

สมบัติทางความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแช่บ๊วย



นายสรายุทธ ชำนิกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-583-904-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**THERMAL PROPERTIES OF GIANT TIGER PRAWN (*Penaeus monodon* Fabricius)
AND BANANA PRAWN (*Penaeus merguensis* de Man)**

MR. SARAYOUT CHUMNIKUL

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 974-583-904-3



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สรวยุทธ ชำนิกุล: สมบัติทางความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย (THERMAL PROPERTIES OF GIANT TIGER PRAWN (*Penaeus monodon* Fabricius) AND BANANA PRAWN (*Penaeus merguensis* de Man)) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ชัยยุทธ ัญญพิทยากุล, ผศ.ดร. กัลยา เลานสงคราม, ผศ.ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, 86 หน้า, ISBN 974-583-904-3

งานวิจัยนี้เน้นศึกษาการสร้างและปรับปรุงอุปกรณ์สำหรับหาค่าสมบัติทางความร้อนของกุ้งให้เหมาะสม และศึกษาผลของพันธุ์ (*Penaeus monodon* Fabricius และ *Penaeus merguensis* de Man) วิธีการแช่แข็ง (โดยใช้วิธี air-blast freezing และ dry-ice freezing) และ อุณหภูมิ (-30 ± 1 - -18 ± 1 และ -10 ± 1 องศาเซลเซียส) ที่มีต่อสมบัติทางความร้อนซึ่งได้แก่ สภาพนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ และสภาพแพร่ความร้อนและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติทางความร้อนของกุ้งกับพันธุ์ วิธีการแช่แข็ง และอุณหภูมิโดยหาค่าสภาพนำความร้อนด้วยวิธี thermal conductivity probe ค่าความร้อนจำเพาะด้วยวิธี modified method of mixture และค่าสภาพแพร่ความร้อนด้วย thermal diffusivity plate ค่าสภาพนำความร้อน ค่าความร้อนจำเพาะ และสภาพแพร่ความร้อนในช่วงแช่แข็งของกุ้งกุลาดำที่แช่แข็งด้วยวิธี air-blast freezing มีค่าเท่ากับ 1.109 - 1.288 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน 0.423 - 1.148 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส และ 5.116×10^{-7} - 6.942×10^{-7} เมตร²/วินาที ตามลำดับ และกุ้งกุลาดำที่แช่แข็งด้วยวิธี dry-ice freezing มีค่าเท่ากับ 1.066 - 1.291 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน 0.433 - 1.147 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส และ 5.837×10^{-7} - 7.851×10^{-7} เมตร²/วินาที ตามลำดับ สำหรับค่าสภาพนำความร้อน ค่าความร้อนจำเพาะ และค่าสภาพแพร่ความร้อนในช่วงแช่แข็งของกุ้งแชบ๊วยที่แช่แข็งด้วยวิธี air-blast freezing มีค่าเท่ากับ 1.116 - 1.304 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน 0.516 - 1.206 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส และ 5.908×10^{-7} - 7.141×10^{-7} เมตร²/วินาที และกุ้งแชบ๊วยที่แช่แข็งด้วยวิธี dry-ice freezing มีค่าเท่ากับ 1.122 - 1.313 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน 0.509 - 1.198 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส และ 5.942×10^{-7} - 7.800×10^{-7} เมตร²/วินาที ตามลำดับ ค่าสภาพนำความร้อนและค่าสภาพแพร่ความร้อนมีความสัมพันธ์แบบ polynomial กับพันธุ์ วิธีการแช่แข็ง และอุณหภูมิ ส่วนค่าความร้อนจำเพาะมีความสัมพันธ์แบบ polynomial กับพันธุ์และอุณหภูมิ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C326710: MAJOR FOOD TECHNOLOGY

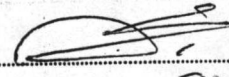
KEY WORD: THERMAL PROPERTIES / GIANT TIGER PRAWN / BANANA PRAWN SARAYOUT CHUMNIKUL: THERMAL PROPERTIES OF GIANT TIGER PRAWN (*Penaeus monodon* Fabricius) AND BANANA PRAWN (*Penaeus merguensis* de Man) THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAIYUTE THUNPITHAYAKUL, Ph.D., ASST. PROF. KALAYA LAOHASONGKRAM, Ph.D., ASST. PROF. SAIWARUN CHAIWANICH SIRI, Ph.D. 86 pp. ISBN 974-583-904-3

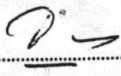
This research focused on; firstly, designing and improving the proper equipment for measuring the thermal conductivity (k), specific heat (C_p) and thermal diffusivity (α) of giant tiger prawn and banana prawn and secondly, studying the effects of breeds (*Penaeus monodon* Fabricius and *Penaeus merguensis* de Man), freezing methods (air-blast freezing and dry-ice freezing) and temperatures (-30 ± 1 , -18 ± 1 and -10 ± 1 °C) on their thermal properties. The k , C_p and α were measured by thermal conductivity probe, modified method of mixture and thermal diffusivity plate, respectively. The corresponding k , C_p and α of giant tiger prawn frozen by air-blast freezing were 1.109 - 1.288 W/m K, 0.423 - 1.148 cal/g °C, and 5.116×10^{-7} - 6.942×10^{-7} m²/s while the giant tiger prawn frozen by dry-ice freezing were 1.066 - 1.291 W/m K, 0.433 - 1.147 cal/g °C, and 5.837×10^{-7} - 7.851×10^{-7} m²/s respectively. The values of k , C_p and α of banana prawn frozen by air-blast freezing were 1.116 - 1.304 W/m K, 0.516 - 1.206 cal/g °C, and 5.908×10^{-7} - 7.141×10^{-7} m²/s and those of banana prawn frozen by dry-ice freezing were 1.122 - 1.313 W/m K, 0.509 - 1.198 cal/g °C, and 5.942×10^{-7} - 7.800×10^{-7} m²/s, respectively. The k and α were found to be polynomial functions with breeds, freezing methods and temperature, while the C_p was found to be polynomial functions with breeds and temperature.

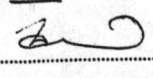
ภาควิชา..... เทคโนโลยีทางอาหาร

สาขาวิชา..... เทคโนโลยีการอาหาร

ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิสิต..... 


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

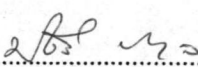
หัวข้อวิทยานิพนธ์ สมบัติทางความร้อนของกึ่งกลาคำและกึ่งแซบวัย
โดย นายสรายุทธ ชำนิกุล
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธีญพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลานสงคราม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ




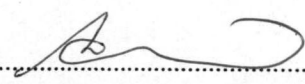
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

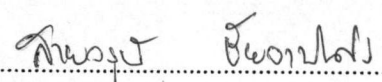

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัย)

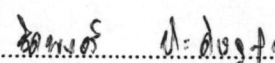
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธ์ ปานกุล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธีญพิทยากุล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลานสงคราม)


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


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชิตพงศ์ ประดิษฐ์สุวรรณ)



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธีรพิทยากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาสงคราม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณอวยพร สีสลากกร และ คุณนิวัติ ธีรวัฒน์ ที่ได้ช่วยสร้างเครื่องมือในงานวิจัยนี้ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ คุณสมาน ศรีชัยธำรง และ คุณสุรราช อินท่ามา แห่งบริษัท ลิควิศ การ์บอนิค ประเทศไทย จำกัด ที่ได้ช่วยเหลือในเรื่องน้ำแข็งแห้งมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและทุนสภาวิจัยที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนอุดหนุนการวิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน และน้องๆ นิสิตปริญญาโททุกท่านที่ช่วยระดมทุนทำการศึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่สนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาจนสำเร็จการศึกษา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ร

บทที่

1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
- การวัดสมบัติทางความร้อนของอาหารทะเล	3
- ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติทางความร้อนของอาหารทะเล	26
- กุ้ง	28
3. วิธีการทดลอง	32
- ทฤษฎีและสมมติฐานการทดลอง	32
- ลักษณะของเครื่องมือสำหรับหาสมบัติทางความร้อนของกุ้ง	33
- ตัวอย่าง	39
- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	39
- การเตรียมตัวอย่าง	39
- วิธีการทดลองหาสมบัติทางความร้อน	40
- ขอบเขตในการศึกษาสมบัติทางความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย	42
- วิเคราะห์ผลทางสถิติ	43
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	44
- องค์ประกอบทางเคมีของกุ้ง	44
- การตรวจสอบเครื่องมือในการหาสมบัติทางความร้อนของกุ้ง	45
- ผลของพันธุ์ วิธีการแช่แข็งและอุณหภูมิต่อสมบัติทางความร้อนของกุ้ง	47

บทที่ (ต่อ)	หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	69
- สรุปผลการทดลอง	69
- ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก ก	78
ภาคผนวก ข	79
ภาคผนวก ค	83
ประวัติผู้เขียน	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำความร้อนและความหนาแน่นขององค์ประกอบต่างๆ ในอาหารกับอุณหภูมิ 4
2.2	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางความร้อนของอาหารทะเลบางชนิดกับองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร 27
2.3	สมการหรือค่าสมบัติทางความร้อนกึ่ง 31
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งกุลาดำ 44
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้งแชบ๊วย 45
4.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของพันธุ์ วิธีการแช่แข็งและอุณหภูมิต่อค่าสภาพนำความร้อนของกุ้ง 47
4.4	ค่าเฉลี่ยสภาพนำความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วยแช่แข็งที่แช่แข็งด้วยวิธี air-blast freezing หรือวิธี dry-ice freezing ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส 51
4.5	สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วยที่แช่แข็งด้วย วิธี air-blast freezing หรือ วิธี dry-ice freezing ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส 55
4.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของพันธุ์ วิธีการแช่แข็งและอุณหภูมิต่อค่าความร้อนจำเพาะของกุ้ง 56
4.7	ค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วยแช่แข็งที่แช่แข็งด้วยวิธี air-blast freezing หรือวิธี dry-ice freezing ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส 57
4.8	สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วยที่แช่แข็งด้วยวิธี air-blast freezing หรือวิธี dry-ice freezing ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส 61
4.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของพันธุ์ วิธีการแช่แข็งและอุณหภูมิต่อค่าสภาพแพร่ความร้อนของกุ้ง 62

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

<p>4.10 ค่าเฉลี่ยสภาพแปรความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วยแช่แข็งที่แช่แข็งด้วยวิธี air-blast freezing หรือวิธี dry-ice freezing ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส</p>	<p>65</p>
<p>4.11 สมการ regression ของค่าสภาพแปรความร้อนของกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วยที่แช่ แข็งด้วยวิธี air-blast freezing หรือวิธี dry-ice freezing ในช่วงอุณหภูมิ -30 ถึง -10 องศาเซลเซียส</p>	<p>68</p>

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพตัดขวางของ Parallel plate apparatus	6
2.2 Concentric sphere apparatus	7
2.3 ภาพตัดขวางของ concentric cylinder apparatus	8
2.4 การติดตั้งเครื่องมือในการวัดค่าสภาพนำความร้อนแบบ semi - steady state	10
2.5 ภาพตัดขวางของ thermal conductivity probe	12
2.6 ภาพตัดขวางของ Specific heat calorimeter	13
2.7 เครื่องมือที่ใช้หาค่าความร้อนจำเพาะโดยวิธีของ Moline และคณะ	15
2.8 รูปแบบของ Differential Scanning Calorimeter	16
2.9 DSC Thermogram สำหรับการคำนวณค่าความร้อนจำเพาะ	16
2.10 เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อนของตัวอย่างโดยวิธี Acalorimeter	18
2.11 ตำแหน่งของ thermocouple และ heater ในกล่องอะลูมิเนียม	19
2.12 เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยการวัด Temperature profiles	21
2.13 Thermal diffusivity tube สำหรับหาค่าสภาพแพร่ความร้อน	22
2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการแพร่ความร้อน	23
2.15 ตัวอย่าง slab ที่ใช้ในการทดลอง	25
2.16 เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยวิธี slab shape	25
2.17 ลักษณะของกึ่งกุลาดำ	29
2.18 ลักษณะของกึ่งแรมบิว	30
3.1 ภาพตัดขวางของ thermal conductivity probe	34
3.2 ภาพตัดขวางของแคลอริมิเตอร์	35
3.3 ลักษณะของ thermal diffusivity plate	37
3.4 ภาพตัดขวางของ thermal diffusivity plate	38
4.1 ผลของวิธีการแปรแรงต้อค่าสภาพนำความร้อนของกึ่งกุลาดำในช่วงอุณหภูมิ -30±1 -18±1 และ -10±1 องศาเซลเซียส	49

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

4.2	ผลของวิธีการแช่แข็งต่อค่าสภาพนำความร้อนของกุ้งแช่บ๊วยในช่วงอุณหภูมิ -30±1 -18±1 และ -10±1 องศาเซลเซียส	50
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำความร้อนกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ของกุ้งกุลาดำ	53
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำความร้อนกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ของกุ้งแช่บ๊วย	54
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนจำเพาะกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ของกุ้งกุลาดำ	59
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนจำเพาะกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ของกุ้งแช่บ๊วย	60
4.7	ผลของวิธีการแช่แข็งต่อค่าสภาพแพร่ความร้อนของกุ้งกุลาดำในช่วงอุณหภูมิ -30±1 -18±1 และ -10±1 องศาเซลเซียส	63
4.8	ผลของวิธีการแช่แข็งต่อค่าสภาพแพร่ความร้อนของกุ้งแช่บ๊วยในช่วงอุณหภูมิ -30±1 -18±1 และ -10±1 องศาเซลเซียส	64
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพแพร่ความร้อนกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ของกุ้งกุลาดำ	66
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพแพร่ความร้อนกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-30 ถึง -10 องศาเซลเซียส) ของกุ้งแช่บ๊วย	67

คำอธิบายสัญลักษณ์

- A = พื้นที่หน้าตัดของการถ่ายโอนความร้อน
- B = ความชันของกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลง ระหว่างอุณหภูมิที่ผนังด้านนอกของ thermal diffusivity tube กับเวลา
- C_e = Euler's constant (0.5772157)
- C_p = ความร้อนจำเพาะ
- C_{pa} = ความร้อนจำเพาะของอะลูมิเนียม
- C_{pb} = ความร้อนจำเพาะของของเหลวใน chamber B
- C_{ps} = ความร้อนจำเพาะของตัวอย่าง
- C_{pt} = ความร้อนจำเพาะของ stainless steel
- C_{pw} = ความร้อนจำเพาะของน้ำ
- C_p' = ความร้อนจำเพาะของสารมาตรฐานอ้างอิง
- D_s = ความหนาของตัวอย่าง
- D_r = ความหนาของสารมาตรฐานอ้างอิง
- d = deflection สำหรับตัวอย่าง
- d' = deflection สำหรับสารมาตรฐานอ้างอิง
- dT/dt = ความชันของกราฟเส้นตรงช่วงหลังจากภาวะสมดุล
- E = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียหรือได้รับจากสิ่งแวดล้อมระลอก
- f = ค่าความชันของ heating curve
- H_c = ความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์
- I = กระแสไฟฟ้าที่ให้
- k = ค่าสภาพนำความร้อน
- k_r = สภาพนำความร้อนของสารมาตรฐานอ้างอิง
- k_s = สภาพนำความร้อนของตัวอย่าง
- L = ความยาวทรงกระบอก
- M_A = น้ำหนักของภาชนะบรรจุอะลูมิเนียม
- M_b = น้ำหนักของภาชนะบรรจุ (empty pan)
- M_s = น้ำหนักของตัวอย่างและภาชนะบรรจุ

- M_{st} = น้ำหนักของสารมาตรฐานอ้างอิงและภาชนะบรรจุ
 m' = มวลของสารมาตรฐานอ้างอิง
 m = มวลของตัวอย่าง
 Q = ปริมาณความร้อน
 q' = ปริมาณความร้อนต่อหน่วยความยาว
 R = ความต้านทานของขดลวดให้ความร้อน
 r = รัศมี
 s = ความชันของกราฟเส้นตรง ($dT/d(\ln t)$)
 T = อุณหภูมิ
 T_c = อุณหภูมิเริ่มต้นของแคลอริมิเตอร์
 T_e = อุณหภูมิสุดท้าย
 T_f = อุณหภูมิ ณ จุดสมดุล
 T_r = อุณหภูมิที่ผนังด้านนอกของ thermal diffusivity tube
 T_o = อุณหภูมิเริ่มต้น
 T_s = อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวอย่าง
 T_{sf} = อุณหภูมิของของเหลวใน chamber B ที่เวลา t
 T_{so} = อุณหภูมิของของเหลวใน chamber B ที่เวลาเริ่มต้น
 T_3 = อุณหภูมิของผิวตัวอย่างที่ติดกับ chamber A ในเวลา t
 T_4 = อุณหภูมิของผิวตัวอย่างที่ติดกับ chamber B ในเวลา t
 T_t = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการกวนของ stirrer ในเวลา t
 T_w = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ
 t = เวลา
 t_f = เวลา ณ จุดสมดุล
 V = ความต่างศักย์ที่ใช้
 W = ปริมาณความร้อน
 W_w = น้ำหนักของน้ำ
 W_a = น้ำหนักของอะลูมิเนียม
 W_b = น้ำหนักของของเหลวใน chamber B
 W_s = น้ำหนักของตัวอย่าง

W_t = น้ำหนักของ stirrer ใน chamber B

W_w = น้ำหนักของน้ำ

x = ระยะทาง

x_i = อัตราส่วนโดยน้ำหนักขององค์ประกอบต่างๆในอาหาร 100 กรัม

Y = Dimensionless temperature ratio

α = ค่าสภาพแพร่ความร้อน

ρ = ความหนาแน่น