บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 ความเข้มข้นสูงในกระบวนการรม SO_2 กับผลลำไยสด เป็นการพัฒนาเพื่อให้ได้อุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 ในช่วงความเข้มข้น 2,000 ถึง 20,000 ppm ที่เหมาะสมกับการตรวจวัดในการรม SO_2 กับผลลำไยสด สามารถสรุปผลการทดทดสอบพร้อมกับปัญหาที่พบระหว่างการสร้าง และข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป ได้ดังนี้

สรุปผลการทดสอบ

อุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 ประกอบไปด้วยสองส่วนคือ หน่วยตรวจวัด SO_2 ประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัด SO_2 เชื่อมต่ออยู่กับ Transmitter board บรรจุอยู่ภายในทรงกระบอกปริมาตร 210 มิลลิลิตร ทำจาก PVC ทนต่อการกัดกร่อนของ SO_2 เมื่อทำการสุ่มตัวอย่าง SO_2 ด้วยกระบอกฉีดยา 2 มิลลิลิตร เข้าสู่หน่วยตรวจวัด SO_2 จะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าไปสู่ส่วนที่สอง คือ หน่วยประมวลผล ที่ประกอบไปด้วย อุปกรณ์แปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นดิจิตอลเพื่อส่งเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เพื่อประมวลผลความเข้มข้นของ SO_2 ที่ปรับเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับค่าความเข้มข้นของ SO_2 จากการไทเทรต และแสดงผลผ่านจอ LCD 16x2 เป็นตัวเลขในหน่วย ppm มีความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัด ±121 ppm หรือร้อยละ 0.67 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2_{adj}) เท่ากับ 0.99 ตลอดช่วงการวัด 2,000 ถึง 20,000 ppm มีความไม่แน่นอนในการใช้อุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 ในระหว่างการรม SO_2 กับผลลำไยสด ±1,420 ppm หรือร้อยละ 7.68 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่ได้จากอุปกรณ์กับการไทเทรตในระหว่างการรม SO_2 กับผลลำไยสด ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับระดับอุตสาหกรรม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจึงเหมาะสมกับใช้ในการตรวจวัดแบบความละเอียดต่ำ เนื่องจากอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความไม่แน่นอนสูง (±1,420 ppm) ซึ่งปรับเทียบจากการไทเทรตที่มีความละเอียดในการตรวจวัดต่ำ (±2,448 ppm) อุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 สามารถใช้ทดแทนการตรวจวัดด้วยการไทเทรตและการใช้หลอดตรวจวัดได้ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการรม SO_2 กับผลลำไยสด โดยอุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 สามารถตรวจวัด ประมวลผล และแสดงผลได้แบบอัตโนมัติ ซึ่งรวดเร็วกว่าการไทเทรต ที่จะต้องจัดเตรียมสารเคมีและทำการไทเทรตโดยผู้วิจัย ซึ่งใช้เวลานานและมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก

ข้อจำกัดของการศึกษา

การทำงานวิจัยนี้มีปัญหา และอุปสรรคเกิดขึ้นตลอดเวลา ปัญหาบางปัญหาสามารถแก้ไขได้ แต่บางปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้ จึงได้รวบรวมปัญหาที่พร้อมคำแนะนำในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ในการปรับเทียบและการทดสอบไม่สามารถเปรียบเทียบกับเครื่องมือสอบเทียบมาตรฐานได้เนื่องจากมีราคาสูง จึงใช้วิธีการปรับเทียบกับวิธีที่นิยมใช้คือ การไทเทรตด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3%

2. การทดสอบภาคสนามไม่สามารถทดสอบได้จำนวนหลายครั้ง เนื่องจากลำไยสดในช่วงการวิจัยมีปริมาณน้อยและมีราคาสูง

ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ยังมีประเด็นที่เห็นควรศึกษาและพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยในอนาคตต่อไป

1. ลดความคลาดเคลื่อนในการไทเทรตด้วยการ เจือจาง (Dilute) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อเพิ่มความละเอียดในการไทเทรตให้สูงขึ้น

2. ควรมีการสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำให้อุปกรณ์ตรวจวัดมากขึ้น เช่น เครื่องแยกสารเนื้อเดียวประเภทแก๊ส (Gas Chromatography)

3. งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการรม SO_2 กับผลไม้ชนิดอื่นๆได้

4. ควรมีการออกแบบระบบการทำความสะอาดหลังจากใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแล้วเพื่อป้องกันการตกค้างของ SO_2 ที่อาจทำให้การตรวจวัดผิดพลาดได้ โดยใช้ ไนโตรเจน (N_2) ในการพัดเอา SO_2 ที่อยู่ในหน่วยตรวจวัดออกไป

แนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต

จากการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัด SO_2 ความเข้มข้นสูงในกระบวนการรม SO_2 กับผลลำไยสด พบว่ายังสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือตรวจวัดมาตรฐานสำหรับการรม SO_2 กับผลไม้สด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและมาตรฐานการรม SO_2 สร้างความน่าเชื่อถือให้กับผู้ประกอบการ เพื่อการส่งออกผลผลิตไปยังต่างประเทศ โดยการสอบเทียบเทียบเครื่องมือและปรับปรุงองค์ประกอบภายนอกให้ได้ตามหลักมาตรฐานสากล