บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองวัดสัญญาณริกเกต แรงดันขีดเริ่มของหลอดแมกนีตรอน ทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต ลดความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ออกแบบและทดสอบผลของคลื่นไมโครเวฟต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง

4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน

ในการทดลองนี้ทำการทดลองเพื่อทดสอบลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์จากการส่งคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในตู้อบไมโครเวฟที่ออกแบบมาว่าสามารถลดความชื้นในข้าวเปลือกได้หรือไม่ โดยจะเอาชุดควบคุมกำลังวัตต์จากเครื่องไมโครเวฟแบบมาตรฐานตามท้องตลาด มาทำการทดลองเพื่อหาความชื้นของเมล็ดพันธุ์

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียง 1 เครื่อง
- ตัวอย่างการทดลองข้าวเปลือกพันธ์ขาวดอกมะลิ 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 แล้วทำการอบโดยตั้งที่ระดับกำลังวัตต์และเวลาต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1- 4.5
- คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ด้วยสมการที่ 2.1(น้ำหนักมาตรฐานเปียก)

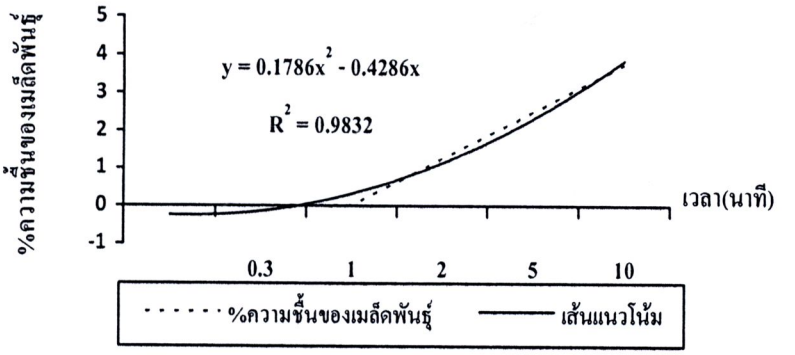
4.1.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองนั้นได้ทำการบันทึกน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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



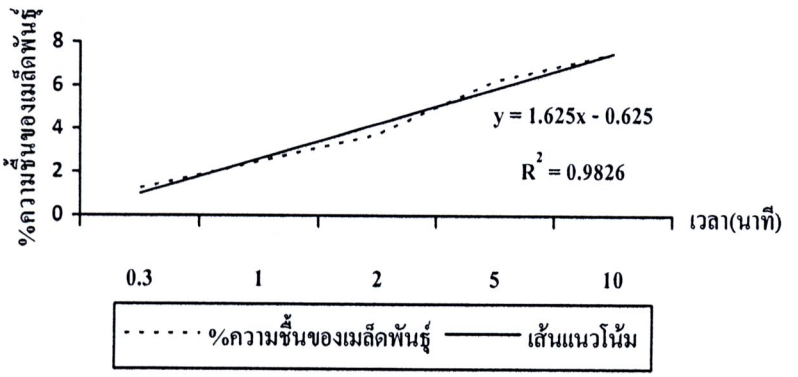
รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำสุด จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 0.1786X2-0.4286X$ 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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับกำลังวัตต์ต่ำปานกลาง

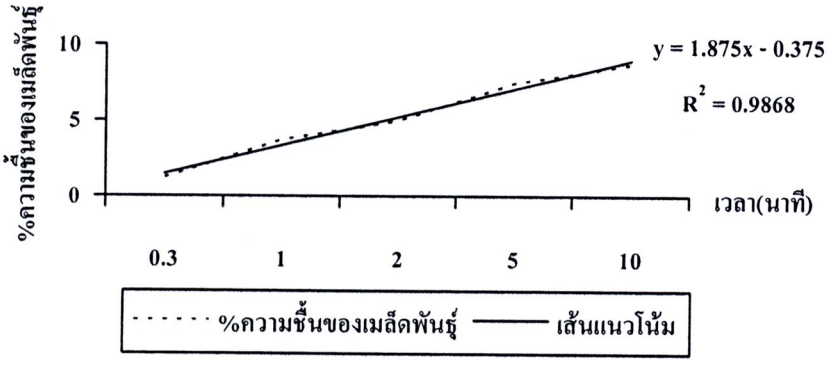
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่าง จะได้ดังสมการ $y = 1.625x-0.625$ และมีค่า $R^2= 0.9826$ ผลจากการทดลองที่พบว่าที่เวลาน้อยๆ นั้นจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ที่เวลามากขึ้นความชื้นยังมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

ตารางที่ 4.3 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐานที่ระดับกำลังวัตต์ปานกลาง

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 $R^2= 0.9868$ ผลจากทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นมากกว่ากำลังวัตต์ต่ำสุดและต่ำปานกลาง ที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงแต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

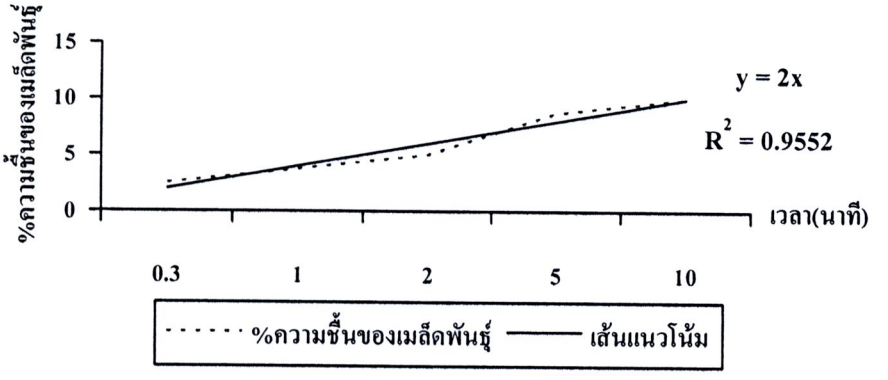
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับกำลังวัตต์ปานกลาง

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 %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่ระดับความร้อนสูงปานกลาง

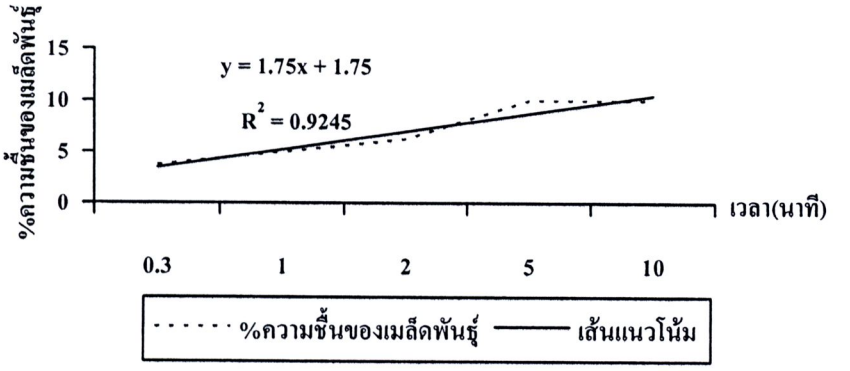
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

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

ตารางที่ 4.5 การทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟมาตรฐาน ที่ระดับกำลังวัตต์สูงสุด

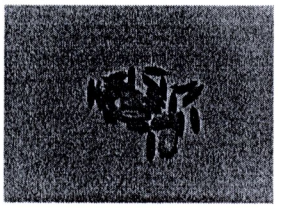
ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้นของเมล็ด (%)
2	1	400	380	5.00
3	2	400	375	6.25
4	5	400	360	10.00
5	10	400	360	10.00



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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.6 แสดงข้าวที่อบเวลา 5-10นาทีที่กำลังวัตต์สูงปานกลางและสูงสุด

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อนำข้าวเปลือกมาอบที่กำลังวัตต์ต่ำสุด เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกจะน้อยมากหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ต้องใช้เวลานานถึงจะทำให้ความชื้นลดลง และเมื่อเพิ่มกำลังวัตต์มากขึ้นความชื้นก็จะลดลงเร็วขึ้นโดยเวลาในการอบที่เท่ากันแสดงให้เห็นว่ากำลังวัตต์มีผลทำให้ความชื้นของข้าวลดลงได้ และเวลามากก็ทำให้ลดลงได้เหมือนกัน แต่กำลังวัตต์สูงสุดที่เวลา 5 นาที ขึ้นไปไม่ว่าจะอบนานแค่ไหนความชื้นก็ไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะส่งผลเสียมากกว่าก็ คือ จะทำให้ข้าวเปลือกไหม้หรือเป็นข้าวตอกได้จากการทดลองนี้ทำให้รู้ว่าตู้อบที่ออกแบบมานั้นสามารถลดความชื้นได้ และในระดับต่างๆของกำลังวัตต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก

4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองวัดสัญญาณทริกเกต

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อวัดสัญญาณที่ได้จากการเขียนโปรแกรมควบคุมการทริกขาเกตหรือจุดชนวนการทำงานของไตรแอกว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบหรือไม่ มีความผิดพลาดอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการออกแบบวงจรภาคถัดไป

4.2.1อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

4.2.2 วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรตรวจจับผ่านศูนย์(วงจรดังแสดงในรูปที่ 3.12) เข้ากับวงจรภาคประมวลผลที่ได้เขียนโปรแกรมไว้แล้ว และต่อเข้ากับวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

2. ทำการต่อแหล่งจ่ายให้กับวงจรในทุกภาคส่วน

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

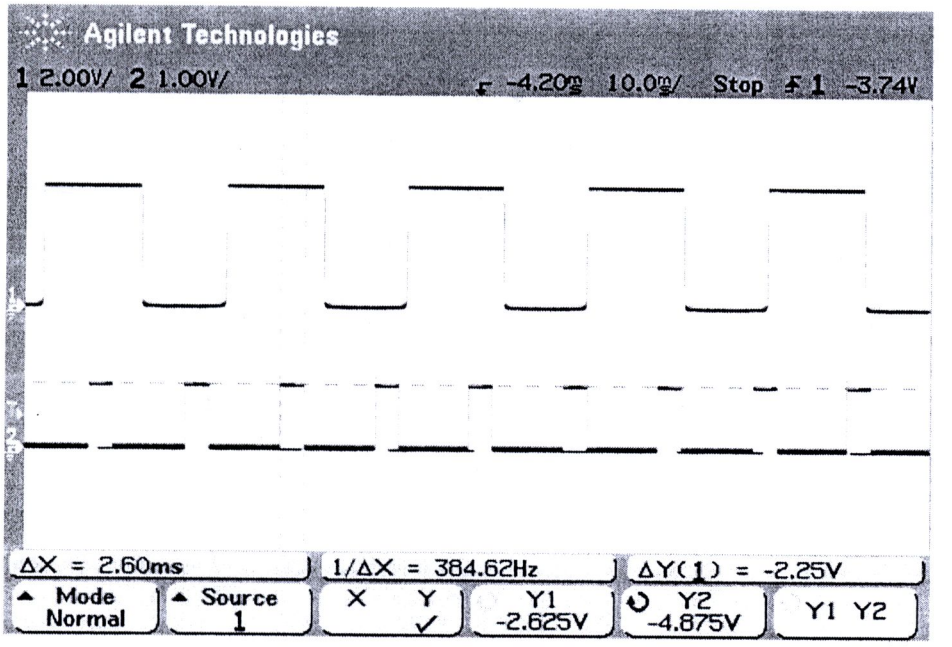
3. จากรูปที่ 3.12 และ 3.13 ใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดสัญญาณที่จุด A เทียบกับจุด B

4. กำหนดกำลังวัตต์ที่ปุ่มควบคุม โดยระบบจะสามารถปรับความละเอียดได้ครั้งละ 50 วัตต์ ปรับได้ตั้งแต่ 50-800 วัตต์

5. ทำการบันทึกรูปคลื่นสัญญาณที่ 50, 100, 200, 400 และ800 วัตต์ โดยปรับขึ้นครั้งละเท่าตัว เพื่อที่จะให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสัญญาณ

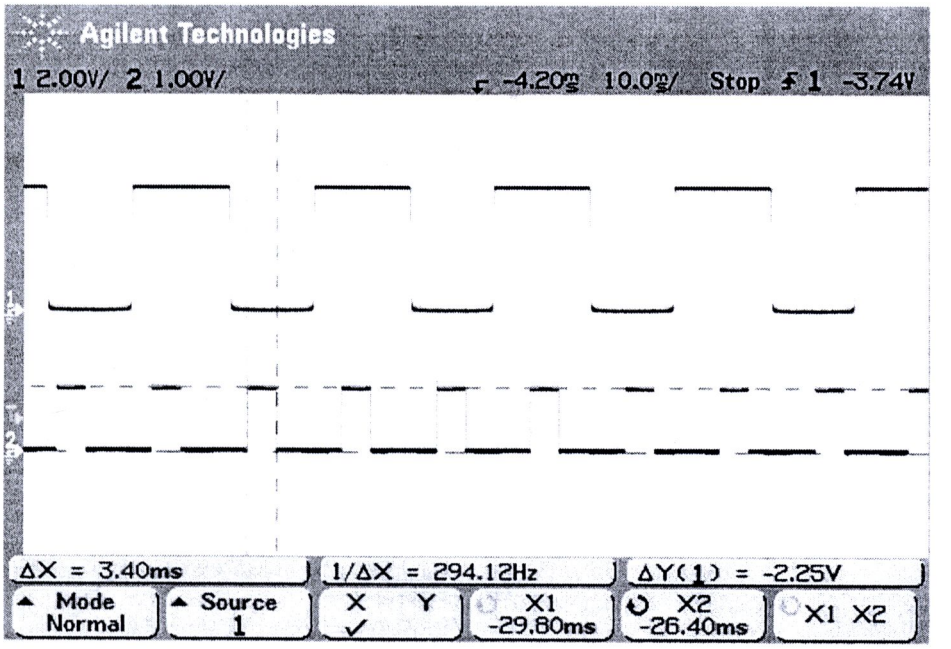
4.2.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อวัดสัญญาณทริกเกตในระดับต่างๆ ว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบและสามารถใช้ควบคุมการทำงานของไตรแอกได้หรือไม่ซึ่งลักษณะของสัญญาณแสดงดังในรูปที่ 4.7-4.11

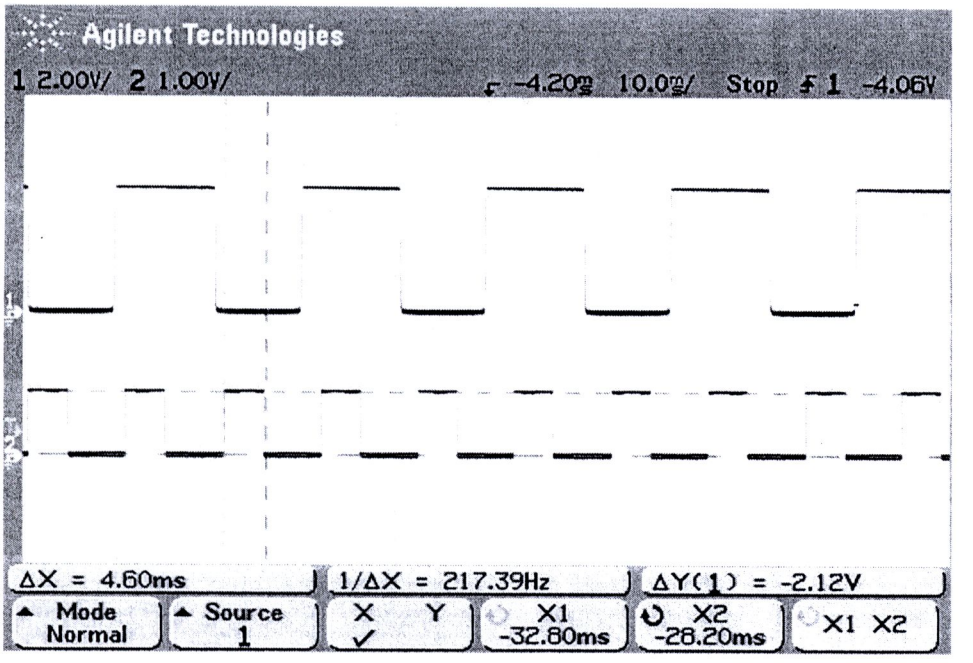


รูปที่ 4.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 50 วัตต์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

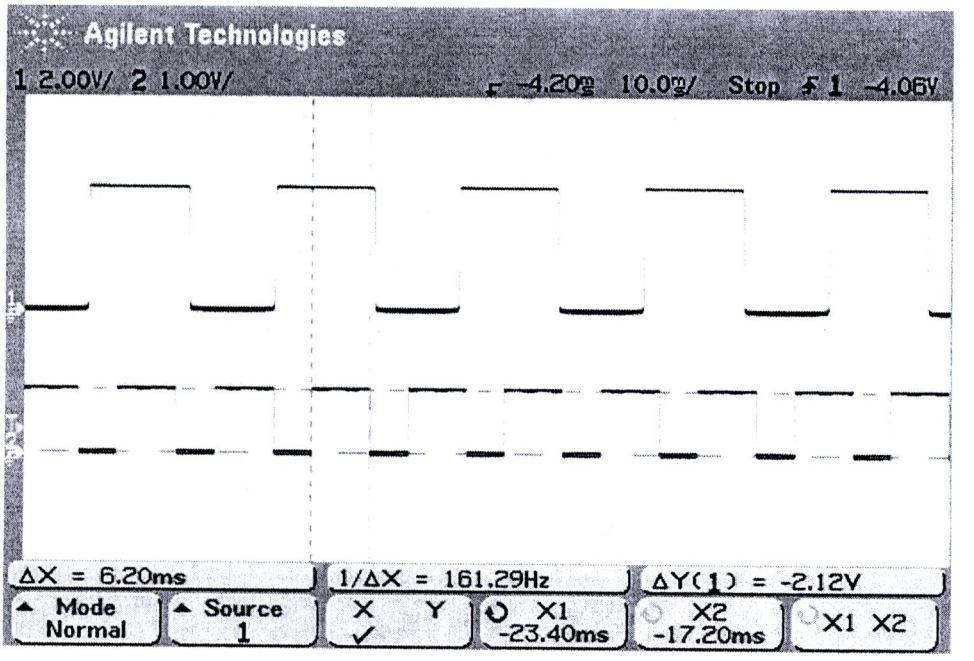


รูปที่ 4.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 100 วัตต์

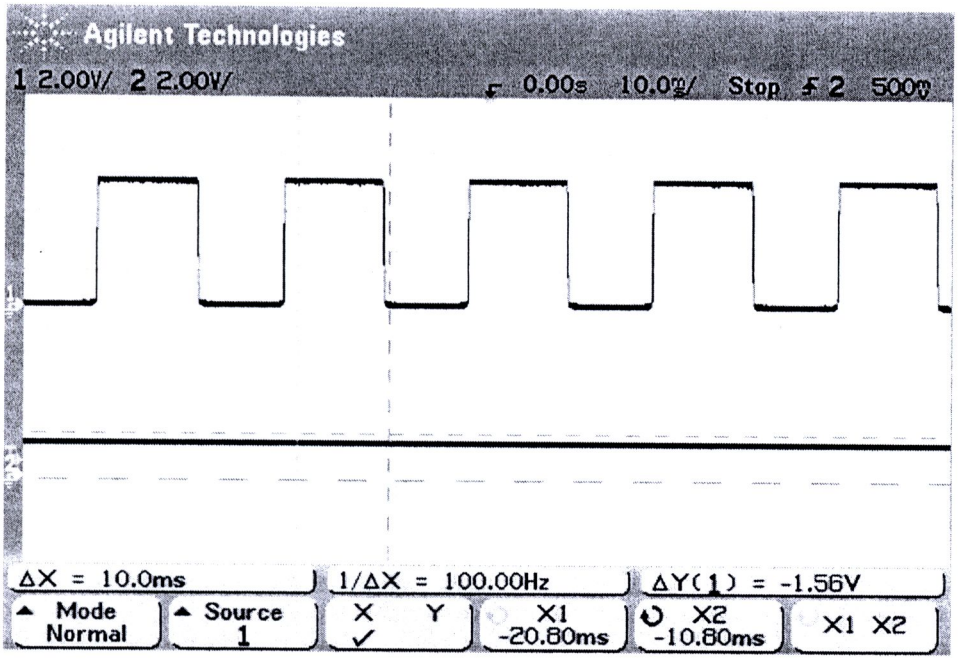


รูปที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 200 วัตต์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 400 วัตต์



รูปที่ 4.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมกำลัง 800 วัตต์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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 จึงต้องเพิ่มกระแสโดยออกแบบทรานซิสเตอร์เป็นสวิตซ์แล้วนำกระแสจากส่วนอื่นมาช่วย จึงจะทำให้ไตรแอกทำงานได้ตามความกว้างของสัญญาณพัลส์บวกดังที่ออกแบบมา

4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตคลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน(Vac) ด้วยวาร์รีแอก

การทดลองในหัวข้อนี้ทำการทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตด้วยการปรับระดับแรงดันทางด้านอินพุตด้วยวาร์รีแอกเพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของกำลังวัตต์และแรงดันขีดเริ่มของหลอดแมกนีตรอน

4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

4.3.2 วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำใส่ในบิ๊กเกอร์ที่ปริมาตร 250 cc.
2. วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนนำเข้าไปอบในไมโครเวฟด้วยปรอทวัดอุณหภูมิแล้วเก็บผล
3. นำน้ำที่เตรียมเรียบร้อยแล้วมาใส่ที่ช่องบริเวณด้านบนของ เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการทดลอง เมื่อใส่เสร็จแล้วทำการปิดฝาเครื่องให้สนิท
4. ทำการตั้งระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยรับครั้งละ 5V จะเริ่มต้นทำงานที่ 155-220V

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยมัลติมิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ก็จ่ายแรงดันให้กับหม้อแปลง

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

7. นำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหากำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟจากสมการที่ 2.2

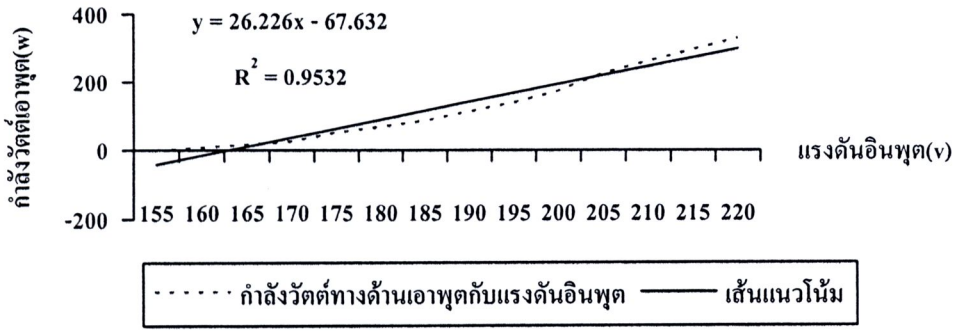
4.3.3 ผลการทดลอง

การทดลองนี้เพื่อที่จะเก็บข้อมูลการเปลี่ยนกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต โดยการปรับแรงดันทางด้านอินพุตตั้งแต่ 155-220V เมื่อทำการวัดอุณหภูมิก่อนอบและหลังอบแล้วคำนวณหาค่ากำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 วัดกำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน(Vac) ด้วยวาร์รีแอกที่เวลา 1 นาที

แรงดัน AC(v)	อุณหภูมิของน้ำก่อนอบ	อุณหภูมิของน้ำหลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต
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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



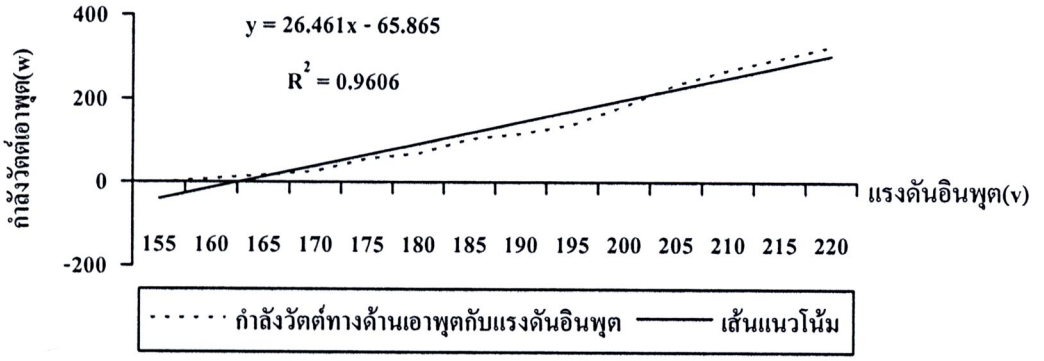
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ที่ทางด้านเอาต์พุต

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

ตารางที่ 4.7 วัดกำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟด้วยการปรับแรงดัน(Vac) ด้วยวาร์รีแอกที่เวลา 2 นาที

แรงดัน AC(v)	อุณหภูมิของน้ำก่อนอบ	อุณหภูมิของน้ำหลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต
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



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ที่ทางด้านเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านอินพุตกับกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต (ที่โหลดได้รับ) ซึ่งจะได้ดังสมการ y = 26.461-65.865 และมีค่า R^2 = 0.9606 ผลจากการทดลองพบว่าที่แรงดันอินพุตต่ำๆ (สูงกว่าระดับแรงดันขีดเริ่ม) หลอดแมกนีตรอนทำงานแล้ว จะมีกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตออกน้อย และเมื่อแรงดันเพิ่มสูงขึ้นกำลังวัตต์ที่ออกทางด้านเอาต์พุตก็จะสูงขึ้น เมื่อเทียบกับที่เวลา 1 นาที

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตด้วยการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่แรงดันต่ำๆ (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 ซึ่งผลจากการทดลองนี้ทำให้ได้รู้ว่าระบบที่ออกแบบนี้มีประสิทธิภาพตามที่คิดออกแบบหรือไม่

4.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- ปรอทวัดอุณหภูมิ 1 อัน
- เครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ 1 เครื่อง

4.4.2 วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำใส่ในบิ๊กเกอร์ที่ปริมาตร 250 cc.
2. วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนนำเข้าไปอบในตู้ด้วยปรอทวัดอุณหภูมิแล้วเก็บผล
3. นำน้ำที่เตรียมเรียบร้อยแล้วมาใส่ลงในช่องบริเวณด้านบนของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการทดลอง เมื่อใส่เสร็จแล้วทำการปิดฝาเครื่องให้สนิท
4. ทำการตั้งเวลาตั้งแต่ของเครื่อง 1 นาที
5. ปรับระดับกำลังวัตต์ตั้งแต่ 50-800 วัตต์
6. นำน้ำออกจากตู้อบแล้วทำการวัดอุณหภูมิด้วยปรอทวัดอุณหภูมิ เพื่อหาอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง นำมาคำนวณหา กำลังวัตต์ดังสมการที่ 2.2 แล้วบันทึกค่าลงใน ตารางที่ 4.8

4.4.3 ผลการทดลอง

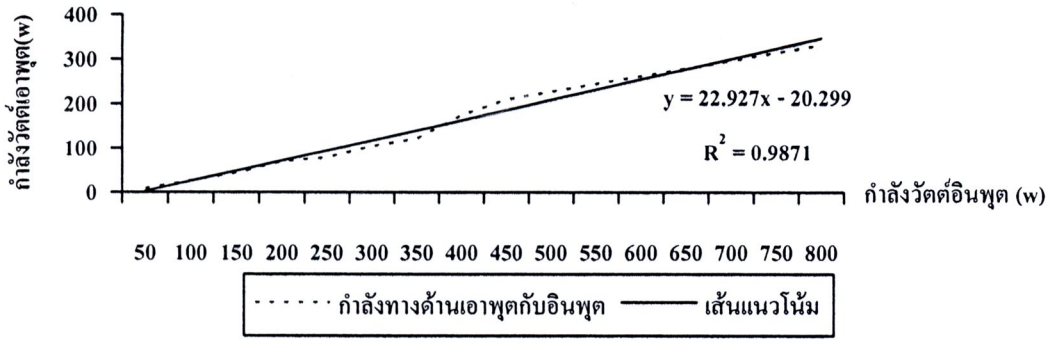
การทดลองนี้เป็นการบันทึกผลข้อมูลกำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตของไมโครเวฟที่ออกแบบมา โดยปรับระดับกำลังวัตต์ทางด้านอินพุตตั้งแต่ 50-800 วัตต์แล้วนำไปคำนวณค่ากำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตที่โหลด

ตารางที่ 4.8 ผล การวัดกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟ จากโปรแกรมและวงจรควบคุมที่ได้ออกแบบ

กำลังวัตต์ทางด้านอินพุต	อุณหภูมิของน้ำก่อนอบ	อุณหภูมิของน้ำหลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต
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

กำลังวัตต์ทางด้านอินพุต	อุณหภูมิของน้ำก่อนอบ	อุณหภูมิของน้ำหลังอบ	อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง	กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต
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 $R^2 = 0.9871$ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าที่กำลังวัตต์อินพุตน้อยๆ นั้นส่งผลให้กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตก็จะน้อยด้วย แต่กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุตจะน้อยกว่าทางด้านอินพุตประมาณ 2 เท่า และที่กำลังวัตต์มากก็เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดกำลังวัตต์คลื่นไมโครเวฟ ด้วยโปรแกรมและวงจรควบคุมที่ออกแบบมานั้น โดยจะทำงานได้ดีเหมือนกับการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่แรงดันสูงสุด 220โวลท์จะได้กำลังวัตต์ทางด้านเอาต์พุต 331.7 วัตต์ เท่ากับกำลังวัตต์ที่ได้จากการเขียนโปรแกรม และออกแบบวงจรควบคุม

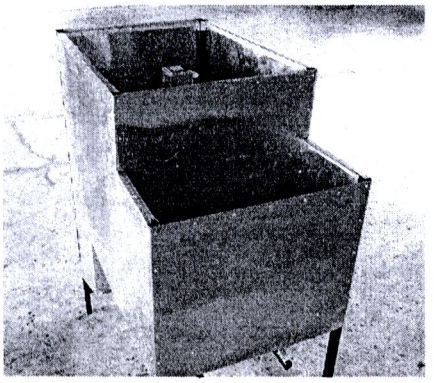
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นในข้าวเปลือก

ในการทดลองโดยการใช้เครื่องที่ออกแบบมาทำการควบคุมระดับกำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟด้วยระบบคอนโทรลที่ออกแบบมาในระดับต่างๆ ซึ่งการทดลองนี้จะทำให้ได้รู้ว่าเครื่องที่ออกแบบมานั้นสามารถที่จะลดความชื้นในข้าวเปลือกได้มากน้อยแค่ไหนและได้คุณภาพหลังการอบเป็นอย่างไร

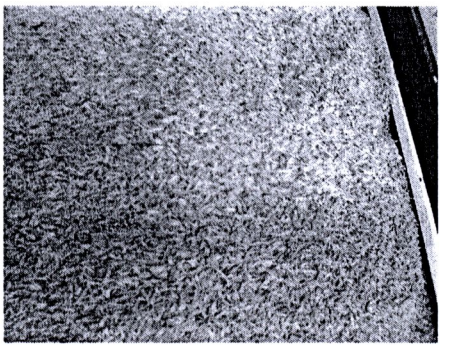
4.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียงที่ได้ออกแบบไว้ 1 เครื่องดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสายพานลำเลียง

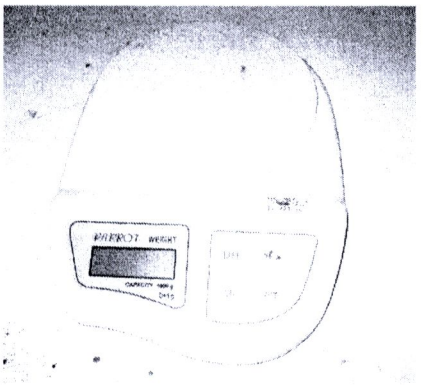
2. ตัวอย่างการทดลองข้าวเปลือกพันธุ์เครียส (พันธุ์ข้าวพื้นเมือง อ.ปะทิว) 10 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ข้าวเปลือกพันธุ์เครียส

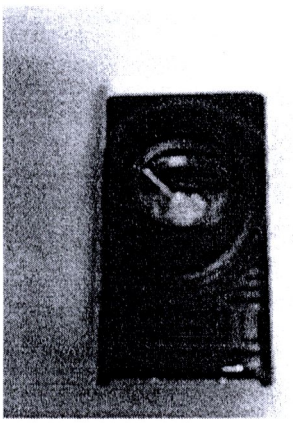
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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. ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์เครียส นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง(เนื่องจากข้าวที่ได้มาแห้งเกินไป) หลังจากนั้นนำไปผึ่งลมประมาณ 30 นาที

2. นำตัวอย่างข้าวเปลือกมาทำการทดลองครั้งละ 400 กรัม จำนวน 25 ตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างข้าวเปลือกเข้าตู้อบด้วยสายพานลำเลียง แล้วทำการอบโดยตั้งระดับกำลังวัตต์ที่ระดับต่างและที่เวลาต่างๆ

4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างจากสมการที่ 2.1

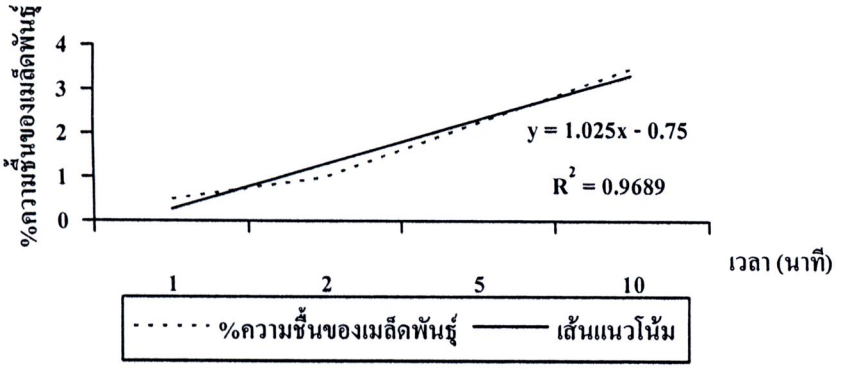
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.5.3 ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการทดลองลดความชื้นในข้าวเปลือกโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ด้วยระบบที่ได้ออกแบบมา ซึ่งได้ปรับระดับกำลังวัตต์ที่แตกต่างกันไป เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความชื้นในข้าวเปลือก ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.13

ตารางที่ 4.9 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์

ตัวอย่างที่ที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลง
1	1	400	398	0.5
2	2	400	396	1
3	5	400	391	2.25
4	10	400	386	3.5



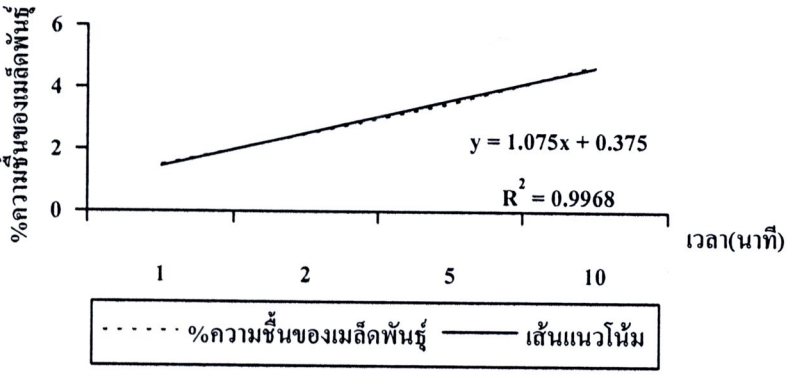
รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่กำลังวัตต์ 50 วัตต์

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

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 4.10 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 100 วัตต์

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



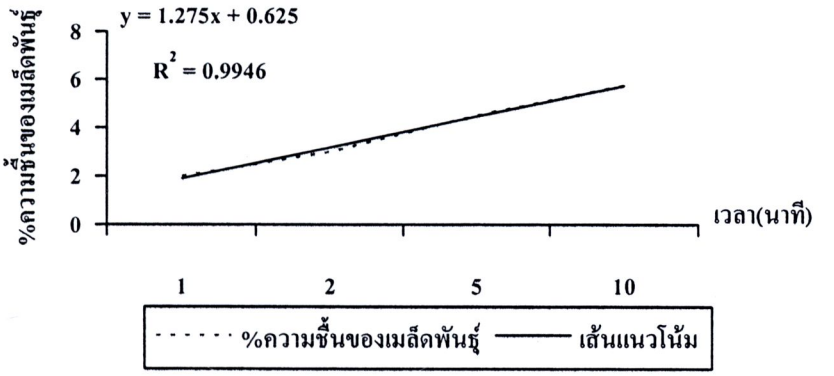
รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่กำลังวัตต์ 100 วัตต์

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

ตารางที่ 4.11 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 200 วัตต์

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



รูปที่ 4.21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 200 วัตต์

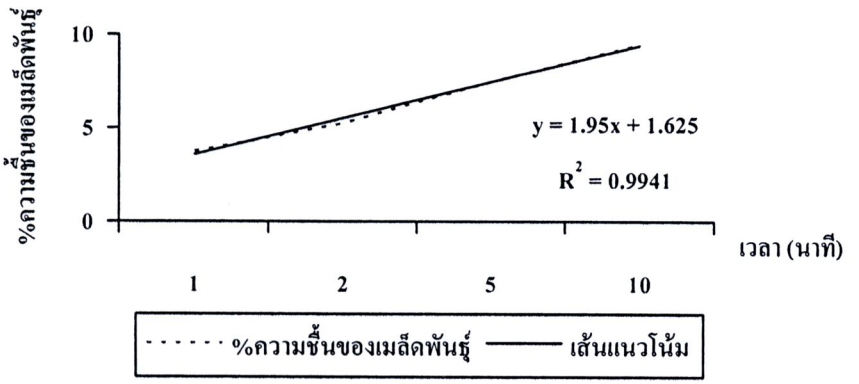
จากรูปที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์ 200วัตต์ จะได้ดังสมการ $y = 1.275x+0.625$ และมีค่า $R^2= 0.9946$ จากผลการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น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

ตารางที่ 4.12 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	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 400วัตต์ ซึ่งจะได้ดังสมการ $y = 1.95x+1.625$ และมีค่า $R^2= 0.9941$ จากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง)

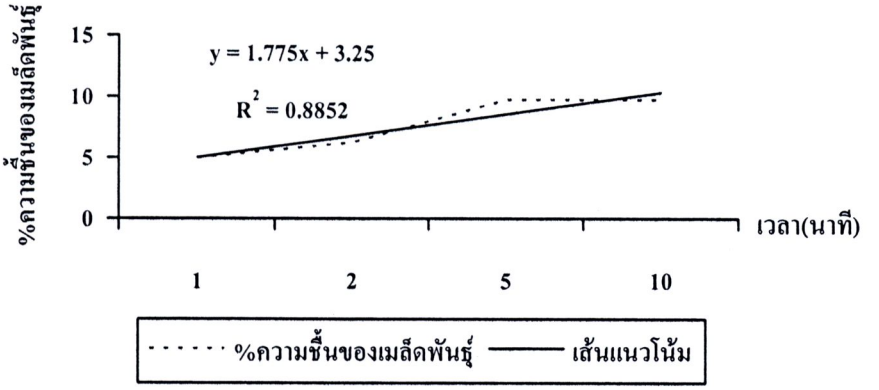
©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 400 วัตต์

ตารางที่ 4.13 การใช้คลื่นไมโครเวฟลดความชื้นข้าวเปลือกที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์

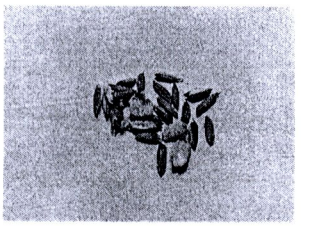
ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลง
1	1	400	380	5
2	2	400	375	6.25
3	5	400	361	9.75
4	10	400	361	9.75



รูปที่ 4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับเวลา ที่กำลังวัตต์ 800 วัตต์

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อทดลองอบข้าวตัวอย่างที่กำลังวัตต์ 800วัตต์ ซึ่งจะได้ดังสมการ y = 1.025x-0.75 และมีค่า R^2= 0.9689 จากการทดลองพบว่าที่เวลาน้อย เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และที่เวลามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ลดลง) จนกระทั่งมาถึงที่เวลาหนึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้น 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 วางบนฝา จานแบนๆหรือวัสดุอื่นๆ แล้วรดน้ำให้ชุ่ม ในการวิจัยทดลองนี้เลือกใช้ถาดใส่ไข่เพื่อให้สามารถใส่กระดาษทิชชูลงในหลุมใส่ไข่ทำให้สามารถเก็บความชื้นและความชุ่มของน้ำไว้ได้นานโดยแบ่งเพาะเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่แต่ละระดับกำลังวัตต์ละ 8 หลุม

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

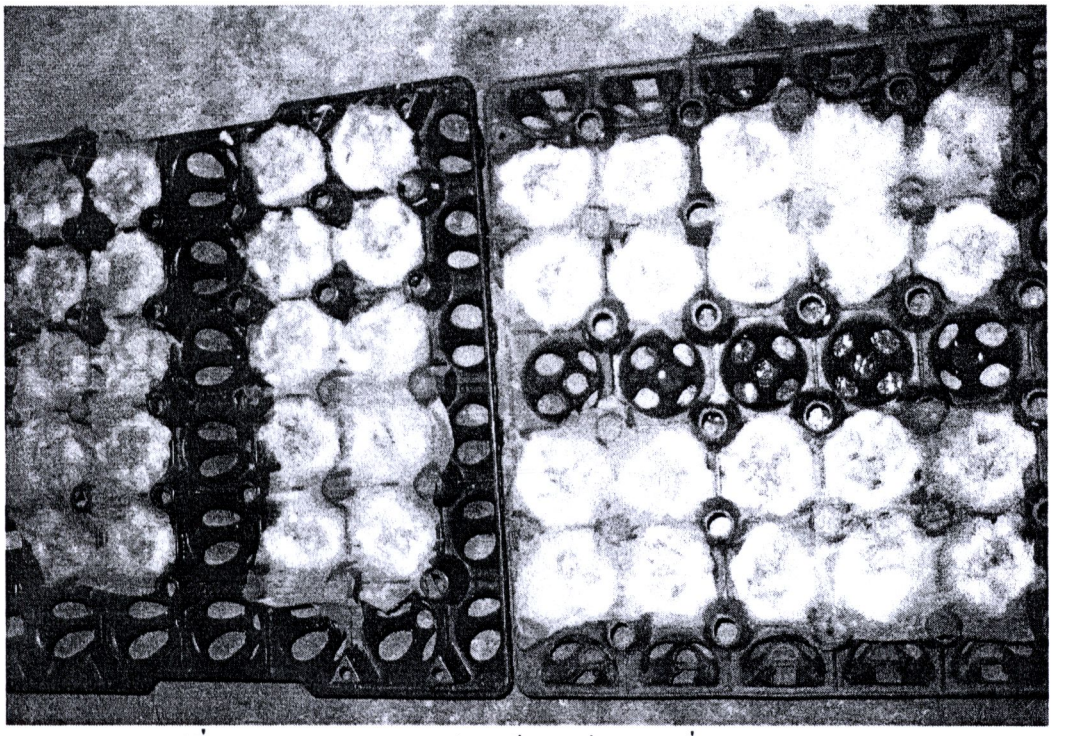
2. เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ผ่านกระบวนการอบลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 50W, 100W, 200W, 400W และ800W

3. นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ในแต่ละระดับกำลังวัตต์จำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ โดยในแต่ละระดับกำลังวัตต์จะทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ

4. โรยเมล็ดพันธุ์ข้าวลงบนกระดาษทิชชู (วัสดุเพาะ) แล้วรดน้ำให้ชุ่ม

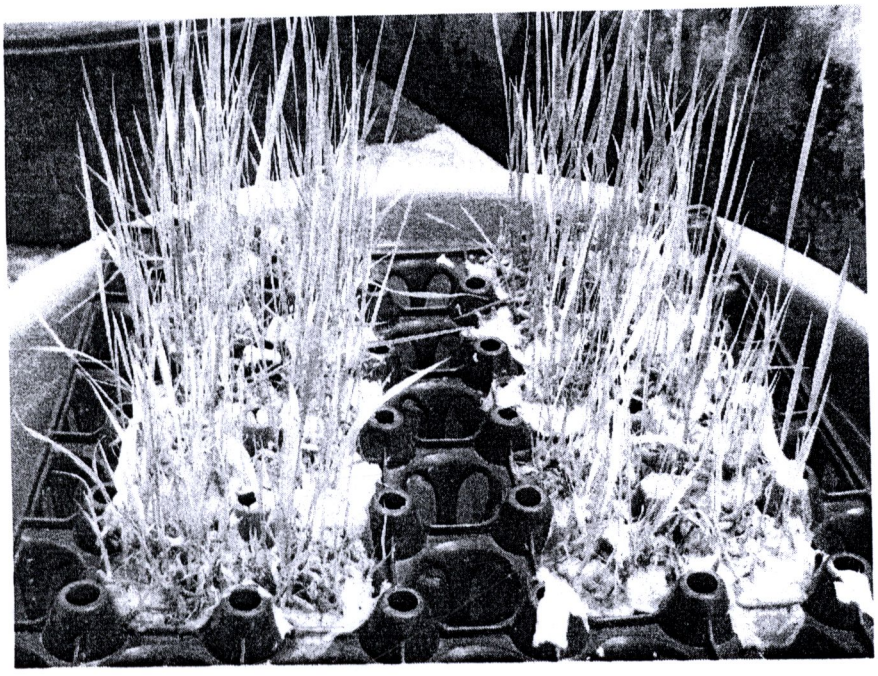
5. เมื่อครบเวลา 4-5 วัน ตรวจดูต้นกล้าปกติ (ต้นอ่อนที่มียอด รากสมบูรณ์) ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นที่ไม่สามารถเจริญเป็นต้นปกติได้ เช่น ไม่มียอด รากสั้น เป็นต้น) และเมล็ดไม่งอก

4.6.3 ผลการทดลอง ถ่ายภาพเพื่อแสดงถึงการเพาะ และการงอกของเมล็ดพันธ์ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.25-4.27 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างจากจำนวนต้นกล้าปกติ โดยนับ และบันทึกค่าผลเฉลี่ยต้นกล้าที่งอกลงในตารางที่ 4.14

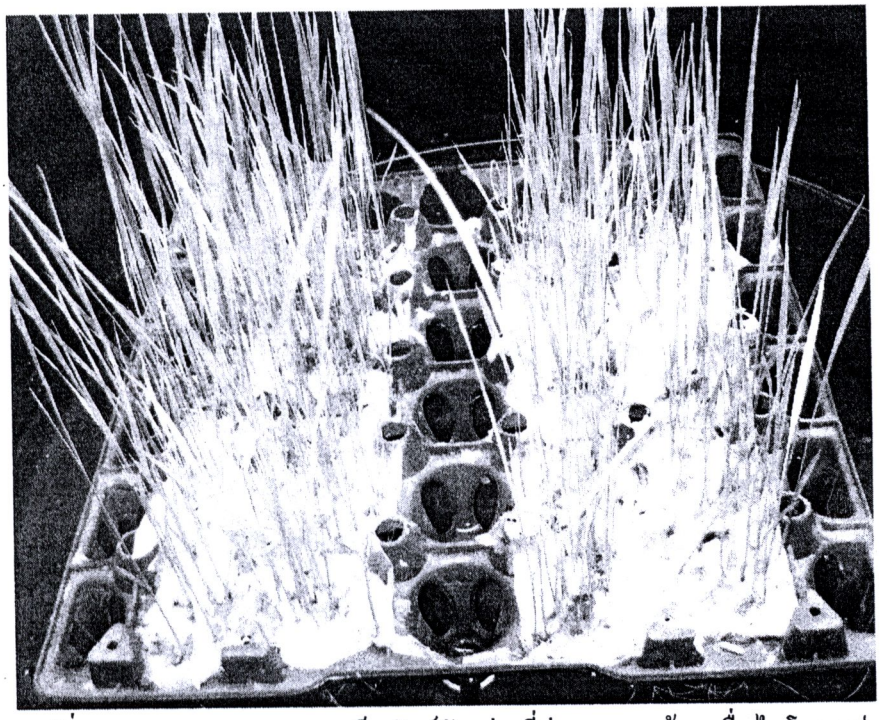


รูปที่ 4.25 แสดงการนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาเพาะเพื่อทดสอบความงอก

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.26 แสดงการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ



รูปที่ 4.27 แสดงการงอกของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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 และ800 เมล็ดพันธุ์ยังคงมีระดับความงอกเกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ นั่นแสดงให้เห็นว่าคลื่นไมโครเวฟไม่ได้ส่งผลกระทบต่อมาตรฐานความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างเลย

©ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง