หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 ทฤษฎีและสมมุติฐานในการออกแบบเครื่องมือ

3.1.1 ความร้อนจำเพาะ

เนื่องจากข้อจำกัดในด้านเครื่องมือ วิธีที่พิจารณาเลือกใช้ในการหาค่าความร้อนจำเพาะคือวิธีการใช้แคลอริมิเตอร์ ซึ่งใช้หลักการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการแลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างตัวอย่างและสารตัวกลางในแคลอริมิเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็น vacuum-jacket (รูปที่ 2.1) และมีฉนวนหุ้มเพียงพอที่จะไม่ให้มีการสูญเสียความร้อน คำนวณค่าความร้อนจำเพาะโดยใช้หลักการอนุรักษ์พลังงาน (สมการที่ 1) และมีการพิจารณาการสูญเสียความร้อนหรือการได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อม (L) ในกรณีที่ในขณะทดลองอุณหภูมิที่จุดสมดุลต่างจากอุณหภูมิของบรรยากาศ (8) (รูปที่ 3.1) ดังสมการ

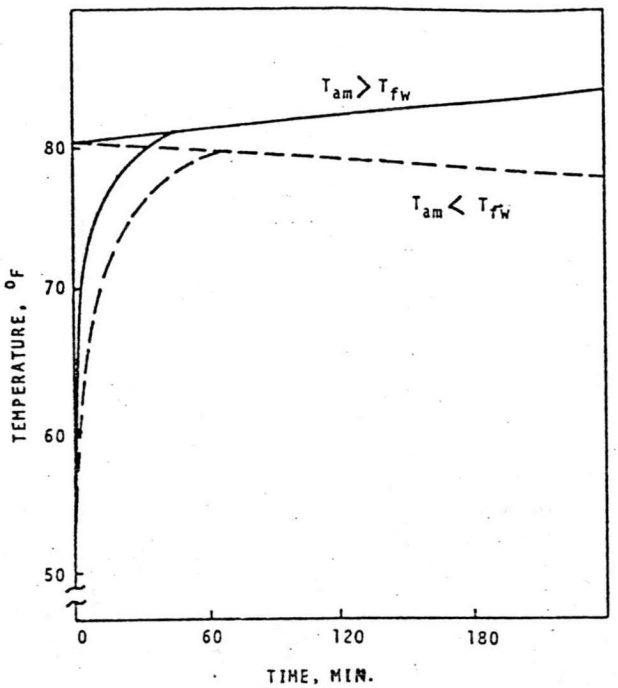
$$C_{Ps}.W_s.(\Delta T_s) = C_{Pw}.W_w.(\Delta T_w) + H_c.(\Delta T_c) - L \quad .....(10)$$

เมื่อ $L = (C_{Pw}.W_w + H_c + C_{Ps}.W_s)\,(dT/dt)\,t_F$

dT/dt = ความชันของกราฟเส้นตรงช่วงหลังจากภาวะสมดุล

t_F = เวลาที่จุดสมดุล

เนื่องจากสับปะรดมีความชื้นสูง ดังนั้นจึงใช้วิธี modified method of mixture ในการหาค่าความร้อนจำเพาะ เพื่อกำจัดปัญหาการละลายของตัวอย่างสับปะรดในสารตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.1 การสูญเสียหรือการได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (8)

3.1.2 สภาพนำความร้อน

เลือกใช้วิธี transient โดยใช้ thermal conductivity probe ในการหาค่าสภาพนำความร้อนของสับปะรด เนื่องจากใช้เวลาในการทดลองสั้น และเหมาะกับอาหารที่มีความชื้นสูง

การหาค่าสภาพนำความร้อนโดยใช้ probe method มีหลักการคือ ใช้แหล่งให้ความร้อนที่มีความยาวไม่จำกัด และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมาก (เกือบเป็นศูนย์ ตามทฤษฎี) ขณะที่ตัวอย่างที่ต้องการวัดมีขนาดใหญ่ และสมมุติว่าไม่มีการถ่ายโอนความร้อนตามแนวแกน ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนไปยังตัวอย่าง แสดงโดยสมการของฟูเรียร์ (Fourier Equation) (9) ดังนี้

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right] \qquad \text{.....(11)}$$

เมื่อคิดเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนที่มีความยาวไม่จำกัด และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมาก จะได้สมการแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวอย่าง ดังนี้

$$T = \frac{q'}{2\pi k} \int_{\beta}^{\infty} \frac{\exp(-r^2)\, dr}{r} \qquad \text{.....(12)}$$

ถ้า T เป็นอุณหภูมิที่แหล่งให้ความร้อนซึ่งมีปริมาณความร้อน q' และ β มีค่าน้อยกว่า 0.16 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเวลา t_1 ไปยัง t_2 แสดงในสมการ

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (q'/ 4\pi k)[\ \ln(t_2/t_1)\ ] \qquad \text{.....(13)}$$

ดังนั้น

$$k = (q'/ 4\pi\Delta T)[\ \ln(t_2/t_1)\ ] \qquad \text{.....(14)}$$

3.1.3 สภาพแพร่ความร้อน

ใช้ thermal diffusivity tube ในการหาค่าสภาพแพร่ความร้อน (24) โดยมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อมากกว่าสี่ (ในทางทฤษฎี สมมุติว่าท่อมีความยาวไม่จำกัด) และทำการทดลองภายใต้ภาวะที่มีการเพิ่มของอุณหภูมิคงที่ ($\partial T/\partial t = A$) คำนวณหาค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยสมมุติว่า มีการแพร่ความร้อนเฉพาะในแนวรัศมีของท่อเท่านั้น โดยเริ่มจากการอินทิเกรตสมการของ Fourier (สมการที่ 11)และแทนค่า boundary conditions จะได้สมการสุดท้าย ดังสมการที่ 8 คือ

$$\alpha = \frac{AR^2}{4\,(T_R - T_o)} \qquad \text{.....(8)}$$

3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องมือสำหรับหาค่าสมบัติทางความร้อนของสับปะรด

3.2.1 ความร้อนจำเพาะ

ใช้วิธี modified method of mixture ในการหาค่าความร้อนจำเพาะ เครื่องมือที่ใช้คือ แคลอริมิเตอร์ที่ประกอบขึ้นมาโดยใช้กระติกน้ำร้อนที่มีลักษณะเป็น vacuum - jacket ซึ่งช่องบรรจุตัวอย่าง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร ในแคลอริมิเตอร์มีน้ำบรรจุอยู่สำหรับเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับตัวอย่างสับปะรด ซึ่งอยู่ในถุงโพลีเอทธิลีน ที่มีความหนา 0.1 มิลลิเมตร กว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 19 เซนติเมตร มี thermocouple type T (copper - constantan) สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำในแคลอริมิเตอร์ และมีการป้องกันการสูญเสียความร้อนจากแคลอริมิเตอร์ โดยใช้กล่องโฟมที่มีความหนา 2 นิ้ว และเม็ดโฟม ทำหน้าที่เป็นฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน

3.2.2 สภาพนำความร้อน

ใช้ thermal conductivity probe ในการหาค่าสภาพนำความร้อนของสับปะรด โดยมีการดัดแปลงมาจากวิธีของ Sweat (5) เพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ และตัวอย่างสับปะรดที่ใช้ ตัว probe ทำจากเข็มฉีดยาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 มิลลิเมตร ยาว 31.1 มิลลิเมตร ภายใน probe มี nichrome heater wire ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 มิลลิเมตร หุ้มด้วยพลาสติกหนา 0.15 มิลลิเมตร และมี thermocouple type T (copper - constantan) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้น copper และ constanstan เท่ากับ 0.20 และ 0.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดย thermocouple มีความยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของ probe และมีการบรรจุปรอทลงไปให้เต็มที่ว่างภายใน probe เพื่อไล่อากาศที่มีค่าสภาพนำความร้อนต่ำ สาย thermocouple ใน probe จะต่อไปยังเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CHINO model 015 accuracy $\pm$ 0.1 °C) ส่วน heater wire จะต่อเข้ากับเซลแห้งที่มีความต่างศักย์ 1.5 โวลต์

3.2.3 สภาพแพร่ความร้อน

อาศัยหลักการใช้ thermal diffusivity tube ที่มีการดัดแปลงมาจากวิธีของ Dickerson (24) โดยสร้าง thermal diffusivity tube มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกทำด้วย stainless steel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5.20 เซนติเมตร ยาว 22.86 เซนติเมตร หนา 1.2 มิลลิเมตร ฝาทำด้วยแผ่น stainless steel หนา 1.2

มิลลิเมตร โดยมีแผ่นยางรูปวงแหวนหนา 2 มิลลิเมตร อยู่ตรงกลางเพื่อกันการรั่วไหล ใช้ thermocouple type T ที่มีลักษณะเป็น probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 มิลลิเมตร มีความยาวครึ่งหนึ่งของท่อ สำหรับวัดอุณหภูมิของตัวอย่างตรงจุดกึ่งกลางท่อ

อ่างควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่าสภาพแพร่ความร้อน มีความจุ 22 ลิตร มีการให้ความร้อนในอัตราคงที่ โดยมีปุ่มปรับอัตราการให้ความร้อน 3 ระดับคือ 0.2, 1.0 และ 1.5 องศาเซลเซียส/นาที และมีท่อสำหรับเป่าลม เพื่อให้ความร้อนกระจายได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ

3.3 การเตรียมตัวอย่าง

สับปะรดที่ใช้ในการทดลองคือ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ซื้อจากตลาดสดสามย่าน โดยกำหนดขนาดน้ำหนักของสับปะรดให้อยู่ในช่วง 2.2 - 2.7 กิโลกรัม และมีเส้นรอบวงของสับปะรดอยู่ในช่วง 40-45 เซนติเมตร โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างสับปะรดสด (ความชื้นร้อยละ 84 $\pm$ 2) และสับปะรดที่ความชื้นต่ำ (ความชื้นในช่วงร้อยละ 60 - 75) สำหรับการวัดค่าต่างๆ ดังนี้

3.3.1 การวัดค่าความร้อนจำเพาะ

สำหรับสับปะรดสด ได้หั่นสับปะรดเป็นชิ้นขนาด 2 x 2 x 3 เซนติเมตร^3 ส่วนสับปะรดที่มีความชื้นต่ำ จะหั่นสับปะรดให้มีขนาดเท่ากับในกรณีของสับปะรดสด แล้วจึงนำไปอบใน tray dryer ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นตามต้องการ

3.3.2 การวัดค่าสภาพนำความร้อน

สำหรับสับปะรดสดได้ใช้สับปะรดทั้งผล โดยตัดส่วนบนของผลออกประมาณครึ่งหนึ่ง เพื่อให้มีพื้นที่ในการเสียบ probe ส่วนสับปะรดที่มีความชื้นต่ำ จะหั่นสับปะรดเป็นแว่นหนา 1.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่ 90 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นตามต้องการ

3.3.3 การวัดค่าสภาพแพร่ความร้อน

หั่นสับปะรดสดเป็นชิ้นขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของ thermal diffusivity tube ส่วนสับปะรดที่มีความชื้นต่ำ ทำโดย หั่นสับปะรดให้เป็นชิ้นขนาดใหญ่กว่ากรณีสับปะรดสด นำไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นตามต้องการ แล้วจึงนำมาบรรจุใน thermal diffusivity tube

3.4 การทดลองหาวิธีการวัดและคำนวณค่าสมบัติทางความร้อน

3.4.1 การวัดค่าความร้อนจำเพาะ

ใช้แคลอริมิเตอร์ที่ประกอบขึ้น และทดสอบหาค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ โดยใช้น้ำเป็นสารอ้างอิง (ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส) ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ก. ใส่น้ำ 250 กรัม ในแคลอริมิเตอร์ ปล่อยให้อุณหภูมิของน้ำและแคลอริมิเตอร์ คงที่ที่อุณหภูมิห้อง

ข. ใส่น้ำ 150 กรัม ในถุงโพลีเอทธิลีน แช่ถุงน้ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 65 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิของน้ำในถุงสมดุลกับอุณหภูมิของน้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

ค. บันทึกอุณหภูมิของน้ำในแคลอริมิเตอร์ และในถุงโพลีเอทธิลีนก่อนผสม โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

ง. นำถุงที่บรรจุน้ำใส่ลงในแคลอริมิเตอร์ที่มีน้ำอยู่ แล้วปิดฝาทันที

จ. บันทึกอุณหภูมิของน้ำในแคลอริมิเตอร์ทุก 5 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีการเขย่าแคลอริมิเตอร์อย่างสม่ำเสมอ

ฉ. สร้างกราฟระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลา อ่านค่าอุณหภูมิและเวลาสมดุล (T_F,t_F) และหาความชันของกราฟเส้นตรงในช่วงหลังภาวะสมดุล (dT/dt)

ช. คำนวณค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ จากสมการที่ 10 แต่เปลี่ยนจากตัวอย่างมาเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

ใช้แคลอริมิเตอร์ที่ทราบค่าความจุความร้อน หาค่าความร้อนจำเพาะของสับปะรด โดยวิธี modified method of mixture เช่นเดียวกัน โดยศึกษาค่าความร้อนจำเพาะ ใน 2 ช่วงอุณหภูมิ คือ ในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 องศาเซลเซียส) และ ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ดังนี้ คือ

3.4.1.1 การหาค่าความร้อนจำเพาะที่ช่วงอุณหภูมิสูง

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ แต่ใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องปริมาณ 400 กรัม ใส่ในแคลอริมิเตอร์ และนำตัวอย่างสับปะรดใส่ในถุงโพลีเอทธิลีน แช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิคงที่ตามที่ต้องการ คำนวณค่าความร้อนจำเพาะตามสมการที่ 10

3.4.1.2 การหาค่าความร้อนจำเพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาค่าความร้อนจำเพาะ ที่ช่วงอุณหภูมิสูง แต่นำสับปะรดที่อยู่ในถุงโพลีเอทธิลีนไปแช่ในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิต่ำถึง -7Ø องศาเซลเซียส) ให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ และใช้น้ำที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใส่ในแคลอริมิเตอร์แทน คำนวณผลการทดลองเช่นเดียวกับสมการที่ 1Ø แต่จะมีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งในสับปะรดมาเกี่ยวข้อง เนื่องจากมีการเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็งในสับปะรดไปเป็นน้ำในระหว่างการทดลอง ดังสมการที่ 15

$$(C_{Pw}.W_w + H_c)\ T_c + C_{Ps}.W_s.T_s + LH = C_{Ps}.W_s.T_F + (C_{Pw}.W_w + H_c)\ T_F - L \quad .....(15)$$

เมื่อ LH = ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งในสับปะรด (แคลอรี)

= [ความร้อนแฝงของน้ำแข็ง (8Ø แคลอรี/กรัม) x ความชื้นของสับปะรด] . W_s

3.4.2 การวัดค่าสภาพนำความร้อน

ใช้ thermal conductivity probe ในการหาค่าสภาพนำความร้อนของสับปะรด โดยใช้เซลแห้งเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน หาค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ด้วยกลีเซอรีน (ค่าสภาพนำความร้อน เท่ากับ Ø.285 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน ที่ 2Ø องศาเซลเซียส) โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ก. เสียบ thermal conductivity probe ลงในกลีเซอรีนที่มีอุณหภูมิคงที่ที่ 2Ø องศาเซลเซียส

ข. ต่อสาย thermocouple ของ probe เข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ และรอจนอุณหภูมิของกลีเซอรีนคงที่

ค. ให้พลังงานความร้อนโดยใช้เซลแห้ง แล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกลีเซอรีนทุก 1 วินาที เป็นเวลา 6Ø วินาที

ง. สร้างกราฟของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับ ln (t) จะได้กราฟเส้นตรง คำนวณค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ จากสมการ

$$q' = 4\pi S\ k \quad .....(16)$$

ในการหาค่าสภาพนำความร้อนของสับปะรด จะต้องมีการหาค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ของ probe ก่อนทุกครั้ง โดยทำการทดลองหาค่าพลังงานความร้อน ประมาณ 5 - 6 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย การหาค่าสภาพนำความร้อนจะทดลองใน 2 ช่วงอุณหภูมิ คือ ในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ดังนี้

3.4.2.1 การหาค่าสภาพนำความร้อนในช่วงอุณหภูมิสูง

ทำการทดลองเช่นเดิม แต่เปลี่ยนจากกลีเซอรีนเป็นสับปะรด ซึ่งใส่ในถุงโพลีเอทธิลีน แช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิคงที่ตามที่ต้องการ แล้วคำนวณค่าสภาพนำความร้อน จากสมการที่ 14 โดยทำการทดลองประมาณ 5 - 6 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4.2.2 การหาค่าสภาพนำความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ

ทำการทดลองและคำนวณผลเช่นเดียวกับข้อ 3.4.2.1 เพียงแต่นำสับปะรดไปแช่ในตู้แช่แข็ง ให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ

3.4.3 การวัดค่าสภาพแพร่ความร้อน

ใช้ thermal diffusivity tube และอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ประกอบขึ้นหาค่าสภาพแพร่ความร้อนของสับปะรดที่ช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ดังนี้

3.4.3.1 การหาค่าสภาพแพร่ความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิสูง

ใช้น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี (น้ำมันพืชมรกต) เป็นตัวกลางให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ก. หั่นสับปะรดให้เป็นชิ้นขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของ thermal diffusivity tube บรรจุลงในท่อให้เต็ม ปิดฝา แล้วเสียบ thermocouple ลงไปที่ด้านบน เพื่อวัดอุณหภูมิของตัวอย่างสับปะรดที่ตรงกลางท่อ

ข. นำ thermal diffusivity tube แช่ลงในอ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ตามต้องการ ทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของสับปะรดในท่อเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

ค. เปิดเครื่องทำความร้อนที่อ่างควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะมีอุณหภูมิ

เพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่ (1.0 หรือ 1.5 องศาเซลเซียส/นาที)

ง. บันทึกอุณหภูมิของน้ำมันในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และของสับปะรดในท่อ ทุก 2 นาที เป็นเวลานาน 60 นาที

จ. สร้างกราฟระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลา และคำนวณค่าสภาพแพร่ความร้อนของสับปะรดจากสมการที่ 8

3.4.3.2 การหาค่าสภาพแพร่ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.3.1 แต่ใช้สารละลาย propylene glycol ใส่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแทนน้ำมัน และลดอัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของสับปะรดเพิ่มขึ้นเร็วจนถึงจุดเยือกแข็ง โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ก. บรรจุสับปะรดลงใน thermal diffusivity tube ปิดฝา นำไปแช่ในตู้แช่แข็ง ให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ

ข. นำสารละลาย propylene glycol ไปแช่ในตู้แช่แข็งจนได้อุณหภูมิตามต้องการ แล้วจึงนำมาใส่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และอาจใช้น้ำแข็งแห้งช่วยลดอุณหภูมิ โดยใส่น้ำแข็งแห้งลงในสารละลาย propylene glycol ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ

ค. นำท่อที่บรรจุสับปะรดจากข้อ ก. มาใส่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิในข้อ ข. ทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของสับปะรดในท่อเท่ากับอุณหภูมิของสารละลาย propylene glycol ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

ง. เปิดเครื่องทำความร้อนที่อ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยปรับให้มีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 0.2 องศาเซลเซียส/นาที

จ. บันทึกอุณหภูมิและคำนวณผลเช่นเดียวกับการหาค่าสภาพแพร่ความร้อนในช่วงอุณหภูมิสูง

3.5 <u>ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติทางความร้อนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางความร้อนของสับปะรด กับความชื้นและอุณหภูมิ โดยทำการทดลองใน 2 ช่วงอุณหภูมิ คือ ช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ในแต่ละช่วงอุณหภูมิตัวแปรที่ศึกษาจะแบ่งเป็นระดับต่างๆ ดังนี้

ก. ปริมาณความชื้นของสับปะรด แบ่งเป็น 3 ระดับคือ สับปะรดสดความชื้นร้อยละ 84 ± 2 สับปะรดอบแห้งที่ความชื้นร้อยละ 74 ± 2 และความชื้นร้อยละ 64 ± 2

ข. อุณหภูมิของสับปะรดในแต่ละช่วงอุณหภูมิ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ในช่วงอุณหภูมิสูงได้แก่ 61 ± 2 องศาเซลเซียส , 81 ± 2 องศาเซลเซียส และ 100 ± 2 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ได้แก่ -10 ± 1 องศาเซลเซียส ,-18 ± 1 องศาเซลเซียส และ -30 ± 1 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบ factorial โดยในแต่ละช่วงอุณหภูมิจะมีตัวแปร 2 ตัว คือ ความชื้น 3 ระดับ และ อุณหภูมิ 3 ระดับ และในแต่ละความชื้นและอุณหภูมิ จะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.6 รวบรวมผลการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลการทดลองของค่าสมบัติทางความร้อน คือ ความร้อนจำเพาะ สภาพนำความร้อน และสภาพแพร่ความร้อน ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และความแตกต่างของค่าสมบัติทางความร้อนที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ โดยใช้โปรแกรมของ Duncan ดังรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก (ข) และหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติทางความร้อนของสับปะรดกับความชื้นและอุณหภูมิ โดยการทำ regression ของข้อมูลทั้งหมด ในรูปแบบสมการต่างๆ คือ สมการเส้นตรง และสมการกำลังสองของความชื้นและอุณหภูมิ และเลือกสมการแสดงความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด โดยการพิจารณาจากค่า r^2 และความสำคัญของเทอมต่างๆในสมการโดยใช้ analysis of variance ในการตัดเทอมที่ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (โปรแกรม S.P.S.)