บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1. ปลาหมึกกระดองที่ใช้มีความชื้นปริมาณเท่ากับ 81.72±1.01% และมีจุดเยือกแข็งอยู่ระหว่าง -0.8° ถึง -1.5°C สมบัติทางกายภาพและความร้อนของปลาหมึกกระดองในช่วงอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็ง (0°ถึง 30°C) พบว่า มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1050.75±1.06 kg/m^3 ค่าสภาพนำความร้อน 0.528-0.548 W/m.K และค่าความร้อนจำเพาะ 0.884-0.906 cal/g.°C สำหรับช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งพบว่าความหนาแน่นลดลงจาก 985.5 kg/m^3 ถึง 959.0 kg/m^3 และค่าสภาพนำความร้อนเพิ่มขึ้นแบบพาราโบลาจาก 1.124 W/m.K ถึง 1.644 W/m.K เมื่ออุณหภูมิลดลงจาก -5 ° ถึง -30 °C และค่าความร้อนจำเพาะลดลงจาก 1.602 cal/g.°C ถึง 0.576 cal/g.°C เมื่ออุณหภูมิลดลงจาก -10° ถึง -30 °C โดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและความร้อนกับอุณหภูมิจากการทดลองแสดงดังนี้

ความหนาแน่น (kg/m^3)	ช่วงอุณหภูมิ (°C)
$\rho_u = 1050.75$	$T \geq T_f$
$\rho_f = 995.4+2.4406T+0.04144T^2$	$T \leq -5$

ค่าสภาพนำความร้อน (W/m.K)	ช่วงอุณหภูมิ (°C)
$k_u = 0.536$	$T \geq T_f$
$k_f = 1.0206-0.0147T+0.0002T^2$	$T \leq -5$

ค่าความร้อนจำเพาะ (cal/g.°C)	ช่วงอุณหภูมิ (°C)
$C_{pu} = 0.8842+0.0010T$	$T \geq T_f$
$C_{pf} = 3.3477+0.21765T+0.00415T^2$	$T \leq -10$

6.1.2 สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวระหว่างแช่เยือกแข็ง เมื่อวัดโดยใช้ metal transducer พบว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวเพิ่มขึ้นตามความเร็วลม และความสัมพันธ์ในเทอม Nusselt number กับ Reynolds number เป็นแบบสมการกำลัง แสดงดังสมการ

$$Nu = 0.1378\, Re^{0.5674}$$

และ $$h\ (W/m^2.K) = 14.421\, v^{0.5674}$$

6.1.3 การทำนายเวลาในการแช่เยือกแข็งโดยวิธีเชิงเลขแบบ explicit finite difference และการใช้สมการอย่างง่ายเปรียบเทียบกับเวลาในการแช่เยือกแข็งจากการทดลอง พบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างด้วยวิธีเชิงเลขให้ความแม่นยำในการทำนายมากที่สุดโดยมีความผิดพลาด 1.5% และสามารถคำนวณการกระจายอุณหภูมิของอาหารได้ดี ส่วนวิธีการใช้สมการอย่างง่ายคำนวณ คือ แบบจำลองของ Plank (1941) แบบจำลองของ IIR (1972) แบบจำลองของ Cleland และ Earle (1984b) และแบบจำลองของ Pham (1986b) ที่ดัดแปลงเพิ่มเติมโดย Cleland (1991) และ Hossain และ คณะ (1992) พบว่า มีความผิดพลาด -34.6%, -24.8%, -3.3% และ -4.1% ตามลำดับ

6.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาสมบัติทางกายภาพและความร้อนของปลาหมึกระดองในช่วงที่มีการเปลี่ยนสถานะเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมในการวัด เช่น การใช้ adiabatic calorimeter หรือ DSC วัดความร้อนจำเพาะและเอนทาลปีของปลาหมึกกระดองจากการทดลองโดยตรง ซึ่งจากงานวิจัยนี้ไม่สามารถทดลองได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเครื่องมือ รวมถึงการวัดสัดส่วนของน้ำแข็งในปลาหมึกกระดองที่เกิดขึ้นขณะแช่เยือกแข็ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะแช่เยือกแข็งเพิ่มเติม และควรนำแบบจำลองเชิงเลขที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ไปทดลองในอุตสาหกรรมปลาหมึกกระดองแช่เยือกแข็งระดับขยาย