สมบัติทางความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดอง

นางสาวพิชญ์อร วนาอินทรายุธ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2536

ISBN 974-582-171-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018959.
เ๙๖๘๘๔๕๑

THERMAL PROPERTIES OF SQUID AND CUTTLE FISH

MISS PITCHA-ON WANA-INTARAYUDE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-582-171-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติทางความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดอง
โดย	นางสาวพิชญ์อร วนาอินทรายุธ
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ชิดพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พิชญ์อร วนาอินทรายุธ : สมบัติทางความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดอง (THERMAL PROPERTIES OF SQUID AND CUTTLE FISH) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล, ผศ.ดร.กัลยา เลาหสงคราม และ ผศ.ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, 113 หน้า. ISBN 974-582-171-3

ปลาหมึกเป็นผลิตภัณฑ์ประมงที่นิยมนำมาแช่แข็งเพื่อการส่งออก การทราบค่าสมบัติทางความร้อนของปลาหมึกในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งจึงมีความสำคัญต่อการหาเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและปรับปรุงเครื่องมือสำหรับหาค่าสมบัติทางความร้อนของปลาหมึกให้เหมาะสม และศึกษาผลของพันธุ์ (Loligo formosana และ Sepia pharaonis) ภาวะการละลาย (ผ่านการละลายและไม่ผ่านการละลาย) และอุณหภูมิ (-40±1, -30±1, -18±1 และ -10±1 องศาเซลเซียส) ที่มีต่อสมบัติทางความร้อนซึ่งได้แก่ความร้อนจำเพาะ สภาพนำความร้อน และสภาพแพร่ความร้อน และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติทางความร้อนของปลาหมึกกับพันธุ์ ภาวะการละลายและอุณหภูมิ

การหาค่าความร้อนจำเพาะด้วยวิธี modified method of mixture ค่าสภาพนำความร้อนด้วยวิธี Thermal conductivity probe และค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยใช้ thermal diffusivity plate พบว่า พันธุ์ ภาวะการละลาย และอุณหภูมิ มีผลต่อค่าความร้อนจำเพาะ สภาพนำความร้อน และสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึก โดยค่าความร้อนจำเพาะ ค่าสภาพนำความร้อน และค่าสภาพแพร่ความร้อน ในช่วงการแช่แข็งของปลาหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลายมีค่าเท่ากับ 0.481-1.146 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส 1.311-1.567 วัตต์ต่อเมตร องศาเคลวิน และ 2.761×10^{-7}-7.45×10^{-7} เมตร^{2}ต่อวินาที ตามลำดับ และปลาหมึกกล้วยที่ผ่านการละลายมีค่า 0.375-1.017 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส 1.156-1.394 วัตต์ต่อเมตร องศาเคลวิน และ 2.833×10^{-7}-8.8×10^{-7} เมตร^{2}ต่อวินาที ตามลำดับ สำหรับปลาหมึกกระดองที่ไม่ผ่านการละลายในช่วงแช่แข็งมีค่าความร้อนจำเพาะ ค่าสภาพนำความร้อน และค่าสภาพแพร่ความร้อน เท่ากับ 0.435-1.111 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส 1.279-1.523 วัตต์ต่อเมตร องศาเคลวิน และ 2.89×10^{-7}-8.492×10^{-7} เมตร^{2}ต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนปลาหมึกกระดองที่ผ่านการละลายในช่วงแช่แข็งมีค่า 0.426-1.066 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส 1.244-1.493 วัตต์ต่อเมตร องศาเคลวิน และ 2.90×10^{-7}-8.55×10^{-7} เมตร^{2}ต่อวินาที ตามลำดับ ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าสภาพนำความร้อน และค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกทั้งสองชนิดมีความสัมพันธ์แบบ polynomial กับ พันธุ์ ภาวะการละลาย และอุณหภูมิ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต พิชญ์อร วนาอินทรายุธ

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

##C326675 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: THERMAL PROPERTIES / SQUID / CUTTLE FISH
PITCHA-ON WANA-INTARAYUDE : THERMAL PROPERTIES OF SQUID AND CUTTLE FISH. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAIYUTE THUNPITHAYAKUL, Ph.D., ASST. PROF. KALAYA LAOHASONGKRAM, Ph.D., ASST. RPOF. SAIWARUN CHAIWANICHSIRI, Ph.D. 113 pp. ISBN 974-582-171-3

Squids and Cuttle fishs are the most popular frozen marine products for export. It is therefore necessary to know their thermal properties in the freezing range in order to calculate the applicable freezing time in process. This research focused on; first, designing and improving the proper equipment for measuring their specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of squid and cuttle fish and second, studying the effects of breeds (Loligo formosana and Sepia pharaonis), conditions of thawing (unthawed and thawed) and temperatures (-40±1, -30±1, -18±1 and -10±1 ℃) on their thermal properties. The third part was to determine the relationship between thermal properties and breeds, conditions of thawing and temperatures.

The specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of squid and cuttle fish were measured by modified method of mixture, the thermal conductivity probe and the thermal diffusivity plate, respectively. The corresponding specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of unthawed squid were 0.481-1.146 cal/g ℃, 1.311-1.567 W/m K and 2.761×10^{-7}-7.451×10^{-7} m^2/s while the thawed squid were 0.375-1.017 cal/g ℃, 1.156-1.394 W/m K and 2.833×10^{-7}-8.814×10^{-7} m^2/s. The values of specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of unthawed cuttle fish were 0.435-1.111 cal/g ℃, 1.279-1.523 W/m K and 2.891×10^{-7}-8.492×10^{-7} m^2/s and those of thawed cuttle fish were 0.426-1.066 cal/g ℃, 1.244-1.493 W/m K and 2.901×10^{-7}-8.554×10^{-7} m^2/s, respectively. The relationship between thermal properties of squid and cuttle fish and breeds, conditions of thawing and temperatures were found to be polynomial functions.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต พิพัชา วนาอินทรายุทธ์

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิยากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม และ ผู้ช่วยศาสตรา ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล และอาจารย์ ดร. ชิดพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ ที่ได้ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และได้เสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณนิวัติ ถิรวัฒน์ และ คุณพรเทพ เมฆารักษ์ภิญโญ ที่ได้ช่วยสร้างเครื่องมือในงานวิจัยนี้ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนอุดหนุนการวิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณบุญรัตน์ ไหมสุทธิสกุล และนิสิตปริญญาโททุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือ และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่สนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

คำอธิบายสัญญลักษณ์..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1..... 1

2. วารสารปริทัศน์..... 2

2.1 การวัดสมบัติทางความร้อนของอาหารทะเล..... 2

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติทางความร้อนของอาหารทะเล..... 29

2.3 ปลาหมึก..... 34

2.4 สมบัติทางความร้อนของปลาหมึก..... 38

3. วิธีการทดลอง..... 40

3.1 ทฤษฎีและสมมติฐานในการทดลอง..... 40

3.2 ลักษณะของเครื่องมือสำหรับหาสมบัติทางความร้อนของปลาหมึก..... 42

3.3 ตัวอย่าง..... 48

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี..... 48

3.5 การหาความหนาแน่นของตัวอย่าง..... 49

3.6 การเตรียมตัวอย่าง..... 49

3.7 วิธีการทดลองหาสมบัติทางความร้อน..... 50

3.8 ขอบเขตในการศึกษาสมบัติทางความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดอง..... 53

3.9 รวบรวมผลการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ..... 54

บทที่(ต่อ) หน้า

4. ผลการทดลองและวิจารณ์..... 55
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของปลาหมึก..... 55
4.2 การตรวจสอบเครื่องมือสำหรับหาสมบัติทางความร้อนของปลาหมึก.... 56
4.3 ผลของพันธุ์ ภาวะการละลาย และอุณหภูมิต่อสมบัติทางความร้อนของปลาหมึก..... 59
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 83
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 83
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 85
เอกสารอ้างอิง..... 86
ภาคผนวก ก..... 94
ภาคผนวก ข..... 95
ภาคผนวก ค..... 100
ภาคผนวก ง..... 104
ภาคผนวก จ..... 110
ประวัติผู้เขียน..... 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจำเพาะ (แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส)ขององค์ประกอบต่างๆในอาหารกับอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) 3

2.2 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำความร้อน (วัตต์/เมตร องศาเคลวิน) และความหนาแน่น(กรัม/มิลลิลิตร)ขององค์ประกอบต่างๆในอาหารกับอุณหภูมิ (องศาเคลวิน) 9

2.3 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางความร้อนของอาหารบางชนิดกับความชื้น... 30

2.4 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางความร้อนของอาหารทะเลบางชนิดกับไขมันโปรตีน 31

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของปลาหมึกกล้วยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม..... 36

2.6 องค์ประกอบทางเคมีของปลาหมึกกระดองในส่วนที่กินได้ 100 กรัม..... 37

2.7 สมการหรือค่าสมบัติทางความร้อนของปลาหมึก 39

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลาย..... 56

4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของพันธุ์ ภาวะการละลายและอุณหภูมิต่อค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึก..... 60

4.3 ค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 62

4.4 สมการ regression ของค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 63

4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของพันธุ์ ภาวะการละลาย และอุณหภูมิต่อค่าสภาพนำความร้อนของปลาหมึก..... 67

4.6 ค่าเฉลี่ยสภาพนำความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส).. 69

ตารางที่(ต่อ) หน้า

4.7 สมการ regression ของค่าสภาพนำความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส) 70

4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของพันธุ์ ภาวะการละลายและอุณหภูมิต่อค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึก 74

4.9 ค่าเฉลี่ยสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส) 76

4.10 สมการ regression ของค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลาย และที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส) 77

4.11 ค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ (17) 82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1 ก.	ภาพตัดขวางของ specific heat calorimeter	4
2.1 ข.	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของน้ำใน calorimeter	4
2.2 ก.	รูปแบบของ DSC	6
2.2 ข.	DSC Thermogram สำหรับการคำนวณค่าความร้อนจำเพาะ	6
2.3	เครื่องมือที่ใช้หาค่า ความร้อนจำเพาะโดยวิธีของ Moline	7
2.4	ภาพตัดขวางของ Parallel plate apparatus	11
2.5	Concentric sphere apparatus	12
2.6	ภาพตัดขวางของ Concentric cylinder apparatus	14
2.7	การติดตั้งเครื่องมือในการวัดค่าสภาพการนำความร้อนแบบ semi-steady state	16
2.8	ภาพตัดขวางของ thermal conductivity probe	18
2.9	ตำแหน่งของ thermocouple และ heater ใน aluminium plate	20
2.10	เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อนของตัวอย่างโดยวิธี Acalorimeter	22
2.11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสภาพแพร่ความร้อน	23
2.12	เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อน โดยการวัด temperature profile	24
2.13	ตัวอย่าง slab ที่ใช้ในการทดลอง	28
2.14	เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยวิธี slab shape	28
2.15	ลักษณะโครงสร้างของปลาหมึก	35
3.1	ภาพตัดขวางของแคลอริมิเตอร์	43
3.2	ลักษณะของ thermal conductivity probe	44
3.3	ลักษณะของ thermal conductivity plate	45
3.4	ลักษณะของ thermal diffusivity plate	47
3.5	เครื่องมือที่ใช้หาค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยวิธี slab ในการทดลอง	48

รูปที่(ต่อ) หน้า

4.1 ผลของอิทธิพลร่วมของพันธุ์และอุณหภูมิต่อค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกทั้งที่ไม่ผ่านการละลาย (ก) และที่ผ่านการละลาย(ข)ในช่วงอุณหภูติ่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 65

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 66

4.3 ผลของอิทธิพลร่วมของภาวะการละลายและอุณหภูมิต่อค่าสภาพนำความร้อนของปลาหมึกกล้วย(ก) และปลาหมึกกระดอง(ข) ในช่วงของอุณหภูติ่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 72

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลาย และที่ผ่านการละลายกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 73

4.5 ผลของอิทธิพลร่วมของพันธุ์ ภาวะการละลายและอุณหภูมิต่อค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกทั้งที่ (ก)ไม่ผ่านการละลาย และ (ข)ที่ผ่านการละลายในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ(-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส). 79

4.6 ผลของอิทธิพลร่วมของพันธุ์ ภาวะการละลายและอุณหภูมิต่อสภาพแพร่ความร้อนของ (ก) ปลาหมึกกล้วย และ (ข) ปลาหมึกกระดองในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ(-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส). 80

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลาย และที่ผ่านการละลายกับอุณหภูมิในช่วงอุณหภูติ่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (-40 ถึง -10 องศาเซลเซียส)..... 81

คำอธิบายสัญญลักษณ์

		หน่วย
A	= พื้นที่หน้าตัดของการถ่ายโอนความร้อน	m^2
C_e	= Euler's constant (0.5772157)	-
C_p	= ความร้อนจำเพาะ	$cal/g^\circ C$
C_{pA}	= ความร้อนจำเพาะของอะลูมิเนียม	$cal/g^\circ C$
C_{pB}	= ความร้อนจำเพาะของวัสดุที่ใช้ทำ chamber B	$cal/g^\circ C$
C_{pl}	= ความร้อนจำเพาะของของเหลวใน chamber B	$cal/g^\circ C$
C_{ps}	= ความร้อนจำเพาะของตัวอย่าง	$cal/g^\circ C$
C_{pt}	= ความร้อนจำเพาะของ stainless steel	$cal/g^\circ C$
C_{pw}	= ความร้อนจำเพาะของน้ำ	$cal/g^\circ C$
C_{pr}	= ความร้อนจำเพาะของสารมาตรฐานอ้างอิง	$cal/g^\circ C$
D	= ครึ่งหนึ่งของความหนา	m
D_s	= ความหนาของตัวอย่าง	m
D_r	= ความหนาของสารมาตรฐานอ้างอิง	m
d	= deflection สำหรับตัวอย่าง	J/s^2
d'	= deflection สำหรับสารมาตรฐานอ้างอิง	J/s^2
dT/dt	= ความชันของกราฟเส้นตรงช่วงหลังจากภาวะสมดุล	$^\circ C/s$
dT/dx	= ความแตกต่างของอุณหภูมิในทิศทางเดียวกับการถ่ายโอนความร้อน	$^\circ C/m$
E	= ปริมาณความร้อนที่สูญเสียหรือได้รับจากสิ่งแวดล้อมขณะทดลอง	cal
f	= ค่าความชันของ heating curve	$^\circ C/s$
H_c	= ค่าความจุความร้อน	$cal/^\circ C$
h	= สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิว	$W/m^2\ ^\circ C$
I	= กระแสไฟฟ้าที่ให้	Ampare
k	= ค่าสภาพนำความร้อน	$W/m^\circ C$
k_r	= สภาพนำความร้อนของสารมาตรฐานอ้างอิง	$W/m^\circ C$
k_s	= สภาพนำความร้อนของตัวอย่าง	$W/m^\circ C$
L	= ความยาวทรงกระบอก	m

		หน่วย
l	= ครึ่งหนึ่งของความยาวของตัวอย่าง	m
M_A	= น้ำหนักของภาชนะบรรจุอะลูมิเนียม	g
M_B	= น้ำหนักของภาชนะบรรจุ(empty pan)	g
M_r	= น้ำหนักของภาชนะบรรจุของสารมาตรฐานอ้างอิง	g
M_s	= น้ำหนักของภาชนะบรรจุของตัวอย่าง	g
m_r	= มวลของสารมาตรฐานอ้างอิง	g
m_s	= มวลของตัวอย่าง	g
P	= ตำแหน่งของ thermocouple ภายในตัวอย่าง	-
Q	= ปริมาณความร้อน	J/s
q'	= ปริมาณความร้อนต่อหน่วยความยาว	J/s m
R	= ความต้านทานของขดลวดให้ความร้อน	ohm
r	= รัศมี	m
s	= ความชันของกราฟเส้นตรง(dT/d(ln t))	°C/s
T	= อุณหภูมิ	°C
T_c	= อุณหภูมิเริ่มต้นของแคลอริมิเตอร์	°C
T_f	= อุณหภูมิสุดท้าย	°C
T_o	= อุณหภูมิเริ่มต้น	°C
T_s	= อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวอย่าง	°C
T_t	= อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการกวนของ stirrer ในเวลา t	°C
T_w	= อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ	°C
t	= เวลา	s
V	= ความต่างศักย์ที่ใช้	volt
W	= ปริมาณความชื้น	%
w_A	= น้ำหนักของอะลูมิเนียม	g
w_B	= น้ำหนักของ chamber B	g
w_l	= น้ำหนักของของเหลวใน chamber B	g

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		หน่วย
w_s	= น้ำหนักของตัวอย่าง	g
w_t	= น้ำหนักของ stirrer ใน chamber B	g
w_w	= น้ำหนักของน้ำ	g
x	= ระยะทาง	m
x_t	= อัตราส่วนโดยน้ำหนักขององค์ประกอบต่างๆในอาหาร 100 กรัม	-
Y	= Dimensionless temperature ratio	-
α	= ค่าสภาพแพร่ความร้อน	m^2/s
ρ_s	= ความหนาแน่น	g/m^3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย