# บทที่ 5
# สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

## สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในสารละลายความหวานด้วยสัมประสิทธิ์การสะท้อนย่านความถี่ไมโครเวฟ เพื่อวัดปริมาณความหวานแบบไม่ทำลาย โดยการประยุกต์ใช้ค่าอัตราส่วนของกำลังงานคลื่นสะท้อนและคลื่นความถี่ท้องถิ่น $V_{MAG}$ ของ 4 คู่ความถี่ ประกอบด้วย 2.0 กับ 2.1 กิกะเฮิรตซ์ 2.0 กับ 2.3 กิกะเฮิรตซ์ 2.0 กับ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ และ 2.0 กับ 2.7 กิกะเฮิรตซ์ ตามลำดับ

1. การวิเคราะห์เริ่มจากการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของสารละลายในช่วงความหวาน ตั้งแต่ 3 ถึง 25%Brix ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกลดลงอยู่ในช่วง 75.39 ถึง 61.83 และค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 16.63 ถึง 6.29 คุณสมบัติไดอิเล็กตริกที่แตกต่างกันของวัสดุมีผลต่อกำลังงานความถี่ที่เดินทางผ่านหรือการสะท้อนเมื่อตกกระทบ ดังนั้นระบบตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในสารละลายจึงได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ในการทดสอบ

2. ระบบประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง 2 แหล่ง โดยแหล่งกำเนิดความถี่ที่ 1 ถูกใช้เป็นความถี่ท้องถิ่นที่ 2.0 กิกะเฮิรตซ์ แหล่งความถี่ที่ 2 ประกอบด้วยความถี่ 2.1 2.3 2.5 และ 2.7 กิกะเฮิรตซ์ ถูกสร้างและส่งออกไปยังสารละลายตัวอย่าง เกิดเป็นกำลังงานสะท้อนกลับมายังสายอากาศรับและกำลังงานความถี่ได้รับถูกนำมาเปรียบเทียบกับความถี่ท้องถิ่นและให้เอาต์พุตเป็น $V_{MAG1}$ $V_{MAG2}$ $V_{MAG3}$ และ $V_{MAG4}$ ตามลำดับ

3. การทดสอบตรวจวัดสารละลายทำทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ที่ระดับความหวานตั้งแต่ 3 ถึง 30%Brix ให้ค่า $V_{MAG}$ อยู่ในช่วง 0.965 ถึง 1.523 โวลต์

4. ข้อมูลระดับแรงดันของอัตราส่วนกำลังงานทั้ง 4 ชุด ได้รับการนำมาใช้เป็นข้อมูลอินพุตเพื่อใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม การทดสอบระบบการตัดสินใจใช้ 4 อินพุตโนด และโนดซ่อนเร้นได้รับการปรับตั้งแต่ 6 ถึง 10 เพื่อปรับโครงสร้างให้เหมาะสม เอาต์พุต 4 โนด ที่เป็นตัวแทนของระดับความหวาน 10 ระดับ

5. จากการฝึกสอนที่ 6 โนดซ่อนเร้น อัตราการเรียนรู้เปลี่ยนตั้งแต่ 0.005 ถึง 0.3 ความแม่นยำสูงสุดอยู่ที่ 82.2% และเมื่อเพิ่มโนดซ่อนเร้นเป็น 8 โนด ความแม่นยำสูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 92.4% สุดท้ายคือการใช้โนดซ่อนเร้น 10 โนด ความแม่นยำสูงสุดอยู่ที่ 89.4% เนื่องจากจำนวนโนดซ่อนเร้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การเรียนรู้ทำได้ช้า ดังนั้นโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อตัดสินใจในการแบ่งระดับความหวานคือ 4 อินพุตโนด 8 โนดซ่อนเร้น และเอาต์พุต 4 ที่เป็นตัวแทนของความหวาน 10 ระดับ ที่ให้ความแม่นยำสูงสุด 92.4% ที่อัตราการเรียนรู้ 0.2

6. ระบบการตัดสินใจได้รับการโปรแกรมลงบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO) เพื่อใช้ประมวลผลและตัดสินใจในระบบเซนเซอร์ ควบคุมการทำงานให้ระบบตรวจวัดทำงานอย่างเข้าจังหวะ (Synchronize) ส่งผลให้การตรวจวัดระดับความหวาน สามารถทำได้ตามเวลาจริง (Real-time) จึงเหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานในการตรวจวัดระดับความหวาน

## อภิปรายผล

ระดับความหวานส่งผลต่อคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของสารละลาย สารละลายที่มีความหวานต่ำ หมายถึงสารละลายที่มีปริมาณน้ำมากจึงทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูง ในทางตรงกันข้ามสารละลายที่มีความหวานสูง จะมีปริมาณน้ำต่ำกว่าจึงมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกต่ำว่า เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติไดอิเล็กตริกกับความถี่ เห็นได้ว่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงตามความถี่ที่ใช้วัด ดังนั้นการสะท้อนของคลื่นที่มีความถี่ต่างกันจึง จึงสามารถนำไปใช้คัดแยกระดับความหวานของสารละลายได้

## ข้อเสนอแนะ

น้ำหวานตัวอย่างสัมผัสหัวโพรบให้มีระยะสัมผัสยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร สังเกตที่หัวโพรบเสมอว่า ต้องไม่มีฟองอากาศเล็กๆ เกิดขึ้นบริเวณหัวโพรบก่อนทำการวัด เพราะอาจส่งผลให้ข้อมูลการตรวจวัดมีความคลาดเคลื่อน หากมีฟองอากาศ ต้องกำจัดออกและไม่มีฟองอากาศ ปล่อยให้ระดับน้ำนิ่งคงที่ ห้ามทำการวัดขณะที่น้ำไม่นิ่ง เพราะจะทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาด เมื่อน้ำนิ่งแล้วให้ทำการวัด โดยกดปุ่ม Measure บนโปรแกรมควบคุม KMMS แล้วรอจนประกฏเส้นระดับบนกราฟ สังเกตค่าเส้นระดับที่ได้ต้องสม่ำเสมอไม่แกว่งขึ้นลงมากเกินไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี