สมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่ (*Musa suerier*) และกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum*)

นายแสงสวัสดิ์ อุดมเดชวัฒน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-581-800-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16943521

THERMAL PROPERTIES OF *Musa suerier* AND *Musa sapientum* Linn.

MR. SANGSAWAT UDOMDEJWATANA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-581-800-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่ (Musa suerier) และกล้วยน้ำว้า (Musa sapientum)
โดย	นายแสงสวัสดิ์ อุดมเดชวัฒน
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชิดพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

แสงสวัสดิ์ อุดมเดชวัฒน : สมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่ (Musa suerier) และกล้วยน้ำว้า (Musa sapientum Linn.) (Thermal Properties of Musa suerier and Musa sapientum Linn.) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. กัลยา เลาหสงคราม, ผศ.ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, รศ.ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล, 122 หน้า , ISBN 974 - 581 - 800 - 3

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าสมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า และ ศึกษาผลของความชื้น .(ร้อยละ 50 - 70 สำหรับกล้วยไข่และร้อยละ 45 - 65 สำหรับกล้วยน้ำว้า) และอุณหภูมิ (60 - 101 องศาเซลเซียส และ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ที่มีต่อสมบัติทางความร้อนซึ่งได้แก่ ความร้อนจำเพาะ สภาพนำความร้อน และสภาพแพร่ความร้อน และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้ากับความชื้นและอุณหภูมิ

จากการหาค่าความร้อนจำเพาะโดยวิธีModified method of mixture ค่าสภาพนำความร้อนด้วยวิธีthermal conductivity probe และค่าสภาพแพร่ความร้อนด้วยวิธีthermal diffusivity tube พบว่าในช่วงอุณหภูมิสูง(60 - 100 องศาเซลเซียส) ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าสภาพนำความร้อนและสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่มีค่าเท่ากับ 0.6613 - 0.8382 แคลอรี่/กรัม-องศาเซลเซียส 0.2893 - 0.9513 วัตต์/เมตร - องศาเคลวิน และ 1.7763×10^{-7} ถึง 2.2626×10^{-7} เมตร^2/วินาทีตามลำดับ และกล้วยน้ำว่ามีค่า 0.5831 - 0.8154 แคลอรี่/กรัม-องศาเซลเซียส 0.4103 - 0.9667 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน และ 2.3069×10^{-7} ถึง 2.4430×10^{-7} เมตร^2/วินาทีตามลำดับ ส่วนในช่วงอุณหภูมิต่ำ (-30 ถึง -10 องศา-เซลเซียส) ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าสภาพนำความร้อน และสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ มีค่าเท่ากับ 0.3336 - 0.5287 แคลอรี่/กรัม - องศาเซลเซียส 0.4837 - 1.9327 วัตต์/เมตร - องศาเคลวิน และ 3.5368×10^{-7} ถึง 8.9159×10^{-7} เมตร ^{2}/วินาที ตามลำดับ และกล้วยน้ำว้ามีค่า 0.3179 - 0.5152 แคลอรี่/กรัม-องศาเซลเซียส 0.5117 - 2.2290 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน และ 3.9272×10^{-7} ถึง 10.5534×10^{-7} เมตร ^{2}/วินาที ตามลำดับ ซึ่งค่าสมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้ามีความสัมพันธ์แบบ Polynomial กับความชื้นและอุณหภูมิ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C226330 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: THERMAL PROPERTIES / Musa suerier / Musa sapientum Linn.
SANGSWAT UDOMDEJWATANA : THERMAL PROPERTIES OF Musa suerier AND Musa sapientum Linn. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KALAYA CHASONGKRAM, Ph.D., ASST. PROF. SAIWARUN CHAIWANICHSIRI, Ph.D., ASSOC. PROF. CHAIYUTE THUNPITHAYAKUL, Ph.D. 122 pp. ISBN 974-581-800-3

The objective of this research was to measure the specific heat (Cp), thermal conductivity (k), thermal diffusivity (α) of bananas (Musa suerier and Musa Sapientum Linn.) and to study the effects of moisture content (50 - 70% for Musa suerier and 45 - 65% for Musa sapientum Linn.) and temperature (60 - 100°c and -30 to -10°c) on their thermal properties. The last part was to determine the relationship between thermal properties and moisture content and temperature.

The Cp, K and α were measured by the modified method of mixture, the thermal conductivity probe and the thermal diffusivity tube, respectively. At high temperature level (60 - 100°C), the corresponding Cp, K and α of Musa suerier were 0.6613 - 0.8382 cal/g°C, 0.2893 - 0.9513 W/m-K and 1.7763×10^{-7} to 2.2626×10^{-7} m^2/s while Musa sapientum Linn. were 0.5831 - 0.8154 cal/g°C, 0.4103 - 0.9667 W/m-K and 2.3069×10^{-7} to 2.4430×10^{-7} m^2/s. At low temperature level (-30 to -10°C), the corresponding Cp, K and α of Musa suerier were 0.3336 - 0.5287 cal/g°C, 0.4837 - 1.9327 W/m-K and 3.5368×10^{-7} to 8.9159×10^{-7} m^2/s while Musa sapientum Linn. were 0.3197 - 0.5152 cal/g°C, 0.5117 - 2.2290 W/m-K and 3.9272×10^{-7} to 10.5534×10^{-7} m^2/s, respectively. The relationship between thermal properties (Cp, K and α) and moisture content and temperature of both bananas were found to be a polynomial function.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำหนุนใจ ตลอดจนข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ และมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณพีระยุทธ เรืองศิลปวิไล และ คุณนิวัติ ถิรวัฒน์ ที่ได้ช่วยสร้างเครื่องมือในงานวิจัยนี้ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณนิสิตปริญญาโททุกท่าน ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือ และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่เป็นกำลังใจจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฐ

คำอธิบายสัญญลักษณ์ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วารสารปริทัศน์ 3
   - 2.1 กล้วย 3
   - 2.2 วิธีการวัดค่าสมบัติทางความร้อน 4
   - 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสมบัติทางความร้อน 14
3. วิธีการทดลอง 18
   - 3.1 การเตรียมตัวอย่าง 18
   - 3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 18
   - 3.3 ขอบเขตการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติทางความร้อน กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 18
   - 3.4 การวัดและคำนวณค่าสมบัติทางความร้อน 19
   - 3.5 รวบรวมผลการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ 24
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ 25
   - 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง 25
   - 4.2 สมบัติทางความร้อนและความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางความร้อน กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 25

บทที่(ต่อ) หน้า

5. สรุปผลการทดลอง 83
5.1 ค่าความร้อนจำเพาะ 83
5.2 ค่าสภาพนำความร้อน 83
5.3 ค่าสภาพแพร่ความร้อน 84
เอกสารอ้างอิง 85
ภาคผนวก ก 91
ภาคผนวก ข 95
ภาคผนวก ค 98
ประวัติผู้เขียน 122

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า	4
2.2	สมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับสมบัติทางความร้อนของอาหารต่าง ๆ	15
2.3	สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสมบัติทางความร้อนของอาหารต่าง ๆ	17
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า	25
4.2	ค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูงที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ	28
4.3	ค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูงที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ	28
4.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูง	29
4.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูง	29
4.6	สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูงและความชื้นในช่วงร้อยละ 50 - 70	30
4.7	สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูงและความชื้นในช่วงร้อยละ 45 - 65	31
4.8	สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่และอุณหภูมิในช่วง 60 - 100 °C	33
4.9	สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิในช่วง 60 - 100 °C	34
4.10	ค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ	36

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.11 ค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 36
4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 37
4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 38
4.14 สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและความชื้นในช่วงร้อยละ 50 - 70 39
4.15 สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและความชื้นในช่วงร้อยละ 45 - 65 40
4.16 สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่และอุณหภูมิในช่วง -30 ถึง -10 °C 42
4.17 สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิในช่วง -30 ถึง -10 °C 43
4.18 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูงที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 46
4.19 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูงที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 46
4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิสูง 47
4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิสูง 47
4.22 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูงและความชื้นในช่วงร้อยละ 50 - 70 49
4.23 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูงและความชื้นในช่วงร้อยละ 45 - 65 50

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.24 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่และอุณหภูมิในช่วง 60 - 100 °C 52
4.25 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิในช่วง 60 - 100 °C 53
4.26 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 55
4.27 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 55
4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 56
4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 57
4.30 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและความชื้นในช่วงร้อยละ 50 - 70 58
4.31 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและความชื้นในช่วงร้อยละ 45 - 65 59
4.32 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่และอุณหภูมิในช่วง -30 ถึง -10 °C 61
4.33 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิในช่วง -30 ถึง -10 °C 62
4.34 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิสูงที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 65
4.35 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิสูงที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 65
4.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูง 66

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูง 66
4.38 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูงและความชื้นในช่วงร้อยละ 50 - 70 68
4.39 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูงและความชื้นในช่วงร้อยละ 45 - 65 69
4.40 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่และอุณหภูมิในช่วง 60 - 101 °C 71
4.41 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิในช่วง 60 - 101 °C 72
4.42 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 74
4.43 ค่าเฉลี่ยค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำที่ความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ 74
4.44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 75
4.45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 75
4.46 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและความชื้นในช่วงร้อยละ 50 - 70 77
4.47 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำและความชื้นในช่วงร้อยละ 45 - 65 78
4.48 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่และอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง -30.1 °C 80
4.49 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง -30.1 °C 81

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพตัดขวางของ specific heat calorimeter	5
2.2	รูปพื้นฐานของ guarded plate สำหรับหาค่าความร้อนจำเพาะ	7
2.3	Thermal conductivity probe	9
2.4	Thermal conductivity probe สำหรับหาค่าสภาพแพร่ความร้อน	11
2.5	Thermal diffusivity tube สำหรับหาค่าสภาพแพร่ความร้อน	12
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการแพร่ความร้อน	12
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง logarithm ของ temperature ratio กับเวลา	13
4.1	แคลอรี่มิเตอร์ที่ประกอบขึ้นใช้ในการทดลอง	27
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 °C)	31
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 °C)	32
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิ 60 - 100 °C	33
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิ 60 - 100 °C	34
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 °C)	39
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้า ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 °C)	40
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยไข่ใน ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 °C)	42

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความร้อนจำเพาะของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 °C) 43
4.10 Thermal conductivity probe ที่ประกอบขึ้นใช้ในการทดลอง 45
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 °C) 49
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 100 °C) 50
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิ 60 - 100 °C 52
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิ 60 - 100 °C 53
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 °C) 58
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-30 ถึง -10 °C) 59
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 °C 61
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 °C 62
4.19 Thermal diffusivity tube ที่ประกอบขึ้นใช้ในการทดลอง 64
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิสูง (60 - 101 °C) 68
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิสูง (60 -101 °C) 69
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ในช่วงอุณหภูมิ 60 - 101 °C 71

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพแพร่ความร้อนของ
กล้วยน้ำว้าในช่วงอุณหภูมิ 60 - 101 °C 72
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่
ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 77
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้า
ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ 78
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยไข่ใน
ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0 ถึง -30.1 °C) 80
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้าใน
ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0 ถึง -30.1 °C) 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์

			หน่วย
A	=	ความชันของกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลง ระหว่างอุณหภูมิที่ผนังด้านนอกของ thermal diffusivity tube กับเวลา	°C/min.
β	=	Dimensionless parameter	
C_p	=	ความร้อนจำเพาะของสาร	cal/g °C
C_{pc}	=	ความร้อนจำเพาะของตัวอย่าง	cal/g °C
C_{pk}	=	ความร้อนจำเพาะของ calorimeter	cal/g °C
C_{pw}	=	ความร้อนจำเพาะของน้ำ	cal/g °C
H_k	=	ความจุความร้อนของ calorimeter	cal/°C
I	=	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย	Ampare
k	=	สภาพนำความร้อน	W/m K
M	=	ร้อยละของปริมาณความชื้น	-
m	=	ความชันของกราฟเส้นตรง (dT / d(ln t))	°C/s
Q	=	ปริมาณความร้อน	W
r	=	รัศมีภายในของ thermal diffusivity tube	m
T	=	อุณหภูมิ	°C
ΔT	=	ผลต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิของ thermocouple ทั้งสอง ที่อุณหภูมิเริ่มต้นกับอุณหภูมิ ณ เวลา t	°C
T_{fc}	=	อุณหภูมิ ณ สภาวะสมดุลของตัวอย่าง	°C
T_{fk}	=	อุณหภูมิ ณ สภาวะสมดุลของ calorimeter	°C
T_{fw}	=	อุณหภูมิ ณ สภาวะสมดุลของน้ำ	°C
T_{oc}	=	อุณหภูมิ ณ สภาวะเริ่มต้นของตัวอย่าง	°C
T_{ok}	=	อุณหภูมิ ณ สภาวะเริ่มต้นของ calorimeter	°C
T_{ow}	=	อุณหภูมิ ณ สภาวะเริ่มต้นของน้ำ	°C
t	=	เวลา	min.
t_f	=	เวลา ณ.จุดสมดุล	min.

			หน่วย
V	=	ความต่างศักย์	volt.
W	=	น้ำหนักสาร	g
W_c	=	น้ำหนักของตัวอย่าง	g
W_k	=	น้ำหนักของ calorimeter	g
W_w	=	น้ำหนักของน้ำ	g
X_f	=	สัดส่วนโดยน้ำหนักของไขมัน	-
X_m	=	สัดส่วนโดยน้ำหนักของความชื้น	-
X_s	=	สัดส่วนโดยน้ำหนักของของแข็ง	-
Z	=	การสูญเสียความร้อนหรือการได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมขณะทดลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(C_{pw}.W_w + C_{pk}.W_k + C_{pc}.W_c)\ (dT/dt)t_f$ โดย dT/dt = ความชันของเส้นตรงช่วงหลังจากสภาวะสมดุล	
α	=	สภาพแพร่ความร้อน	m^2/s
ρ	=	ความหนาแน่น	g/cm^3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย