บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเรื่อง ระบบตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในสารละลายความหวานด้วยสัมประสิทธิ์การสะท้อนย่านความถี่ไมโครเวฟ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทำวิจัย ได้แก่ หน่วยวัดปริมาณความหวานในงานวิจัยนี้ใช้หน่วย %Brix ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้แสดงความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลายเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก ค่า 1%Brix หมายถึง 1 กรัมในสารละลาย 100 กรัม หน่วยนี้มักใช้กับน้ำเชื่อมน้ำผลไม้น้ำผลไม้เข้มข้น เป็นการวัดของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ได้แก่ น้ำตาลซูโคลสและน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแอมิโนอิสระ วิตามินซี และแร่ธาตุต่างๆ

ตรวจวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของสารละลายความหวาน

ความแตกต่างของคุณ สมบัติไดอิเล็กตริกในวัสดุแต่ละชนิดมีผลต่อกำลังงานการส่งผ่านและกำลังงานการสะท้อน ในกรณีที่คลื่นเดินทางผ่านตัวกลางดังกล่าว ดังนั้นในการตรวจวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของสารละลายความหวานเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในการแยกระดับความหวานจึงเป็นสิ่งสำคัญ ตัวอย่างสารละลายความหวานที่ใช้ในงานวิจัย คือ น้ำเชื่อมตัวอย่างจากตลาดท้องถิ่นที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์แบบถุง ทำจากอ้อยธรรมชาติ 100 เปอร์เซ็นต์ ถูกใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบ ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างน้ำเชื่อมที่ใช้ทดสอบ

น้ำเชื่อมและน้ำสะอาดได้รับการผสมตามอัตราส่วนที่เหมาะสมและได้รับการควบคุมให้มีปริมาตรเท่ากันที่ 500 มิลลิลิตร ระดับความหวานได้รับการปรับทั้งหมด 7 ระดับ ดังตารางที่ 3.1 โดยตรวจวัดด้วยเครื่องวัดระดับความหวาน (Brix Refractometer) รุ่น YO-G339K ความหวานได้รับการปรับให้อยู่ในช่วง 3 8 ถึง 25 %Brix ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสารละลายความหวานสำหรับทดสอบ

ตัวอย่างที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
ระดับความหวาน (%Brix)	3	8	13	16	19	22	25

การวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของสารละลายความหวานที่แต่ละระดับความหวานในช่วงความถี่กว้าง 1.5 ถึง 3 กิกะเฮิรตซ์ ด้วยโพรบโคแอกเชียลสำหรับวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric coaxial probe) รุ่น Keysight N1501A ข้อมูลจากการวัดถูกส่งต่อเพื่อเข้ารับการประมวลผลด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ (Vector network analyzer) รุ่น Fieldfox N9915A ของบริษัท Agilent technology ดังภาพที่ 3.2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ภาพที่ 3.2 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์

การเชื่อมต่อของเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายกับคอมพิวเตอร์ใช้ผ่านสายแลนและควบคุมการสื่อสารข้อมูลด้วยซอฟแวร์ Keysight Connection Export 2020 (KCE) ข้อมูลการวัดได้รับการประมวลผลด้วยซอฟแวร์ Keysight Materials Measurement Suit 2018 (KMMS) กำหนดการเลือกชนิดหัวโพรบไดอิเล็กตริก เลือกช่วงความถี่ใช้งานและกำลังงานส่ง ความละเอียดของจำนวนจุดการวัด และ

จำนวนครั้งการวัดของเครื่องเพื่อเฉลี่ย ก่อนการวัดเครื่องมือได้รับการปรับเทียบ (Calibration) ทั้งหมด 3 ขั้นตอน ตามลำดับ ได้แก่

1) การวัดแบบ open ด้วยอากาศ

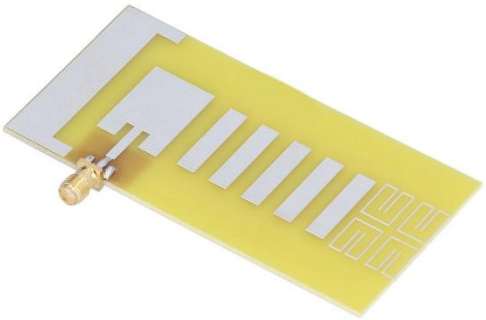
2) การวัดแบบ short circuit ด้วย short block

3) การวัดโหลดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

สภาพแวดล้อมขณะตรวจวัดต้องได้รับการควบคุมให้อยู่ที่อุณหภูมิห้อง 25 $^{\circ}$C โพรบไดอิเล็กตริกถูกติดตั้งลงบนฐานและเชื่อมต่อกับเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายที่ได้รับการควบคุมจากคอมพิวเตอร์

โครงสร้างสายอากาศ

สายอากาศสำหรับใช้ในพัฒนาระบบต้นแบบต้องเป็นสายอากาศที่ทำงานในช่วงความถี่กว้าง ครอบคลุมความถี่ 2.1 -2.7 กิกะเฮิรตซ์ จำนวน 2 ตัว ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สายอากาศยากิชนิดแพทช์ (Yagi patch antenna) ดังภาพที่ 3.3 ซึ่งทำงานได้ในช่วง 2-4 กิกะเฮิรตซ์ มีแบบรูปการณ์แพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว (Omnidirectional) และมีอัตราการขยายสูง

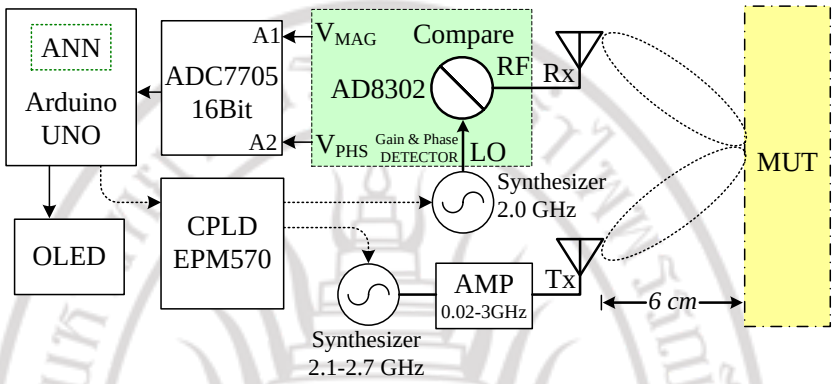


ภาพที่ 3.3 สายอากาศสำหรับพัฒนาระบบ

พัฒนาระบบต้นแบบ

ระบบตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในสารละลายความหวานใช้การเปรียบเทียบค่าอัตรา ส่วนระหว่างกำลังงานของคลื่นที่สะท้อนกลับจากสารละลายที่ต้องการวัดและกำลังงานของคลื่นความถี่ท้องถิ่น (Local oscillator) ภายในระบบ (V_{MAG}) ซึ่งกำลังงานสะท้อนที่ได้จาก สารละลาย ทดสอบประกอบด้วย 4 คลื่นความถี่ ที่นำมา เทียบกับความถี่ท้องถิ่น ที่ความถี่ 2.0 กิกะเฮิรตซ์ ระบบตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในสารละลายความหวาน แบ่งออกเป็นภาคส่งและภาครับ โดยได้รับการควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโท รลเลอร์ (Arduino UNO) อุปกรณ์ในส่วนของภาคส่งประกอบด้วย อุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (Complex programmable logic device: CPLD) แหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (Frequency synthesizer) วงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำ (Low noise amplifier: LNA) และสายอากาศส่ง ชนิดยากิแพทช์ อุปกรณ์ของภาครับแบ่งออกเป็น สายอากาศรับยากิแพทช์ แหล่งกำเนิดสัญญาณท้องถิ่นความถี่สูง อุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ วงจรเปรียบเทียบอัตราขยายและค่าความต่างเฟส (Gain and phase detector) วงจรแปลงอนาล็อกเป็นสัญญาณ

ดิจิทัล 16 บิต บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน้าจอแสดงผล (OLED) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ ให้ควบคุมแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูงให้สร้างกำลังงานความถี่ของภาคส่งและภาครับพร้อมกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบอัตราส่วนได้อย่างแม่นยำ



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างระบบเซนเซอร์ตรวจสอบระดับความหวาน

จากนั้นสร้างระบบต้นแบบ โดยคัดเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาสร้างเป็นระบบต้นแบบ นำสายอากาศต้นแบบ วงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง มาเชื่อมต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้ได้เป็นระบบต้นแบบ ซึ่งยังไม่มีส่วนประมวลผลสำหรับนำไปใช้เก็บค่ากำลังงานคลื่นสะท้อนจากตัวอย่างสารละลายความหวานที่แต่ละระดับความหวาน เพื่อนำข้อมูลไปออกแบบส่วนประมวลผลต่อไป

พัฒนาส่วนประมวลผล

ระบบที่ออกแบบใช้การ ประมวลผลของระบบใช้การตัดสินใจด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยระบบเซนเซอร์ที่ได้รับการพัฒนาถูกนำไปทดสอบในการวัดความหวานของน้ำเชื่อมทั้งหมด 10 ระดับ ตั้งแต่ 3 ถึง 30 %Brix และเปรียบเทียบกับค่า V_{MAG1} V_{MAG2} V_{MAG3} และ V_{MAG4} ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนของแรงดันสะท้อนกลับและแรงดันท้องถิ่น 4 คู่ความถี่ ที่ได้จากการวัดของระบบต้นแบบ ดังตารางที่ 3.2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์อัตราส่วนระหว่างกำลังงานคลื่นความถี่

คู่ความถี่ (GHz)	2.0 และ 2.1	2.0 และ 2.3	2.0 และ 2.5	2.0 และ 2.7
พารามิเตอร์	V_{MAG1}	V_{MAG2}	V_{MAG3}	V_{MAG4}

ข้อมูลที่ได้จากการวัดทั้ง 4 ชุด ถูกใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อออกแบบโครงสร้างและค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับตัดสินใจแยกระดับความหวาน

ทดสอบประสิทธิภาพการตัดสินใจของระบบ

จากโครงสร้างและค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม นำมาทดสอบความผิดพลาดในการตัดสินใจของระบบ เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการตัดสินใจในการแบ่งระดับความหวานของ สารละลาย จากนั้นนำไปพัฒนาลงในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นส่วนประมวลผลของระบบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี