บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการดำเนินการวิจัยที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 มีผลที่ได้จากการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การรับซื้อข้าวเปลือกจะใช้ความชื้นเป็นเกณฑ์ในการรับซื้อ ความชื้นเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของข้าวเปลือก โดยคุณภาพของข้าวเปลือกที่ดีต้องมีความชื้นไม่เกิน 15% กรณีข้าวเปลือกที่ต้องนำไปเก็บรักษามีความชื้นไม่เกิน 14% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2555) การรับซื้อข้าวเปลือกจะมีการประเมินความชื้นก่อน ข้าวเปลือกที่มีราคาสูงจะขายได้ราคาต่ำ ตัวอย่างราคาข้าวเปลือกหอมมะลิในปี 2556/57 (ฝ่ายเลขานุการ กขช., 2556) ที่รัฐบาลรับจำนำ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นน้อยกว่า 15.5% จะไม่ถูกหักลดน้ำหนัก และยังได้ราคาสูงที่สุด คือ 15,000 บาทต่อตัน เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 20% จะถูกหักน้ำหนักอยู่ที่ 7.5 กิโลกรัม และราคาลดลงมาเป็น 13,875 บาทต่อตันเท่านั้น และข้าวเปลือกที่ความชื้น 30% จะถูกหักน้ำหนักถึง 225 กิโลกรัม และราคาต่อตันเพียง 11,625 บาท เท่านั้น ทั้งนี้กรมการค้าภายในได้กำหนดมาตรฐานการหักลดน้ำหนักข้าวเปลือกที่มีความชื้น ปรับปรุงข้อมูลเมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2559 กำหนดไว้ว่าการซื้อขายข้าวเปลือกที่มีความชื้น และเป็นข้าวเปลือกที่มีสิ่งเจือปนไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนักให้หักลดน้ำหนักข้าวเปลือกที่ซื้อขายกันในอัตราส่วนต่อ 1,000 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนหักลดน้ำหนักข้าวเปลือก

ความชื้น (ร้อยละ)	หักลดน้ำหนักได้ไม่เกิน (กิโลกรัม)
ความชื้น < 15	ไม่หักลดน้ำหนัก
15 < ความชื้น ≤ 16	15
16 < ความชื้น ≤ 17	30
17 < ความชื้น ≤ 18	45
18 < ความชื้น ≤ 19	60
19 < ความชื้น ≤ 20	75
20 < ความชื้น ≤ 21	90
21 < ความชื้น ≤ 22	105
22 < ความชื้น ≤ 23	120

ที่มา: กรมการค้าภายใน, 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ในอากาศโดยรอบเมล็ดข้าวเปลือกมีผลต่อความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก โดยความชื้นของเมล็ดพืชที่สมดุลกับสภาพอากาศที่เก็บเรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture) (วิบูลย์ เทเพนทร์, ม.ป.ป.ข.) ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อการศึกษากระบวนการอบแห้ง เพราะเมื่อทำการอบแห้งโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ความชื้นของวัสดุจะลดต่ำลงจนถึงจุด ๆ หนึ่งซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีความดันไอเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่รอบ ๆ และอุณหภูมิของวัสดุก็เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆ ด้วย (มารีนา มะหนิ อรรวี เกียรติไพศาลโสภณ และอุษาวดี ตันติวรานุรักษ์, 2558) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาความชื้นของข้าวเปลือกที่นำมาทดสอบจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยรอบเมล็ดข้าวเปลือกแทนการวัดความชื้นจากเมล็ดข้าวเปลือกโดยตรง

ผลการออกแบบและพัฒนาสายอากาศ

สายอากาศที่ใช้ในระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนคือสายอากาศไมโครสตริปแพทช์และการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคือสายอากาศโมโนโพล ซึ่งผลจากการออกแบบและสร้างสายอากาศต้นแบบได้ดังนี้

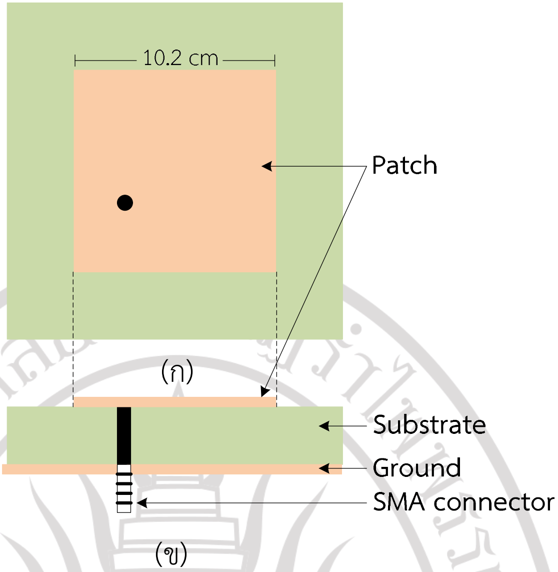
1. สายอากาศไมโครสตริปแพทช์

สายอากาศไมโครสตริปแพทช์ที่พัฒนาเป็นชนิดที่มีส่วนแพร่กระจายคลื่นรูปสี่เหลี่ยมทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ ออกแบบให้สร้างขึ้นด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก 4.1 มีความหนาของวัสดุฐานรอง 1.414 มิลลิเมตร ขั้นตอนการออกแบบเริ่มด้วยการคำนวณขนาดของสายอากาศทางทฤษฎีเพื่อหาขนาดของของสายอากาศที่เบื้องต้น ซึ่งสายอากาศจะมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในวัสดุฐานรองผลจากการคำนวณเป็นดังสมการที่ (4.1)

$$W = \frac{c}{2f_r}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} = 10.27 \text{ cm} \qquad (4.1)$$

ขนาดของส่วนแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าเป็น 10.27 เซนติเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้ไปสร้างเป็นสายอากาศจำลองในโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อจำลองการทำงานของสายอากาศและปรับแต่งขนาดของสายอากาศจนการทำงานของสายอากาศให้ค่า $|S_{11}|$ มีค่าต่ำสุดที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ โครงสร้างของสายอากาศแสดงได้ดังภาพที่ 4.1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

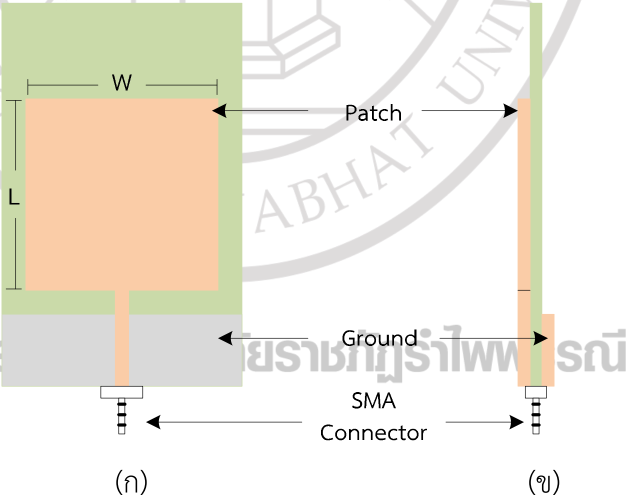


ภาพที่ 4.1 โครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปซ์แพทซ์ (ก) มุมมองด้านบน (ข) มุมมองด้านข้าง

จากนั้นจึงสร้างสายอากาศต้นแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR4 จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้เป็นสายอากาศส่งและสายอากาศรับในระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของข้าวเปลือก

2. สายอากาศโมโนโพล

สายอากาศโมโนโพลที่ใช้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Ray & Ranga, 2006) โครงสร้างของสายอากาศโมโนโพลที่ออกแบบแสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 โครงสร้างสายอากาศโมโนโพล (ก) มุมมองด้านหน้า (ข) มุมมองด้านข้าง

คำนวณขนาดของส่วนแพร่กระจายคลื่นตามทฤษฎี โดยสายอากาศสร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 และทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ เช่นเดียวกับสายอากาศไมโครสตริปแพทซ์ได้ดังสมการที่ (4.2)

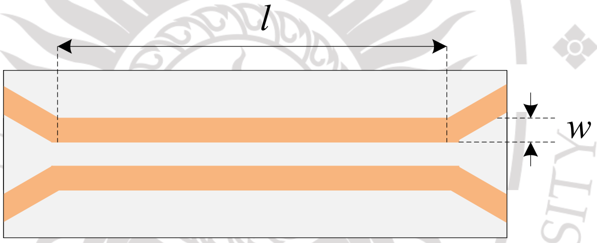
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$W = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{c}{4f_r}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} = 5.14\times10^{-2} \qquad (4.2)$$

จากการคำนวณพบว่าขนาดของสายอากาศคือ 5.14 เซนติเมตร นำไปสร้างเป็นสายอากาศจำลองในโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทดสอบสมรรถนะของสายอากาศ ปรับขนาดของสายอากาศจนสายอากาศมีค่า $|S_{11}|$ ต่ำสุดที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ จึงนำขนาดที่ได้ไปสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบจำนวน 2 ตัว สำหรับใช้ในการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

ผลการออกแบบและพัฒนาคัปเปลอร์แบบมีทิศทาง

คัปเปลอร์แบบมีทิศทางถูกออกแบบให้สร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้าชนิด FR4 ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก 4.1 มีความหนาของวัสดุฐานรอง 1.414 มิลลิเมตร ออกแบบให้ทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ และมีอิมพีแดนซ์ที่ 50 โอห์ม โครงสร้างของคัปเปลอร์แบบมีทิศทางแสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 โครงสร้างของคัปเปลอร์แบบมีทิศทาง

คำนวณความกว้างของส่วนไมโครสตริปไลน์ (w) ได้โดยเริ่มจากการคำนวณหาค่า B ดังสมการที่ (4.3)

$$B = \frac{377\pi}{2Z_o\sqrt{\varepsilon_r}} = 5.85 \qquad (4.3)$$

จากนั้นจึงนำค่า B มาที่ได้มาคำนวณค่าความกว้างของส่วนไมโครสตริปไลน์ ได้ดังสมการที่ (4.4) และ (4.5)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi}\left[B - 1 - \ln(2B - 1 + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r}\left\{\ln(B-1) + 0.39 - \frac{0.61}{\varepsilon_r}\right\}\right] \qquad (4.4)$$

$$w = 2.2 \text{ มิลลิเมตร} \qquad (4.5)$$

ความยาวของส่วนไมโครสตริปไลน์ (l) มีค่าเป็น 1 ใน 4 ของความยาวคลื่นในวัสดุฐานรอง (λ_g) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4.5) – (4.6)

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r}} = 16.2 \text{ เซนติเมตร} \tag{4.5}$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} = 4.05 \text{ เซนติเมตร} \tag{4.6}$$

ดังนั้นคัปเปลอร์แบบมีทิศทางมีขนาดของไมโครสตริปไลน์กว้าง 2.2 มิลลิเมตร และยาว 4.05 เซนติเมตร ขนาดที่ได้จากคำนวณถูกนำมาสร้างเป็นคัปเปลอร์แบบมีทิศทางต้นแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ได้ดังภาพที่ 4.4

(ก) (ข)

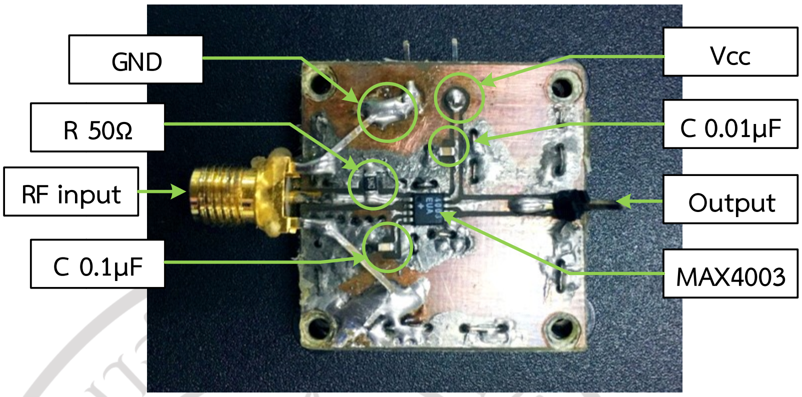
ภาพที่ 4.4 คัปเปลอร์แบบมีทิศทางต้นแบบ (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง

คัปเปลอร์แบบมีทิศทางต้นแบบที่สร้างขึ้นถูกนำไปทดสอบการทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ จากการทดสอบการทำงานคัปเปลอร์แบบมีทิศทางพบว่าสามารถตรวจสอบสัมประสิทธิ์การสะท้อนได้และอยู่ในระดับที่สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการออกแบบและพัฒนาวงจรตรวจจับกำลังงาน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

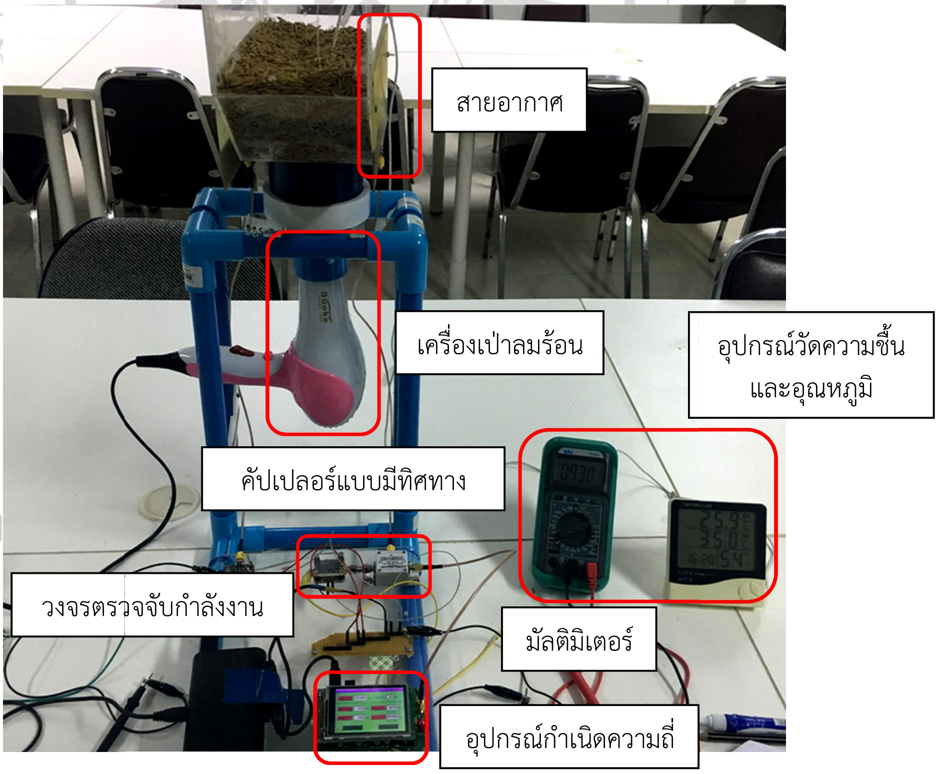
จากวงจรแผนผังของวงจรตรวจจับกำลังงานที่พัฒนาขึ้น ถูกนำมาสร้างจริงบนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 โดยขนาดเส้นของลายวงจรความถี่สูงถูกออกให้สามารถทำงานได้ดีที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ ข้อมูลขาเข้า (Input) ของวงจรตรวจจับกำลังอยู่ทางด้านหัวเชื่อมต่อแบบ SMA ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุเข้ามา และจากนั้นข้อมูลถูกส่งเข้าไปที่ขา 8 ของไอซี MAX4003 ซึ่งทำหน้าที่แปลงกำลังงานความถี่ที่รับได้รับมาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและส่งไปยังขา 2 ของไอซี เพื่อเป็นข้อมูลขาออก (Output) ลักษณะของวงจรตรวจจับกำลังงานต้นแบบที่สร้างขึ้นแสดงดังในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 วงจรตรวจจับกำลังงาน

การเตรียมระบบสำหรับทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและส่งผ่านข้าวเปลือก ประกอบด้วย อุปกรณ์กำเนิดคลื่นความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ คัปเปลอร์แบบมีทิศทาง วงจรตรวจจับกำลังงาน สายอากาศที่ติดตั้งอยู่กับภาชนะบรรจุตัวอย่างข้าวเปลือก เครื่องเป่าลมร้อน มัลติมิเตอร์ และเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ ทั้งหมดถูกประกอบเข้าด้วยกันเป็นระบบต้นแบบดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและสัมประสิทธิ์การส่งผ่านต้นแบบ

เครื่องเปล่าลมร้อนติดตั้งอยู่ด้านล่างของภาชนะบรรจุข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้น และมัลติมิเตอร์สำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์ โดยระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและสัมประสิทธิ์ส่งผ่านถูกสร้างขึ้นบนโครงสร้างเดียวกัน แต่ในการค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจะใช้สายอากาศไมโครสตริปแพทช์ติดตั้งที่ภาชนะบรรจุตัวอย่างและใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่คัปเปลอร์แบบมีทิศทาง ส่วนการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านใช้การเปลี่ยนสายอากาศที่ติดตั้งอยู่กับภาชนะบรรจุตัวอย่างเป็นสายอากาศโมโนโพลและใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่วงจรตรวจจับกำลังงาน

ผลวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

การทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนวัดที่ความชื้น 8 ระดับ วัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนก่อนแล้วจึงปรับลดความชื้นข้าวเปลือกไปในทุกระดับความชื้น การวัดความชื้นข้าวเปลือกเริ่มต้นครั้งแรกวัดโดยยังไม่ปรับความชื้นข้าวเปลือก ความชื้นถูกวัดในลักษณะที่วัดความชื้นของอากาศที่อยู่โดยรอบข้าวเปลือกภายในภาชนะบรรจุข้าวเปลือก ในการทดสอบค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 63% สำหรับการวัดครั้งแรก การวัดในครั้งที่ 2 โดยไม่ปรับความชื้นเช่นกันอยู่ที่ 64% ครั้งที่ 3 วัดได้ 64% ทำในลักษณะเดียวกันให้ครบทั้ง 10 ครั้ง ครั้งที่ 10 วัดได้ 64% นำค่าที่ได้จากการวัดความชื้นทั้งหมดมาเฉลี่ยจะได้ค่าความชื้นเริ่มต้นคือ 64.1% จากนั้นจะใช้ระบบให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ความชื้นโดยรวมของข้าวเปลือกลดลงเป็นการปรับความชื้นครั้งที่ 1 รวมถึงรอให้อุณหภูมิโดยรวมของข้าวเปลือกลดลงอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส จึงวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังการปรับความชื้นในครั้งที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยรวมในภาชนะบรรจุข้าวเปลือกลดลงอยู่ที่ 62% และวัดในครั้งที่ 2 วัดได้ 63% ครั้งที่ 3 ได้ 62% และครั้งที่ 10 ครั้งสุดท้ายได้ 62% ความชื้นเฉลี่ยของการปรับความชื้นครั้งที่ 2 อยู่ที่ 62.4% การปรับลดความชื้นทำทั้งหมด 7 ครั้ง ซึ่งเห็นได้ว่าความชื้นจะลดลงอย่างเป็นเชิงเส้นในช่วงการปรับ 1 ถึง 5 แต่ในการปรับความชื้นในครั้งที่ 6 และ 7 ความชื้นจะลดลงน้อยกว่าในครั้งเริ่มต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นที่ได้จากการปรับลดความชื้นแต่ละครั้ง

การปรับลดความชื้น	**ความชื้นแต่ละครั้ง (%)**										**เฉลี่ย**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
เริ่มต้น	63	64	64	64	64	65	65	64	64	64	64.1
ครั้งที่ 1	62	63	62	63	63	62	63	63	61	62	62.4
ครั้งที่ 2	61	60	59	60	61	61	60	59	60	59	60
ครั้งที่ 3	59	59	58	58	57	59	58	58	57	57	58
ครั้งที่ 4	58	58	57	56	56	57	56	56	58	57	56.9
ครั้งที่ 5	58	57	55	56	57	57	57	57	56	55	56.5
ครั้งที่ 6	57	56	57	56	55	56	57	57	56	56	56.3
ครั้งที่ 7	57	56	56	56	56	55	56	56	55	56	55.9

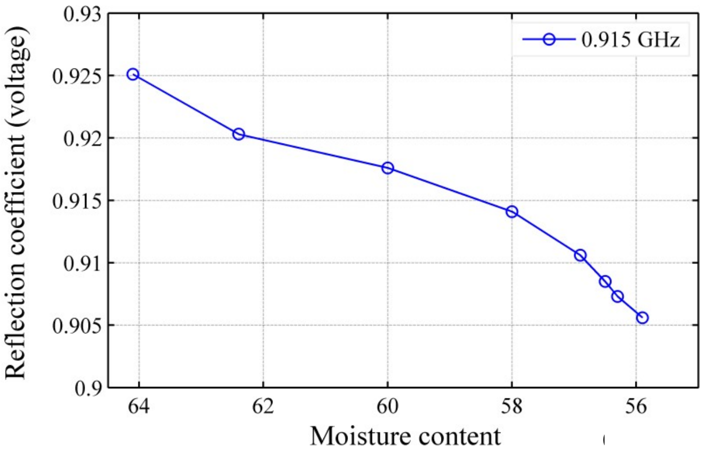
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ได้จากการวัดความชื้นข้าวเปลือก เริ่มวัดครั้งแรกโดยไม่ปรับค่าความชื้นทำการวัดทั้งหมด 10 ครั้ง ค่าที่ได้ครั้งแรกจากการวัดคือ 0.924 โวลต์ ครั้งที่ 2 ค่าที่ได้คือ 0.924 โวลต์ ครั้งที่ 3 ได้ 0.924 โวลต์ ซึ่งวัดทั้งหมด 10 ครั้ง ค่าเฉลี่ยที่ได้จากความชื้นโดยรวมของข้าวเปลือกคือ 0.9251 โวลต์ และเมื่อปรับลดความชื้นครั้งที่ 1 ค่าที่ได้คือ 0.920, 0.921, 0.920, ... และในครั้งสุดท้ายคือ 0.920 ซึ่งวัดทั้งหมด 10 ครั้ง ค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 0.9203 โวลต์ การปรับลดความชื้นปรับทั้งหมด 7 ครั้ง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 สังเกตได้ว่าเมื่อความชื้นลดลงจะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนให้ลดลงอย่างสอดคล้องกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่แต่ละระดับความชื้น

การปรับความชื้น	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแต่ละครั้ง (โวลต์)										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
เริ่มต้น	0.924	0.924	0.924	0.924	0.925	0.926	0.924	0.928	0.927	0.925	0.925
ครั้งที่ 1	0.920	0.921	0.920	0.919	0.920	0.921	0.922	0.921	0.919	0.920	0.920
ครั้งที่ 2	0.917	0.916	0.918	0.917	0.918	0.919	0.916	0.919	0.918	0.918	0.918
ครั้งที่ 3	0.915	0.914	0.913	0.914	0.915	0.914	0.913	0.914	0.915	0.914	0.914
ครั้งที่ 4	0.911	0.909	0.909	0.911	0.911	0.908	0.911	0.912	0.911	0.913	0.911
ครั้งที่ 5	0.906	0.906	0.907	0.908	0.911	0.910	0.911	0.911	0.91	0.905	0.909
ครั้งที่ 6	0.908	0.906	0.906	0.91	0.906	0.909	0.906	0.906	0.909	0.907	0.907
ครั้งที่ 7	0.905	0.907	0.904	0.906	0.905	0.905	0.906	0.907	0.906	0.905	0.906

เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นที่ลดลงจากการใช้ระบบให้ความร้อน กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ได้จากคัปเปลอร์แบบมีทิศทาง แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นคือ เมื่อความชื้นลดลงจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนกับความชื้นของข้าวเปลือก

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวเปลือกกับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน สังเกตได้ว่าเมื่อความชื้นลดลงสัมประสิทธิ์การสะท้อนจะลดลงในลักษณะเดียวกัน เช่น ที่ความชื้น 64.1% สัมประสิทธิ์การสะท้อนที่วัดได้คือ 0.925 โวลต์ และเมื่อความชื้นลดลงที่ 62.4% สัมประสิทธิ์การสะท้อนอยู่ที่ 0.920 โวลต์ เห็นได้ว่าค่าที่ได้จะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเพียงพอต่อการแบ่งระดับความชื้นของข้าวเปลือก

ผลการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

การวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านวัดที่ความชื้น 8 ระดับ โดยวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านก่อนแล้วจึงลดความชื้นข้าวเปลือกไปในทุกระดับความชื้น เช่นเดียวกับการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน การวัดความชื้นข้าวเปลือกครั้งแรกโดยยังไม่ปรับความชื้นข้าวเปลือก การปรับความชื้นข้าวเปลือกลงถูกปรับทั้งหมด 7 ครั้ง ด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ในแต่ละครั้งของการเป่าลมร้อนใช้เวลา 30 นาที ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกที่นำมาทดลองอยู่ที่ 64.5% เมื่อปรับความชื้นโดยการเป่าลมร้อนที่เวลา 30 นาที ความชื้นลดลงมาอยู่ที่ 62.1% จากนั้นให้ความร้อนครั้งที่ 2 ความชื้นอยู่ที่ 60.7% และในครั้งที่ 3 ลดลงมาที่ 58.4% ครั้งที่ 4 อยู่ที่ 57.5% ตามลำดับ ซึ่งปรับความชื้นได้ทำในลักษณะเดียวกันทั้งหมด และในขั้นตอนของการเก็บข้อมูลหรือการวัดความชื้นข้าวเปลือกในแต่ละครั้งถูกวัดทั้งหมด 10 ครั้ง จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้ง 10 ค่า มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้องมากที่สุด และก่อนการวัดความชื้นของข้าวเปลือกทุกครั้งต้องรอให้อุณหภูมิโดยรวมของข้าวเปลือกลดลงอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส จึงจะวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น ซึ่งจากการปรับลดความชื้นทั้งหมด 7 ครั้ง การปรับความชื้นในครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 4 ผลที่ได้พบว่าความชื้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับการปรับความชื้นในครั้งที่ 5 ถึงครั้งที่ 7 ความชื้นลดลงไม่ชัดเจนอย่างเป็นลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นที่ได้จากการปรับลดความชื้นแต่ละครั้ง

การปรับลดความชื้น	ความชื้นเฉลี่ย(%)
เริ่มต้น	64.5
ครั้งที่ 1	62.1
ครั้งที่ 2	60.7
ครั้งที่ 3	58.4
ครั้งที่ 4	57.5
ครั้งที่ 5	56.8
ครั้งที่ 6	56.7
ครั้งที่ 7	56.5

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ขั้นตอนต่อมาคือกระบวนการตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของกำลังสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดจากการปรับความชื้นของข้าวเปลือก ข้าวเปลือกถูกแบ่งทั้งหมด 8 ระดับความชื้น ระดับความชื้นแรก

คือข้าวเปลือกที่ไม่มีการปรับความชื้น การปรับระดับความชื้นครั้งที่ 1 คือ ให้ความร้อนข้าวเปลือกเพื่อปรับความชื้นโดยใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป็นเวลา 30 นาที การปรับระดับความชื้นครั้งที่ 2 คือ ให้ความร้อนข้าวเปลือกกลุ่มเดิม เพื่อลดความชื้นให้มากขึ้น เป็นเวลา 30 นาที การปรับระดับความชื้นครั้งที่ 3 เช่นเดียวกับครั้งที่ 2 คือให้ความร้อนกับข้าวกลุ่มเดิมอีก 30 นาที เพื่อลดปริมาณความชื้นให้มากกว่าเดิม ซึ่งการลดความชื้นถูกทำในลักษณะเดียวกัน ให้ครบทั้งหมด 7 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งของการปรับความชื้นและความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก ได้รับการตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านทุกครั้ง โดยเริ่มตรวจวัดที่ระดับความชื้นแรกคือข้าวเปลือกที่ยังไม่มีการปรับความชื้น โดยการวัดสัมประสิทธิ์การส่งผ่านทั้งหมด 10 ครั้ง และนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดทั้งหมดมาเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ การวัดครั้งที่ 2 ถูกวัดเมื่อมีการปรับระดับความชื้นครั้งที่ 1 และรอให้อุณหภูมิของข้าวเปลือกลดลงมาอยู่ 35 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านทั้งหมด 10 ครั้ง เช่นกัน และจากนั้นจึงนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาเฉลี่ย ในการตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของการปรับระดับความชื้นในครั้งที่ 2 ก็ทำในลักษณะเช่นเดียวกันคือวัดที่ขณะอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส วัดทั้งหมด 10 ครั้งและนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาเฉลี่ย การปรับความชื้นและวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านในครั้งที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 ทำในลักษณะเดียวกัน ค่าที่ได้แสดงได้ดังในตารางที่ 4.5

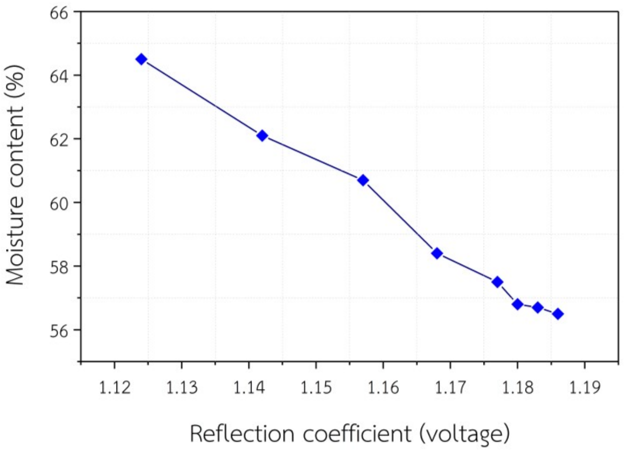
ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านที่แต่ละระดับความชื้น

การปรับ	ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแต่ละครั้ง (โวลต์)									
ความชื้น	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เริ่มต้น	1.126	1.126	1.124	1.125	1.124	1.124	1.123	1.125	1.122	1.123
ครั้งที่ 1	1.145	1.146	1.147	1.145	1.146	1.147	1.147	1.147	1.146	1.146
ครั้งที่ 2	1.157	1.157	1.158	1.158	1.159	1.159	1.159	1.158	1.157	1.157
ครั้งที่ 3	1.172	1.163	1.161	1.162	1.164	1.161	1.16	1.169	1.162	1.163
ครั้งที่ 4	1.178	1.169	1.177	1.177	1.176	1.166	1.177	1.168	1.168	1.169
ครั้งที่ 5	1.182	1.179	1.181	1.181	1.179	1.178	1.181	1.178	1.183	1.179
ครั้งที่ 6	1.18	1.184	1.182	1.183	1.185	1.183	1.182	1.181	1.183	1.186
ครั้งที่ 7	1.183	1.186	1.183	1.185	1.188	1.185	1.187	1.185	1.184	1.186

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดข้าวเปลือกตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ที่ไม่มีการปรับความชื้นคือ 1.124 โวลต์ จากนั้นเริ่มใช้ลมร้อนปรับความชื้นข้าวโดยใช้เวลา 30 นาที และรอให้อุณหภูมิโดยรอบข้าวเปลือกลดลงมาอยู่ในระดับ 35 องศาเซลเซียส จึงถือเป็นการปรับความชื้นครั้งที่ 1 และตรวจวัดข้าวเปลือกในลักษณะเดียวกับการวัดก่อนหน้า ผลที่ได้จากการวัดทั้งหมดถูกนำมาเฉลี่ยและค่าที่ได้คือ 1.142 โวลต์ จากนั้นปรับความชื้นครั้งที่ 2 โดยทำในลักษณะเดียวกับการปรับความชื้นก่อนหน้า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดคือ 1.157 โวลต์ และครั้งที่ 3 ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดคือ 1.168 โวลต์ และค่าการวัดในครั้งที่ 4, 5, 6 และ 7 คือ 1.177, 1.180, 1.183 และ 1.186 โวลต์ ตามลำดับ จากการปรับความชื้นข้าวเปลือกทั้ง 7

ครั้ง จึงพิจารณาได้ว่าเมื่อความชื้นลดลงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเพิ่มขึ้นอย่างมีความสัมพันธ์กันดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การส่งผ่านกับความชื้นของข้าวเปลือก

ซึ่งจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกในแต่ละระดับเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านที่ตรวจสอบได้ แสดงให้เห็นว่าเมื่อความชื้นของข้าวเปลือกลดลงกำลังงานการส่งผ่านของคลื่นความถี่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการแบ่งระดับความชื้นของข้าวเปลือกจากสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

การวิเคราะห์ผล

จากการทดสอบพบว่าทั้งค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนมีค่าลดลงเมื่อความชื้นข้าวเปลือกมีค่าลดลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นข้าวเปลือกมีค่าลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านต่อระดับความชื้นข้าวเปลือกมีความชัดเจน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเพื่อแบ่งระดับความชื้นข้าวเปลือก ซึ่งหากใช้ทั้งค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านต้องการมาใช้ตัดสินใจจะทำให้ผลที่ได้มีความแม่นยำสูงขึ้น แต่หากต้องการลดทรัพยากรที่ใช้ลง และประมวลผลได้เร็วขึ้นอาจเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนหรือค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านอย่างใดอย่างหนึ่งได้

สรุปผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของข้าวเปลือกที่มีความชื้นแตกต่างกันจำนวน 8 ระดับ โดยสร้างสายอากาศไมโครสตริปซ์แพทซ์ และคัปเปลอร์แบบมีทิศทางเพื่อใช้สำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ส่วนการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านใช้สายอากาศโมโนโพลและวงจรตรวจจับกำลังงานที่สร้างขึ้นในการวัด ผลที่ได้พบว่า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนมีค่าลดลงเมื่อความชื้นข้าวเปลือกมีค่าลดลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นข้าวเปลือกมีค่าลดลง และมีความแตกต่างกันของค่าสัมประสิทธิ์ที่แต่ละระดับความชื้นอย่างชัดเจน จึงเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านนี้เพื่อแบ่งระดับความชื้นข้าวเปลือกได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี