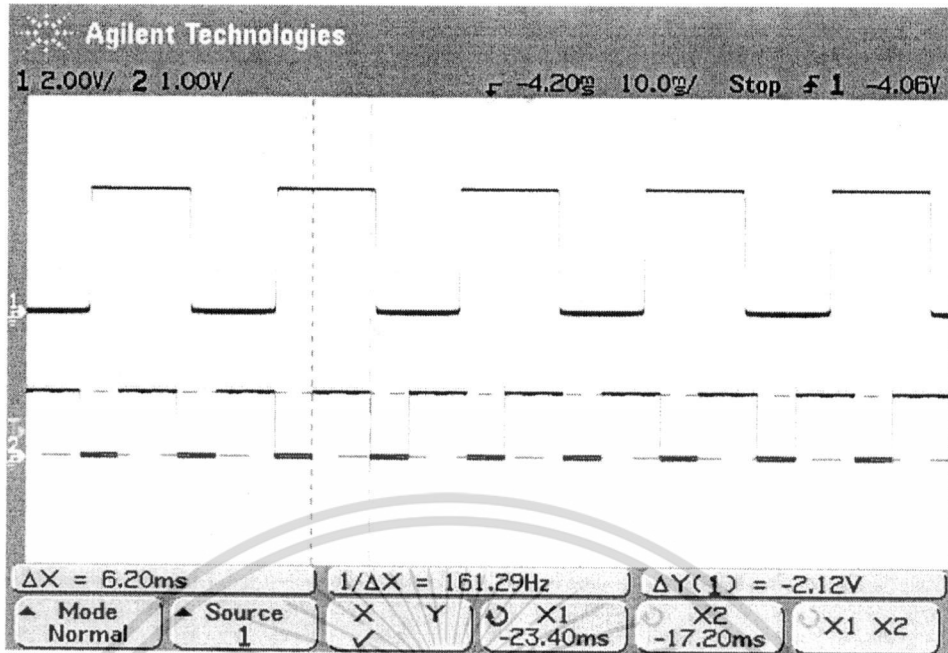
รูปที่ 4.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 100 วัตต์



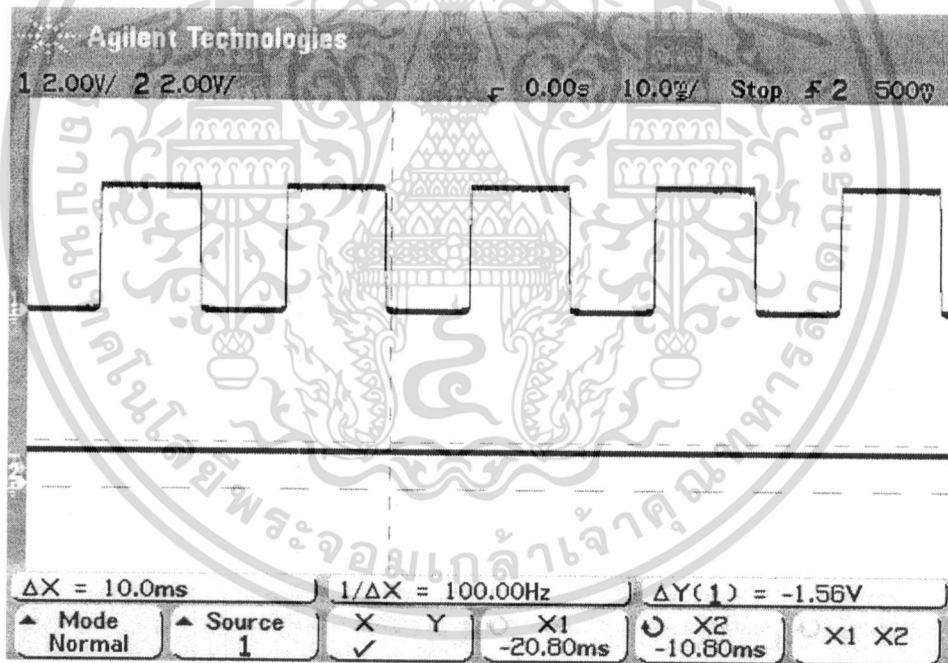
รูปที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 200 วัตต์

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 400 วัตต์



รูปที่ 4.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 800 วัตต์

สรุปผลการทดลอง

การทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณทริกเกตที่ใช้ในการควบคุมกำลังวัตต์ทางด้านอินพุต ซึ่งผลการทดลองจากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ที่ 50 วัตต์ จะให้เริ่มการทำงานที่ 2.62 ms เพราะหลอดแมกนีตรอนเริ่มทำงานที่ 2 ms จากการทดลองนี้จะทำการเพิ่มกำลังวัตต์ขึ้นครั้งละเท่าตัว เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายขึ้น และในการทดลองของ 800 วัตต์ ผลที่ได้จากการทดลองใน รูปที่ 4.11 นั้นจะกำหนดให้เป็นหนึ่งตลอดเพื่อไตรแอกทำงานตลอดเวลา รูปคลื่นสัญญาณที่ได้นั้นเรานำมาเป็นสัญญาณไปควบคุมการทำงานของไตรแอก แต่สัญญาณดังกล่าวยังไม่สามารถทำให้ไตรแอกทำงานเพราะกระแสยังไม่เพียงพอ จึงต้องเพิ่มกระแสโดยออกแบบทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์แล้วนำกระแสจากส่วนอื่นมาช่วย จึงจะทำให้ไตรแอกทำงานได้ตามความกว้างของสัญญาณพัลส์บวกตั้งที่ออกแบบมา

4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตคลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน(Vac) ด้วยวารรีแอก

การทดลองในหัวข้อนี้ทำการทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตด้วยการปรับระดับแรงดันทางด้านอินพุตด้วยวารรีแอกเพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของกำลังวัตต์และแรงดันขีดเริ่มของหลอดแมกนีตรอน

4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องไมโครเวฟที่ใช้ลดความชื้นข้าวเปลือก(ระบบที่ออกแบบ) 1 เครื่อง
- เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เครื่อง
- บีกเกอร์ขนาด 250 cc. 1 ใบ
- กระบอกฉีดยาขนาด 25 cc. 1 อัน
- ปรอทวัดอุณหภูมิ 1 อัน
- เครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ 1 เครื่อง

4.3.2 วิธีการทดลอง

1. เติมน้ำใส่ในบีกเกอร์ที่ปริมาตร 250 cc.
2. วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนนำไปอบในไมโครเวฟด้วยปรอทวัดอุณหภูมิแล้วเก็บผล
3. นำน้ำที่เตรียมเรียบร้อยแล้วมาใส่ที่ช่องบริเวณด้านบนของ เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการทดลอง เมื่อใส่เสร็จแล้วทำการปิดฝาเครื่องให้สนิท
4. ทำการตั้งระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยรับครั้งละ 5V จะเริ่มต้นทำงานที่ 155-

220V

5. ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยมัลติมิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ก็จ่ายแรงดันให้กับหม้อแปลง

6. ทำการทดลองจับเวลาจ่ายคลื่นไมโครเวฟที่เวลา 2 ระดับ คือ 1 นาที และ 2 นาที เมื่อถึงเวลาที่กำหนดนำน้ำออกจากตู้อบแล้ววัดอุณหภูมิหลังอบ แล้วหาอุณหภูมิของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลง แล้วทำการเก็บผลการทดลอง

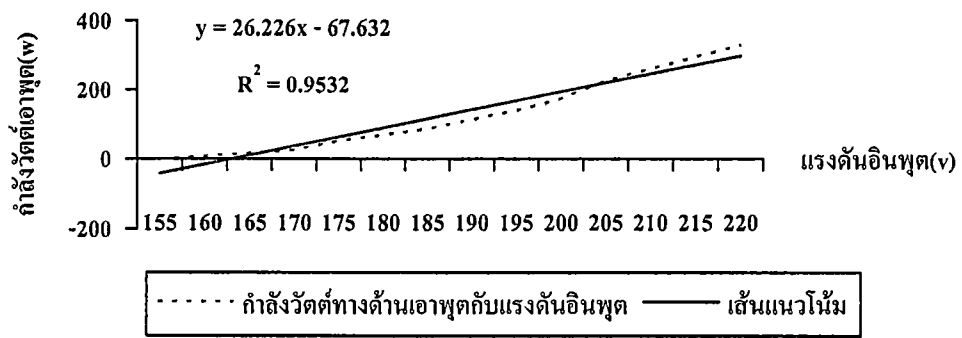
7. นำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาค่ากำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟจากสมการที่ 2.2

4.3.3 ผลการทดลอง

การทดลองนี้เพื่อที่จะเก็บข้อมูลการเปลี่ยนกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต โดยการปรับแรงดันทางด้านอินพุตตั้งแต่ 155-220V เมื่อทำการวัดอุณหภูมิก่อนอบและหลังอบแล้วคำนวณหาค่ากำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 วัดกำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน(Vac) ด้วยวาร์ริเอคที่เวลา 1 นาที

แรงดัน AC(v)	อุณหภูมิของน้ำ ก่อนอบ	อุณหภูมิของน้ำ หลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่ เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ ทางด้านเอาต์พุต
155	25.5	25.5	0	0
160	25.5	26	0.5	8.72
165	25.5	26.5	1	17.45
170	25.5	27	1.5	26.18
175	25.5	28.5	3	52.37
180	25.5	29.5	4	69.83
185	25.5	30.5	5	87.29
190	25.5	32	6.5	113.47
195	25.5	33.5	8	139.66
200	25.5	35.5	10	174.58
205	25.5	38.5	13	226.95
210	25.5	40.5	15	261.87
215	25.5	42.5	17	296.79
220	25.5	44.5	19	331.7



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ที่ทางด้านเอาต์พุต

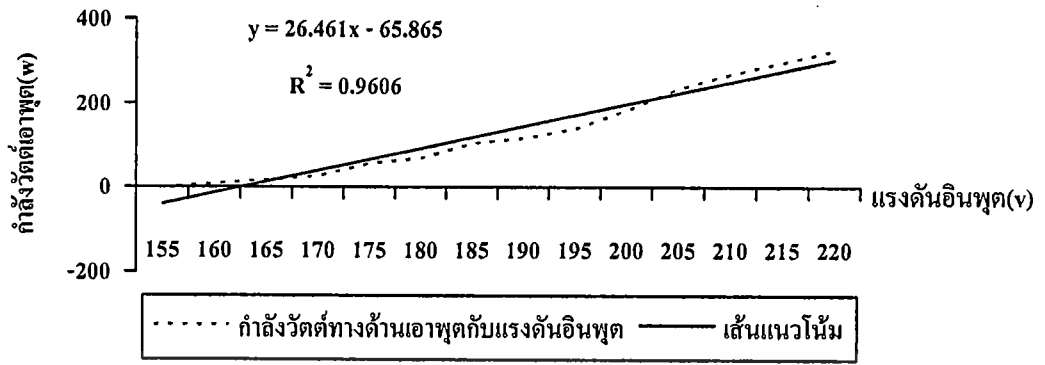
จากรูปที่ 4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต ซึ่งจะได้ดังสมการ $y = 26.226x - 67.632$ และมีค่า $R^2 = 0.9532$ ผลจากการทดลองพบว่าที่แรงดันอินพุตต่ำๆ (สูงกว่าระดับแรงดันขีดเริ่ม) หลอดแมกนีตรอนเริ่มทำงานแล้ว จะมีกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตออกน้อย และเมื่อแรงดันเพิ่มสูงขึ้นกำลังวัตต์ที่ออกทางด้านเอาต์พุตก็จะสูงขึ้น

ตารางที่ 4.7 วัตต์กำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน(Vac) ด้วยวาร์ริเอกทีเวลา 2 นาที

แรงดัน AC(v)	อุณหภูมิของน้ำ			กำลังวัตต์ ทางด้านเอาต์พุต
	ก่อนอบ	หลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่ เปลี่ยนแปลง	
155	25.5	25.5	0	0
160	25.5	26.5	1	8.72
165	25.5	27.5	2	17.45
170	25.5	28.5	3	26.18
175	25.5	32	6.5	56.73
180	25.5	33.5	8	69.83
185	25.5	37.5	12	104.75
190	25.5	39	13.5	117.84
195	25.5	41.5	16	139.66
200	25.5	46.5	21	183.31
205	25.5	52.5	27	235.68
210	25.5	56.5	31	270.60
215	25.5	59	33.5	298.42
220	25.5	63	37.5	337.34

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ที่ทางด้านเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต (ที่โหลดได้รับ) ซึ่งจะได้สมการ $y = 26.461x - 65.865$ และมีค่า $R^2 = 0.9606$ ผลจากการทดลองพบว่าที่แรงดันอินพุตต่างๆ (สูงกว่าระดับแรงดันขีดเริ่ม) หลอดแมกนีตรอนทำงานแล้ว จะมีกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตออกน้อย และเมื่อแรงดันเพิ่มสูงขึ้นกำลังวัตต์ที่ออกทางด้านเอาต์พุตก็จะสูงขึ้น เมื่อเทียบกับที่เวลา 1 นาที

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตด้วยการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่แรงดันต่างๆ (สูงกว่าระดับแรงดันขีดเริ่ม) หลอดแมกนีตรอนสามารถทำงาน แต่กำลังวัตต์ที่ออกทางด้านเอาต์พุตก็ยังมีค่าน้อย และเมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าสูงขึ้น กำลังวัตต์ที่ออกทางด้านเอาต์พุตก็มีค่าสูงขึ้นตาม จนกระทั่งมาถึงที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุด คือ 220 โวลต์ ก็จะทำให้ได้กำลังวัตต์มีค่าสูงสุด จากการทดลองจ่ายกำลังวัตต์ที่ 1 นาที ได้ 331 วัตต์ และเมื่อเพิ่มเวลามากขึ้นเป็น 2 นาที ก็ทำให้กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 337 วัตต์

4.4 การทดลองที่ 4 การทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตของไมโครเวฟด้วยระบบที่ออกแบบขึ้น

จากที่ได้ทำการทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตของไมโครเวฟด้วยระบบที่ได้ออกแบบมา ซึ่งผลจากการทดลองนี้ทำให้รู้ว่าระบบที่ออกแบบนี้มีประสิทธิภาพตามที่คิดออกแบบหรือไม่

4.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องไมโครเวฟที่ใช้ลดความความชื้นข้าวเปลือก 1 เครื่อง
- บีกเกอร์ขนาด 250 cc. 1 ใบ
- กระบอกฉีดยาขนาด 25 cc. 1 อัน

- พรอทวัดอุณหภูมิ 1 อัน
- เครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ 1 เครื่อง

4.4.2 วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำใส่ในบีกเกอร์ที่ปริมาตร 250 cc.
2. วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนนำเข้าไปอบในตู้ด้วยพรอทวัดอุณหภูมิแล้วเก็บผล
3. นำน้ำที่เตรียมเรียบร้อยแล้วมาใส่ลงในช่องบริเวณด้านบนของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการทดลอง เมื่อใส่เสร็จแล้วทำการปิดฝาเครื่องให้สนิท
4. ทำการตั้งเวลาตั้งแต่ของเครื่อง 1 นาที
5. ปรับระดับกำลังวัตต์ตั้งแต่ 50-800 วัตต์
6. นำน้ำออกจากตู้อบแล้วทำการวัดอุณหภูมิด้วยพรอทวัดอุณหภูมิ เพื่อหาอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง นำมาคำนวณหา กำลังวัตต์ตั้งสมการที่ 2.2 แล้วบันทึกค่าลงใน ตารางที่ 4.8

4.4.3 ผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการบันทึกผลข้อมูลกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตของไมโครเวฟที่ออกแบบมา โดยปรับระดับกำลังวัตต์ทางด้านอินพุตตั้งแต่ 50-800 วัตต์แล้วนำไปคำนวณค่ากำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตที่โหลด

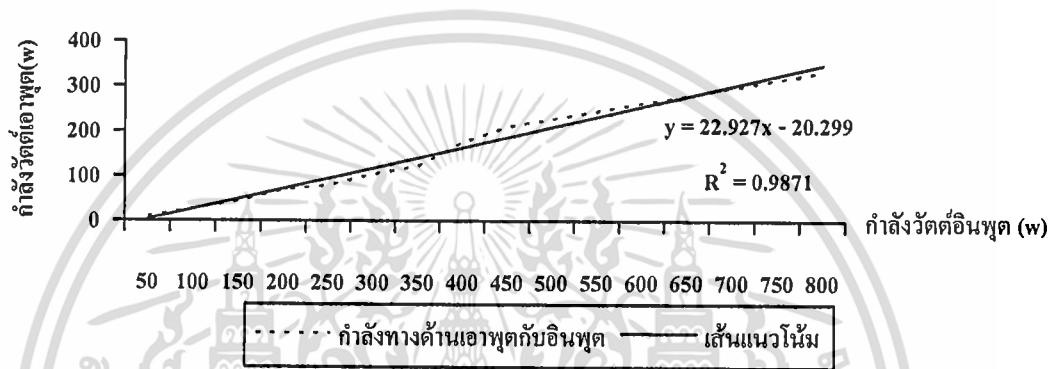
ตารางที่ 4.8 ผล การวัดกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ จากโปรแกรมและวงจรควบคุมที่ได้ออกแบบ

กำลังวัตต์ ทางด้านอินพุต	อุณหภูมิของน้ำ		อุณหภูมิของน้ำที่ เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ ทางด้านเอาต์พุต
	ก่อนอบ	หลังอบ		
50	28	28.5	0.5	8.72
100	28	29	1.5	26.18
150	28	31	2.5	43.64
200	28	32	4	69.83
250	28	33	4.5	78.56
300	28	34	6	104.75
350	28	36	7	122.20
400	28	38	10	174.58
450	28	40	12	209.54
500	28	41	13	226.95
550	28	42	14	244.41

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังวัตต์ ทางด้านอินพุต	อุณหภูมิของน้ำ ก่อนอบ	อุณหภูมิของน้ำ หลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่ เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ ทางด้านเอาต์พุต
600	28	43	15	261.87
650	28	44	16	279.33
700	28	45	17	296.79
750	28	46	18	314.25
800	28	47	19	331.70



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังวัตต์ทางด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังวัตต์ทางด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต (ที่โหลดได้รับ) ซึ่งได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 22.927x - 20.299$ และมีค่า $R^2 = 0.9871$ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าที่ กำลังวัตต์อินพุตน้อยๆ นั้นส่งผลให้กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตก็จะน้อยด้วย แต่กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตจะน้อยกว่าทางด้านอินพุตประมาณ 2 เท่า และที่ กำลังวัตต์มากก็เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

สรุปผลการทดลอง

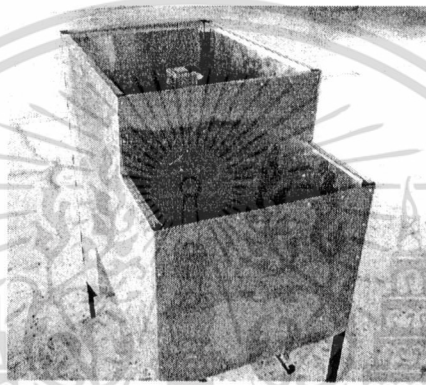
จากการทดลองวัดกำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟ ด้วยโปรแกรมและวงจรควบคุมที่ออกแบบมานั้น โดยจะทำงานได้ดีเหมือนกับการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่แรงดันสูงสุด 220 โวลต์จะได้กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต 331.7 วัตต์ เท่ากับกำลังวัตต์ที่ได้จากการเขียน โปรแกรม และออกแบบวงจรควบคุม

4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นในข้าวเปลือก

ในการทดลองโดยการใช้เครื่องที่ออกแบบมาทำการควบคุมระดับกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟด้วยระบบคอนโทรลที่ออกแบบมาในระดับต่างๆ ซึ่งการทดลองนี้จะทำให้ได้ว่าเครื่องที่ออกแบบมานั้นสามารถที่จะลดความชื้นในข้าวเปลือกได้มากน้อยแค่ไหนและได้คุณภาพหลังการอบเป็นอย่างไร

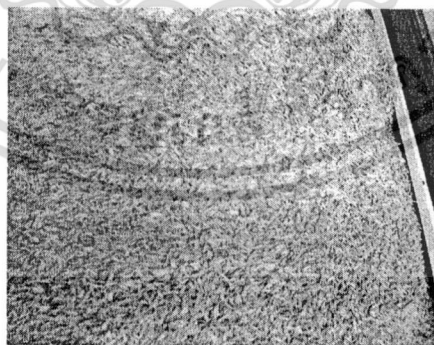
4.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียงที่ได้ออกแบบไว้ 1 เครื่องดังรูปที่ 4.15



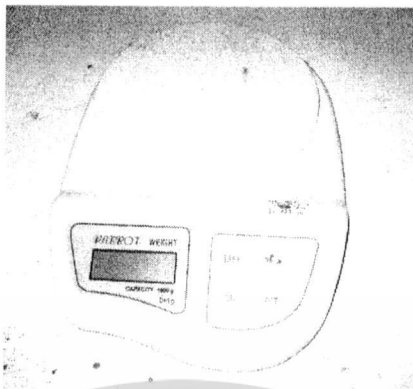
รูปที่ 4.15 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียง

2. ตัวอย่างการทดลองข้าวเปลือกพันธุ์เจริญ (พันธุ์ข้าวพื้นเมือง อ.ปะทิว) 10 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ข้าวเปลือกพันธุ์เจริญ

3. ตาชั่งความละเอียดสูง 1 เครื่อง ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ตาชั่งความละเอียดสูง

4. เครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่น 1 เครื่อง ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่น

4.5.2 วิธีการทดลอง

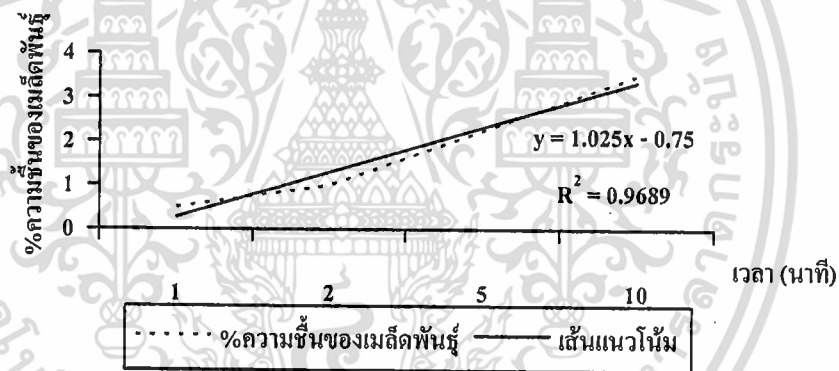
1. ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์เครือส นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง(เนื่องจากข้าวที่ได้มาแห้งเกินไป) หลังจากนั้นนำไปผึ่งลมประมาณ 30 นาที
2. นำตัวอย่างข้าวเปลือกมาทำการทดลองครั้งละ 400 กรัม จำนวน 25 ตัวอย่าง
3. นำตัวอย่างข้าวเปลือกเข้าตู้อบด้วยสายพานลำเลียง แล้วทำการอบโดยตั้งระดับกำลังวัตต์ที่ระดับต่างและที่เวลาต่างๆ
4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างจากสมการที่ 2.1

4.5.3 ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการทดลองลดความชื้นในข้าวเปลือกโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ด้วยระบบที่ได้ ออกแบบมา ซึ่งได้ปรับระดับกำลังวัตต์ที่แตกต่างกันไป เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความชื้นใน ข้าวเปลือก ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.13

ตารางที่ 4.9 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์

ตัวอย่างที่ ที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ เปลี่ยนแปลง
1	1	400	398	0.5
2	2	400	396	1
3	5	400	391	2.25
4	10	400	386	3.5

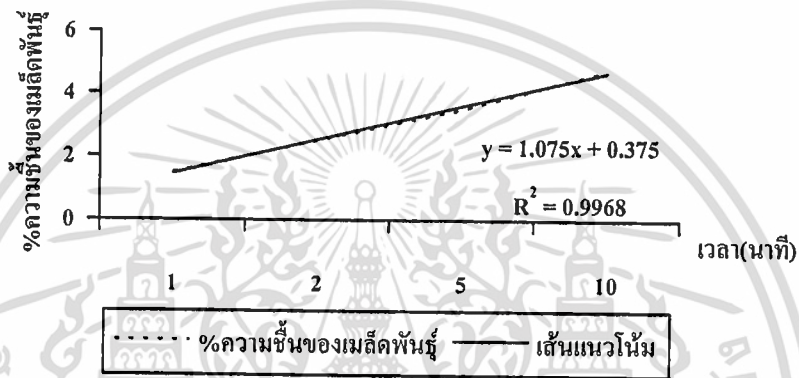


รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์

จากรูปที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์ จะได้ดังสมการ $y = 1.025x - 0.75$ และมีค่า $R^2 = 0.9689$ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

ตารางที่ 4.10 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัด 100 วัด

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลง
1	1	400	394	1.5
2	2	400	390	2.5
3	5	400	386	3.5
4	10	400	381	4.75



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่กำลังวัด 100 วัด

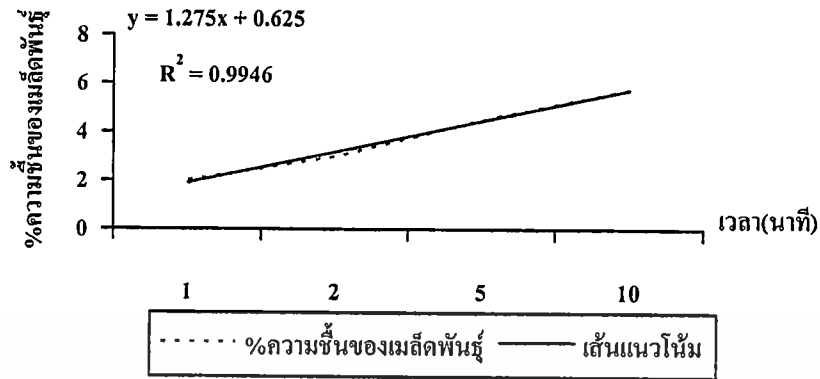
จากรูปที่ 4.20 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัด 100 วัด จะได้สมการ $y = 1.075x + 0.375$ และมีค่า $R^2 = 0.9968$ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

ตารางที่ 4.11 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัด 200 วัด

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลง
1	1	400	392	2
2	2	400	388	3
3	5	400	382	4.5
4	10	400	377	5.75

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



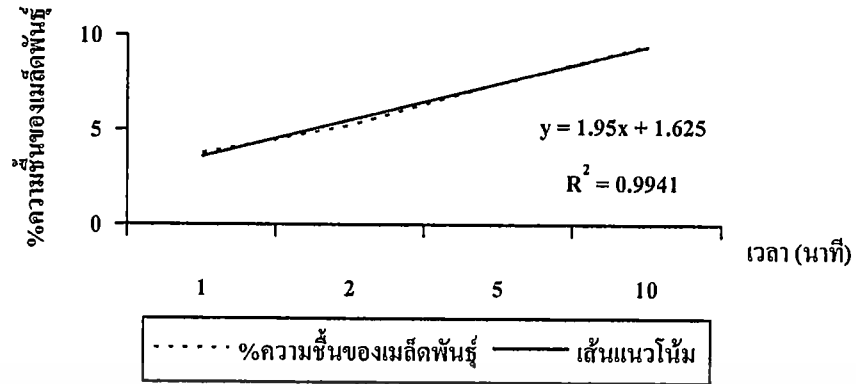
รูปที่ 4.21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 200 วัตต์

จากรูปที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์ 200 วัตต์ จะได้สมการ $y = 1.275x + 0.625$ และมีค่า $R^2 = 0.9946$ จากผลการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

ตารางที่ 4.12 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์

ตัวอย่างที่	เวลา (นาทีก)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลง
1	1	400	385	3.75
2	2	400	379	5.25
3	5	400	370	7.5
4	10	400	366	8.5

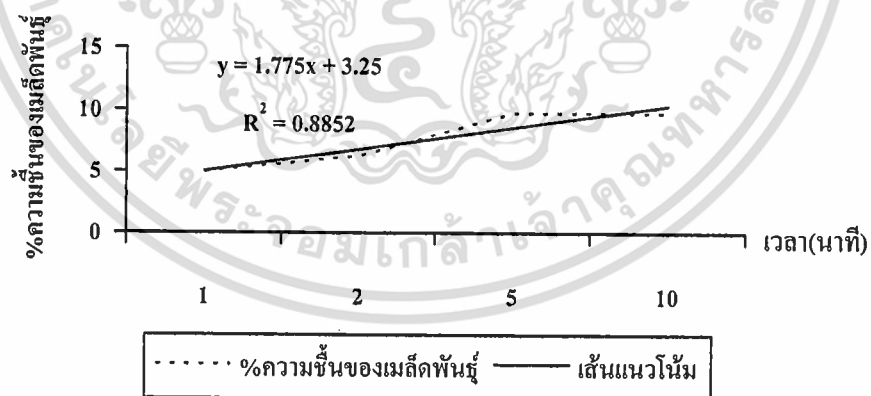
จากรูปที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์ ซึ่งจะได้สมการ $y = 1.95x + 1.625$ และมีค่า $R^2 = 0.9941$ จากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์

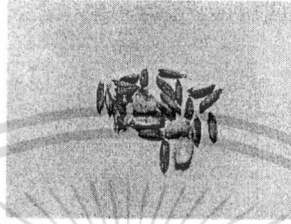
ตารางที่ 4.13 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลง
1	1	400	380	5
2	2	400	375	6.25
3	5	400	361	9.75
4	10	400	361	9.75



รูปที่ 4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์ 800วัตต์ ซึ่งจะได้ดังสมการ $y = 1.025x - 0.75$ และมีค่า $R^2 = 0.9689$ จากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง) จนกระทั่งมาถึงที่เวลาหนึ่งจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้น ซึ่งผลจากการทดลองอบเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างเป็นเวลา 10 นาที ที่กำลังวัตต์ 800วัตต์แสดงดังในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงข้าวที่อบเวลา 10 นาที ที่กำลังวัตต์ 800วัตต์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟ จะเห็นว่าผลการทดลองที่กำลังวัตต์น้อยๆ จะให้ความร้อนน้อยต้องใช้เวลาในการลดความชื้นนาน และที่กำลังวัตต์มากจะให้ความร้อนสูงจึงใช้เวลาน้อย แต่ที่ความร้อนสูงถ้าใช้เวลาในการอบนานเกินไปความชื้นในข้าวเปลือกจะไม่ลดลงแล้ว แต่จะทำให้ข้าวเปลือกเกิดการไหม้ขึ้นได้

4.6 การทดลองที่ 6 การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง

สำหรับการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกทดลองกับข้าวเปลือก

4.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

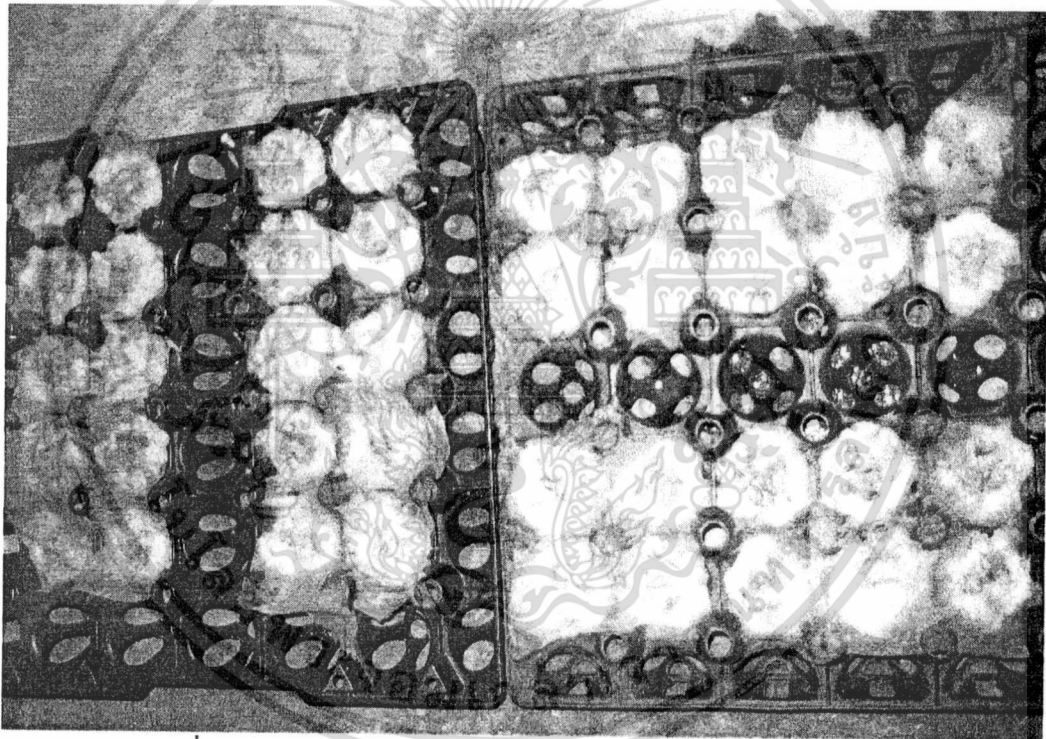
1. เมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลังวัตต์ต่าง ๆ
2. กระดาษทิชชู สำหรับใช้เป็นวัสดุเพาะ

4.6.2 วิธีการทดลอง

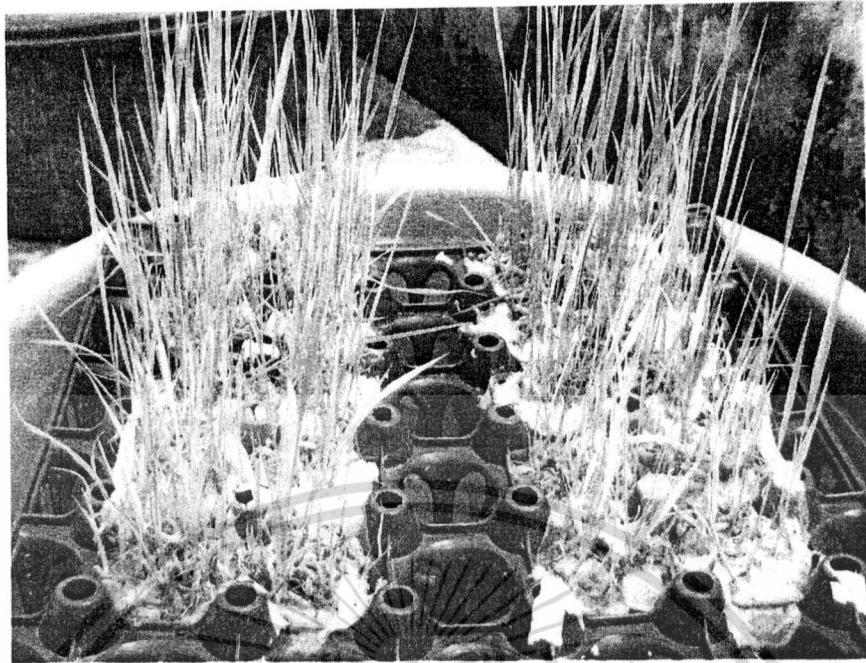
1. ใช้กระดาษทิชชูซ้อนกัน 3-5 ชั้น วางบนฝาจานแบนๆหรือวัสดุอื่นๆ แล้วรดน้ำให้ชุ่ม ในการวิจัยทดลองนี้เลือกใช้ถาดใส่ไข่เพื่อให้สามารถใส่กระดาษทิชชูลงในหลุมไข่ทำให้สามารถเก็บความชื้นและความชุ่มของน้ำไว้ได้นาน โดยแบ่งเพาะเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่แต่ละระดับกำลังวัตต์ละ 8 หลุม

2. เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ผ่านกระบวนการอบลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 50W, 100W, 200W, 400W และ 800W
3. นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ในแต่ละระดับกำลังวัตต์จำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ โดยในแต่ละระดับกำลังวัตต์จะทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ
4. โรยเมล็ดพันธุ์ข้าวลงบนกระดาษทิชชู (วัสดุเพาะ) แล้วรดน้ำให้ชุ่ม
5. เมื่อครบเวลา 4-5 วัน ตรวจสอบต้นกล้าปกติ (ต้นอ่อนที่มียอด รากสมบูรณ์) ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นที่ไม่สามารถเจริญเป็นต้นปกติได้ เช่น ไม่มียอด รากสั้น เป็นต้น) และเมล็ดไม่งอก

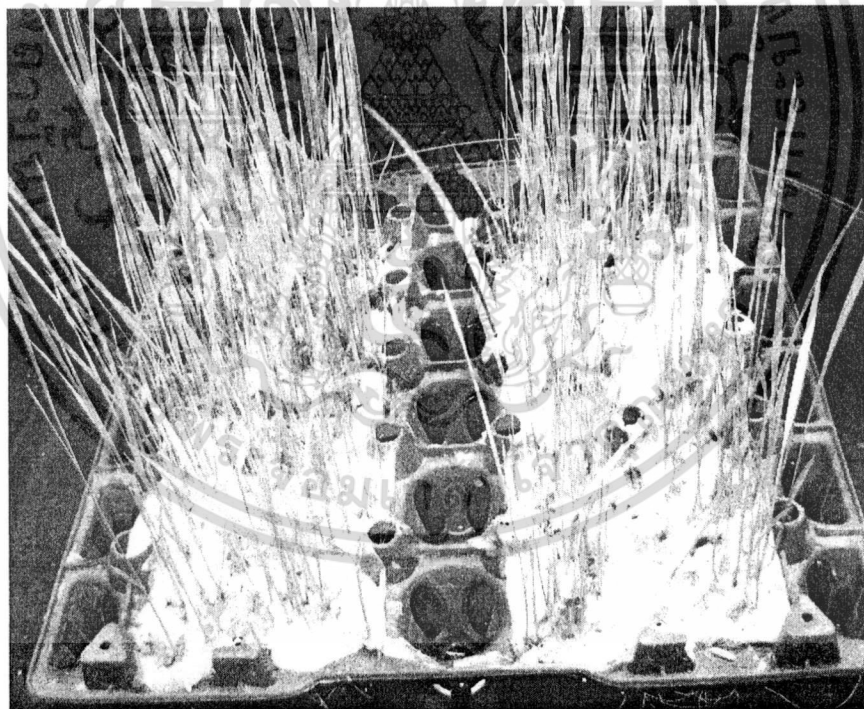
4.6.3 ผลการทดลอง ถ่ายภาพเพื่อแสดงถึงการเพาะ และการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.25-4.27 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างจากจำนวนต้นกล้าปกติ โดยนับ และบันทึกค่าผลเฉลี่ยต้นกล้าที่งอกลงในตารางที่ 4.14



รูปที่ 4.25 แสดงการนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาเพาะเพื่อทดสอบความงอก



รูปที่ 4.26 แสดงการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ



รูปที่ 4.27 แสดงการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
นอกจากนี้ยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง

กำลังวัตต์(w)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย
50	83	85	84	84	84
100	86	86	87	85	86
200	85	87	86	86	86
400	87	88	88	89	88
800	88	89	88	87	88

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่าง เมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลังวัตต์ 50 100 200 400 และ 800 เมล็ดพันธุ์ยังคงมีระดับความงอกเกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ นั่นแสดงให้เห็นว่าคลื่นไมโครเวฟไม่ได้ส่งผลกระทบต่อมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างเลย



เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร, “การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืช” [Online], Available: <http://www.doae.go.th/library/html/detail/Seed/MainSeed.htm>
- การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ (Seed Drying) [Online], Available: <http://kpp-rsc.ricethailand.go.th/Drying.htm>
- คำนึ่ง วาทยโยธา, “การอบแห้งขึ้นมันสำปะหลังด้วยไมโครเวฟและลมร้อน”, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548
- เครือวัลย์ บุญเงิน, “การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างง่าย” กลุ่มวิชาการ สวพ.5 ก้าวไปกับสวพ.5 ปีที่ 1 ฉบับที่ [Online], Available: <http://www.doa.go.th/tipdoa/index2.html>
- ประนอม ศรีสวัสดิ์, “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์”, กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541
- ยุทธพงศ์ เพ็ชรโรจน์ และคณะ, “การพัฒนาระบบการให้ความร้อนเพื่อการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ”, หน้า 4-12, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2548
- วีรชาติ ทองธีระ, “การตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์”, เอกสารประกอบคำบรรยายในการฝึกอบรมวิทยาการเมล็ดพันธุ์, 16 กันยายน ถึง 2 ตุลาคม 2530. ณ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืช ที่ 2 จังหวัดนครราชสีมา. (อัคราเน่า), 2530
- C. Gabriel and et.al. “Dielectric parameters relevant to microwave dielectric heating”, Chemical society reviews, Vol.27, 213, 1988
- G. Roussy and J.A. Pearce, “Foundations and Industrial Applications of Microwaves and Radio Frequency Fields,” John Wiley & Sons, 1995
- L. Harlfinger. “Microwave sterilization,” Food Technology, December 1992, p. 57
- M. Moisan and J. Pelletier. “Microwave Excited Plasmas,” Elsevier (1992)
- R.V. Decareau. “Microwave in the food processing industry,” Academic Press Inc. 1985
- S. O. Nelson, “Electromagnetic radiation effects on seeds”. Conference Proceedings: Electromagnetic Radiation in Agriculture, Roanok, VA, USA; Illuminating Engineering Society-American Society of Agricultural Engineers:60-63. 1965.