บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1) ค่า ε ของขนมปังระหว่างการอบ เมื่อวัดด้วย IR sensor ในช่วงที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากันคือ 0.95 ส่วนช่วงที่ 3 ค่า ε อยู่ในช่วง 0.81-0.95 แต่เนื่องจาก IR sensor รับรังสีทั้งหมดที่แผ่ออกจากวัตถุไป (E และ $G_{\lambda,ref}$) ซึ่ง IR sensorไม่สามารถกำหนดค่า T_{BG} เพื่อชดเชยค่า $G_{\lambda,ref}$ ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ ดังนั้นค่า ε ที่ได้จาก IR sensor จึงไม่ใช่ค่า ε ที่แท้จริงของวัตถุ

2) สามารถประยุกต์ใช้ IR sensor วัดอุณหภูมิที่ผิวขนมปังในระหว่างกระบวนการอบขนมปัง และใช้อุณหภูมิผิวที่ได้เป็นตัวแปรอินพุทสำหรับควบคุมอุณหภูมิของเตาอบได้ โดยติดตั้ง IR sensor ไว้ด้านบนเตาอบขนาดเล็กวัดอุณหภูมิที่ผิวเพื่อทำนายอุณหภูมิที่กึ่งกลางขนมปัง สรุปการทดลองเพื่อนำ IRไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบขนมปังได้ดังนี้

2.1) เตาอบที่ใช้ในการทดลอง มีค่าความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.1-0.6 m/s เฉลี่ย 0.254 m/s โดยเมื่อเปิดให้ความร้อน เตาอบจะใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่งเพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล (อุณหภูมิของอากาศภายในเตาอบคงที่) โดยระยะเวลาในการเข้าสู่สภาวะสมดุลจะขึ้นอยู่กับการตั้งค่าอุณหภูมิให้กับเตาอบ ค่าฮีสเตอร์รีซีสการตัดต่ออุณหภูมิภายในเตาอบมีค่าอยู่ในช่วง ±10°C การกระจายอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งภายในเตาอบมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

2.2) เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเตาอบในช่วงที่ 2 และ 3 จาก 180°C เป็น 120°C และ 170°C ตามลำดับพบว่าเมื่อสิ้นสุดกระบวนการอบขนมปังยังคงสุกทั้งก้อน มีสีพอดีและมีการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการอบลดลงประมาณ 1% เมื่อเปรียบเทียบกับการอบโดยให้อุณหภูมิคงที่ที่ 180°C

2.3) สามารถใช้ IR sensor วัดอุณหภูมิที่ผิวของขนมปังเพื่อใช้เป็นตัวแปรอินพุทสำหรับควบคุมอุณหภูมิของเตาอบได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการหาค่า ε ของขนมปังควรมีการศึกษาคุณสมบัติอื่น ๆ ของโดหรือขนมปังประกอบ เช่น คุณสมบัติความขรุขระ หรือความมันวาวของผิวขนมปัง เป็นต้น การวัดค่า ε ควรวัดจากมุมด้านบนของขนมปัง (ไม่ควรวัดจากมุมด้านข้าง) เนื่องจากด้านข้างขนมปังมีลักษณะเป็นมุมโค้งทำให้รังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากและถูกกล้อง TI หรือ IR sensor รับไปมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับด้านบน อีกทั้งระหว่างการอบ ขนมปังมีการขึ้นฟูหรือพอง (ขนาดไม่คงที่) ทำให้มุมของผิวด้านข้างขนมปังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงอาจส่งผลให้พื้นที่การรับรังสีอินฟราเรดจากขนมปังของกล้อง หรือ IR sensor มีการเปลี่ยนแปลงด้วย

2. การทดสอบเตาอบควรมีการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัตถุที่อ่านได้จาก IR sensor กับอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลที่ผ่านการสอบเทียบ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอุณภูมิที่อ่านได้จาก IR sensor คืออุณหภูมิที่แท้จริงของวัตถุ และควรมีการหาค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับโดหรือขนมปังภายในเตาอบในช่วงต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการหาสมการที่แท้จริงในการทำนายอุณหภูมิกึ่งกลางขนมปังจากอุณหภูมิที่ผิว

3. การประยุกต์ใช้ IR sensor ไม่เหมาะกับกระบวนการอบแบบต่อเนื่อง (ในกรณีที่คุณสมบัติของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างกระบวนการผลิต) เนื่องจากต้องมีการป้อนค่า ε ให้ IR sensor ตลอดเวลา แต่ IR sensor เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานทางด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ งานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีลักษณะการทำงานแบบเป็นกะ รวมไปถึงการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์เพื่อซ่อมบำรุงมากกว่า