

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การหาค่าพลังงานในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร
Enthalpy Estimation in Food and Food Product



T096637

นายกิตติพงษ์ จันทรกลาง
นายโกเมนทร์ ศรีปัญญา

ปพ.
ก674ก
2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 96637
วัน,เดือน,ปี..... - 4 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การหาค่าพลังงานในอาหาร และผลิตภัณฑ์อาหาร

(Enthalpy Estimation in Food and Food Products)

โดย

**นายกิตติพงษ์ จันทร์กลาง
นายโกเมนทร์ ศรีปัญญา**

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(

ดร. ส. อ.

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

()

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

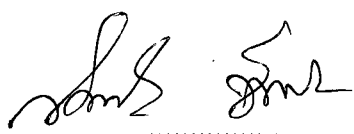
บทคัดย่อ

กิตติพงษ์ จันทร์กลาง และโกเมนทร์ ศรีปัญญา . 2544 : การหาค่าพลังงานในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร (Enthalpy Estimation in Food and Food Products) . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ. จำนวนหน้า 78 หน้า

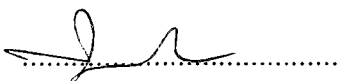
การรวบรวมและการคำนวณหาค่าคงที่ ได้แก่ ค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) และค่าการนำความร้อน (k) ของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารในครั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการวิเคราะห์ค่าพลังงานในกระบวนการการแปรรูปอาหาร โดยข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการของ Choi and Okos (1986) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าคงที่ (ค่า C_p และ k) ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารทั่ว ๆ ไป ซึ่งค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่ที่ได้จากการรวบรวมหนังสือ หรือวารสารต่าง ๆ

การวิเคราะห์ค่าพลังงานในกระบวนการแปรรูปอาหาร ได้เลือกศึกษากระบวนการแปรรูป 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความเย็น และ กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความเย็น ในผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน อุณหภูมิการแปรรูปต่างกัน ที่อุณหภูมิการแปรรูปต่ำกว่าจะใช้ค่าพลังงานในการแปรรูปสูงกว่า และในผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน อุณหภูมิการแปรรูปเดียวกัน ค่าพลังงานที่ใช้ในการแปรรูปจะมีค่าใกล้เคียงกัน

กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน ในผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน อุณหภูมิการแปรรูปเดียวกัน ค่าพลังงานที่ใช้ในการแปรรูปจะมีค่าใกล้เคียงกัน



ลายมือชื่อนักศึกษา



ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

18 ๕๒ ๔๔

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำเนิด สั่งสอน และอบรมให้มีความรู้ ตลอดจนพี่น้องทุกคนที่ให้กำลังใจสามารถก้าวมาถึงจุดๆนี้

ขอกราบขอบพระคุณท่าน ศศ.ดร.รุจิรา ดาปราบ ที่กรุณาสละเวลาให้เกียรติมาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ความรู้ และแนะแนวทางในการปฏิบัติ จนทำให้รายงานปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงออกมาได้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ สานธิสุข วีระชัยชยดี และท่านอาจารย์ ประมวล ศรีกาหลง ที่ให้เกียรติสละเวลามาเป็นคณะกรรมการ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในบางส่วนของรายงาน จนรายงานปัญหาพิเศษเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ นางสาวนิภาพร งามโลกกรวด สำหรับการสละเวลาบางส่วนมาช่วยพิมพ์รายงานปัญหาพิเศษ

กิตติพงษ์ จันทร์กลาง
โกเมนทร์ ศรีปัญญา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายการศึกษา	1
บทที่ 2. ทฤษฎี	2
2.1 นิยามและความหมายของค่าคงที่	2
2.2 ค่าคงที่เช่น ค่า C_p ของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร	3
2.3 การคำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะและค่าการนำความร้อน	3
บทที่ 3. การวิเคราะห์ค่าคงที่โดยการวิเคราะห์พลังงานในกระบวนการแปรรูป	60
3.1 การวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความเย็น	60
3.2 การวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน	68
3.3 สรุปผลการศึกษา	71
3.4 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1. แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล	7-26
ตารางที่ 1.1 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของผลไม้และผลิตภัณฑ์	7
ตารางที่ 1.2 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของผักและผลิตภัณฑ์	10
ตารางที่ 1.3 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์	12
ตารางที่ 1.4 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์	15
ตารางที่ 1.5 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของธัญพืชและผลิตภัณฑ์	17
ตารางที่ 1.6 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของนมและผลิตภัณฑ์	20
ตารางที่ 1.7 แสดงค่าการนำความร้อน (k) ของผลไม้และผลิตภัณฑ์	21
ตารางที่ 1.8 แสดงค่าการนำความร้อน (k) ของผักและผลิตภัณฑ์	22
ตารางที่ 1.9 แสดงค่าการนำความร้อน (k) ของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์	23
ตารางที่ 1.10 แสดงค่าการนำความร้อน (k) ของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์	24
ตารางที่ 1.11 แสดงค่าการนำความร้อน (k) ของธัญพืชและผลิตภัณฑ์	25
ตารางที่ 1.12 แสดงค่าการนำความร้อน (k) ของนมและผลิตภัณฑ์	26
ตารางที่ 2. แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ที่ได้จากการคำนวณ	28-58
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของผลไม้และผลิตภัณฑ์	28
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของผักและผลิตภัณฑ์	31
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์	40
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์	42
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของผลไม้เปลือกแข็ง พืชเมล็ด ถั่วเมล็ดแห้งและผลิตภัณฑ์	45
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของหัวของพืช	49
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของนม	50
ตารางที่ 2.8 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของไข่	51
ตารางที่ 2.9 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของอาหารจานเดียว	52
ตารางที่ 2.10 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของขนมหวาน	56
ตารางที่ 2.11 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของเครื่องปรุงรส	57
ตารางที่ 2.12 แสดงค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของ อื่น ๆ	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ในหน่วยกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมากต้องมีเรื่องของการถ่ายเทพลังงานความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องกับเสมอ เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็ง การลวก ซึ่งปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้หรือระยะเวลาของการให้ความร้อนแก่กระบวนการขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ส่วน คือ ปัจจัยภายนอก และปัจจัยภายใน

1. ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิวของวัตถุดิบที่ใช้ในหน่วยปฏิบัติการนั้นๆ ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้สามารถกำหนดตามความต้องการและสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในหน่วยของการเตรียมวัตถุดิบ

2. ปัจจัยภายใน เช่น ค่าความร้อนจำเพาะ(C_p) ,ค่าการถ่ายเทความร้อน(k) ซึ่งปัจจัยภายในนี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุดิบแต่ละชนิดซึ่งไม่สามารถกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงได้

เพราะฉะนั้นในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดจะต้องทราบและคำนึงถึงปัจจัยข้างต้นด้วยเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยเปล่าประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์

1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของค่าคงที่เช่น ค่า C_p, k ในอาหาร และผลิตภัณฑ์อาหาร
2. หาค่าคงที่เช่น ค่า C_p, k ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร โดยวิธีการคำนวณ
3. แสดงตัวอย่างการนำค่าคงที่เช่น ค่า C_p, k ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมาประยุกต์ใช้

ในงานอุตสาหกรรมเกษตร

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของค่าคงที่เช่น ค่า C_p, k ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร
2. การหาค่าคงที่เช่น ค่า C_p, k ในอาหาร โดยใช้วิธีการคำนวณ
3. การประยุกต์ค่าคงที่ เช่น C_p, k โดยการวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป

ในงานอุตสาหกรรมเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 นิยามและความหมายของค่าคงที่

2.1.1. ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศา มีหน่วยเป็น $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ ซึ่งมีความสำคัญในงานด้านอุตสาหกรรมเกษตร คือ

- การหาภาระทางความร้อน

ในหน่วยปฏิบัติการแปรรูปอาหาร โดยมากจะมีความร้อน หรือพลังงานที่รุนแรง ดังนั้น เอนทัลปีและความร้อนจำเพาะ จะเป็นตัวที่ใช้ในการคำนวณหาภาระทางความร้อนของหน่วยการแปรรูปนั้น

- การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ หรือ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี
- สถานะของน้ำในอาหาร

Mannheim และคณะ ค้นพบว่าที่ -70°C ขนบแข็งมีค่าความร้อนจำเพาะคงที่ และที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ค่าความร้อนจำเพาะจะแปรผันตามปริมาณที่มีในอาหาร เพราะฉะนั้นสถานะของน้ำในอาหารจึงสามารถบ่งบอกได้จากค่าความร้อนจำเพาะ

2.1.2 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หมายถึง อัตราความร้อนที่นำผ่านความหนาของวัตถุ 1 หน่วย เมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างระหว่างความหนานั้น 1 หน่วย มีหน่วยเป็น $\text{w/m} \cdot \text{K}$ มีความสำคัญคือ เป็นตัวบ่งบอก หรือควบคุมการเคลื่อนที่ไหลผ่านเข้าไปในอาหารในระหว่างกระบวนการแปรรูป เมื่อมีค่าของพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีการนำค่าการถ่ายเทความร้อน ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเกษตร ดังนี้

- การคำนวณระยะเวลาในการแปรรูป

ในการแปรรูปและการเก็บรักษาวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะมีเรื่องของการถ่ายเทความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การให้ความร้อน ,การทำความเย็น,การสเตอริไลซ์,การพลาสเจอร์ไรซ์, การแช่แข็ง และการลวก แล้วยังมีบางกระบวนการที่มีทั้งการถ่ายเทความร้อน และการถ่ายเทมวลเข้ามาเกี่ยวข้องเช่น การทำแห้ง,การทำให้เข้มข้น หรือ การระเหย,การสกัด และการล้าง

นอกจากนี้คุณสมบัติด้านอุณหภูมิของอาหารยังมีบทบาทสำคัญในด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในหน่วยกระบวนการแปรรูปอาหาร ในกระบวนการแปรรูปคุณสมบัติด้านอุณหภูมิมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสำคัญในด้านการคำนวณหาระยะเวลาของการสิ้นสุดขบวนการ เพื่อให้แน่ใจในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูปนั้น ซึ่งในการคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการแปรรูปทุกกระบวนการ ต้องทราบค่าการถ่ายเทความร้อนก่อนทุกครั้งเมื่อมีเรื่องของ การถ่ายเทพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง

- การหาปริมาณความร้อนที่ไหลผ่าน

การหาปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านนี้จะใช้ควบคู่ไปกับระยะเวลาในการคำนวณหรือควบคุมกระบวนการ สำหรับในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้อุณหภูมิสูงในระหว่างกระบวนการแปรรูป เช่น การทอด อาจทำให้เกิดไหม้บริเวณผิวของอาหารได้ จึงต้องมีการควบคุมปริมาณความร้อน และเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนให้พอเหมาะ

- การคำนวณคุณสมบัติทางด้านอุณหภูมิต

เช่น การแพร่ความร้อน(Thermal diffusivity), ประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางของความร้อน(Heat penetration coefficient)

2.2 ค่าคงที่ของ C_p และ k ของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร

ซึ่งได้ทำการแบ่งกลุ่มของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

- ผลไม้และผลิตภัณฑ์
- ผักและผลิตภัณฑ์
- เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์
- สัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์
- ธัญพืชและผลิตภัณฑ์
- นมและผลิตภัณฑ์

ซึ่งค่าคงที่ของ C_p และ k ของกลุ่มอาหารและผลิตภัณฑ์ได้แสดงไว้ในตาราง 1.1 , 1.2 , 1.3 , 1.4 ,1.5 และ 1.6 ตามลำดับ

2.3 การคำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)และค่าการนำความร้อน(k) โดยการคำนวณ

2.2.1 ความร้อนจำเพาะ (Specific heat)

การคำนวณค่าความร้อนจำเพาะ (Secific heat : C_p) ในอาหาร ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความร้อนจำเพาะ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำ

- ปริมาณส่วนประกอบของวัตถุดิบ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน, เกล็ด, แร่ธาตุ และ
- อุณหภูมิ

$$C_{avg} = P(C_{pp}) + F(C_{pf}) + C(C_{pc}) + Fi(C_{pfi}) + A(C_{pa}) + W(C_{pw}) \dots\dots\dots(\text{สมการ 2.1})$$

เมื่อ

C_{pp} : ค่าความร้อนจำเพาะของโปรตีน ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , P : สัดส่วนของโปรตีนต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

C_{pf} : ค่าความร้อนจำเพาะของไขมัน ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , F : สัดส่วนของไขมันต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

C_{pc} : ค่าความร้อนจำเพาะของคาร์โบไฮเดรต ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , C : สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

C_{pfi} : ค่าความร้อนจำเพาะของเส้นใยอาหาร ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , Fi : สัดส่วนของเส้นใยอาหารต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

C_{pa} : ค่าความร้อนจำเพาะของเถ้า ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , A : สัดส่วนของเถ้าต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

C_{pw} : ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , W : สัดส่วนของน้ำต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

ความสัมพันธ์ของค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ดังนี้

$$C_{pp} = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3} T - 1.3129 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_{pf} = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3} T - 4.8008 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_{pc} = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3} T - 5.9399 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_{pfi} = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3} T - 4.6509 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_{pa} = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3} T - 3.6817 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_{pw} = 4.0817 - 5.3062 \times 10^{-3} T + 9.9516 \times 10^{-4} T^2 \text{ เมื่อ } T = (-40) - 0^\circ\text{C}$$

$$= 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5} T + 5.4731 \times 10^{-6} T^2 \text{ เมื่อ } T = 0 - 150^\circ\text{C}$$

ที่มา: Chpi and Okos(1986)

2.3.2 ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity)

ในการคำนวณค่าการนำความร้อนในอาหาร ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อน

(Thermal conductivity) ได้แก่

- ปริมาณส่วนประกอบของวัตถุดิบ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน, เกล็ด, แร่ธาตุ และ ปริมาณน้ำ
- อุณหภูมิ

$$k_{avg} = P(k_p) + F(k_f) + C(k_c) + Fi(k_{fi}) + A(k_a) + W(k_w) \dots \dots \dots (\text{สมการ 2.2})$$

เมื่อ

k_p : ค่าการนำความร้อนของโปรตีน ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , P : สัดส่วนของโปรตีนต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

k_f : ค่าการนำความร้อนของไขมัน ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , F : สัดส่วนของไขมันต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

k_c : ค่าการนำความร้อนของคาร์โบไฮเดรต ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , C : สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

k_{fi} : ค่าการนำความร้อนของเส้นใยอาหาร ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , Fi : สัดส่วนของเส้นใยอาหารต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

k_a : ค่าการนำความร้อนของเถ้า ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , A : สัดส่วนของเถ้าต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

k_w : ค่าการนำความร้อนของน้ำ ($\text{kJ/kg}^\circ\text{K}$) , W : สัดส่วนของน้ำต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์

ความสัมพันธ์ของค่าการนำความร้อน (k) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ดังนี้

$$k_p = 1.79 \times 10^{-1} + 1.20 \times 10^{-3} T - 2.72 \times 10^{-6} T^2$$

$$k_f = 1.81 \times 10^{-1} - 2.76 \times 10^{-3} T - 1.77 \times 10^{-7} T^2$$

$$k_c = 2.01 \times 10^{-1} + 1.39 \times 10^{-3} T - 4.33 \times 10^{-6} T^2$$

$$k_{fi} = 1.83 \times 10^{-1} + 1.25 \times 10^{-3} T - 3.17 \times 10^{-6} T^2$$

$$k_a = 3.30 \times 10^{-1} + 1.40 \times 10^{-3} T - 2.91 \times 10^{-6} T^2$$

$$k_w = 5.71 \times 10^{-1} + 1.76 \times 10^{-3} T - 6.70 \times 10^{-6} T^2$$

ที่มา: Chpi and Okos(1986)

ซึ่งค่าคงที่ของ ค่าความร้อนจำเพาะ(C_p) และค่าการนำความร้อน(k) ของอาหารและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณสามารถแบ่งออกได้เป็น 12 กลุ่มดังนี้

- ผลไม้และผลิตภัณฑ์
- ผักและผลิตภัณฑ์
- เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์
- สัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์
- ผลไม้เปลือกแข็ง พืชเมล็ด ถั่วเมล็ดแห้ง และผลิตภัณฑ์
- ราก และหัวของพืช
- นม และผลิตภัณฑ์
- ไข่
- อาหารจานเดียว
- ขนมหวาน
- เครื่องปรุงรส
- อื่น ๆ

ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 2.1 , 2.2 , 2.3 , 2.4 , 2.5 , 2.6 , 2.7 , 2.8 , 2.9 , 2.10 , 2.11 และ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของผลไม้และผลิตภัณฑ์

Above Freezing	Xw	Temperature ($^{\circ}$ C)	Specific heat (kJ/kg $^{\circ}$ K)	Ref.
Apples	0.876-0.497	20-40	3.64-2.68	1
Apple juice	0.88	0-100	3.850	3
Apple sauce	-	0-100	3.730	3
Apricots	0.85-0.9	0-100	3.684	6
Avocados	0.740-0.442	21	3.39-2.39	1
Bananas	0.76	0-100	3.350	2
Babaca	0.923-0.715	21	3.89-2.89	1
Blackberries	0.85-0.9	0-100	3.684	6
Blueberries	0.83	0-100	3.600	2
Cantaloupe	0.85-0.9	0-100	3.936	6
Cranberries	0.85-0.9	0-100	3.768	6
Cherries	0.84	0-100	3.642	2
Grape	0.812-0.631	20-40	3.52-2.64	1
Grapefruit	0.114-0.014	20-40	1.71-1.37	1
Guava	0.866-0.507	20-40	3.56-2.51	1
Lemon	0.114-0.012	20-40	1.70-1.45	1
Lime	0.899-0.473	20-40	3.64-2.26	1
Mangoes	0.93	0-100	3.770	3
Mulberry	0.865-0.594	20-40	3.60-2.64	1
Muskmelon	0.939-0.766	20-40	3.77-2.97	1
Nectarine	0.866-0.442	20-40	3.60-2.60	1
Orange	0.831-0.013	20-40	3.52-1.36	1
Orange juice	0.87	0-100	3.890	3
Papayas	0.897-0.555	20-40	3.35-2.55	1
Pear	0.812-0.331	20-40	3.52-2.43	1
Peach	0.875-0.013	20-40	3.43-1.43	1
Pineapple	0.847-0.460	20-40	3.49-2.39	1
Plum	0.889-0.677	20-40	3.68-2.81	1
Prickly pear	0.846-0.537	20-40	3.64-2.85	1
Strawberries	0.91	0-100	3.805	3

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

Above Freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Watermelon	0.92-0.668	20-40	3.98-2.97	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(2) Follow,P.J. 1998.

(3) Edward,B.B.and et al.

(6) Potter,N.N. and et al.1998.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

Below Freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Apple	0.846	(-40)-(-6)	2.13-12.60	1
Apples	0.85-0.9	Below freezing	1.884	6
Apricots	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Avocados	0.85-0.9	Below freezing	1.675	6
Bananas	0.85-0.9	Below freezing	1.759	6
Blackberries	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Blueberries	0.83	(-40)-(-1)	1.884	2
Cherries	0.85-0.9	Below freezing	1.884	6
Cranberries	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Grape	0.85-0.9	Below freezing	1.842	6
Grapefruit	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Lemon	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Mangoes	0.85-0.9	Below freezing	1.842	6
Melon	0.85-0.9	Below freezing	2.001	6
Oranges	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Orange juice	0.89	(-40)-(-6)	1.93-11.42	1
		-5	15.690	1
		-4	23.560	1
Papayas	0.85-0.9	Below freezing	1.968	6
Pears	0.85-0.9	Below freezing	1.884	6
Pineapple	0.85-0.9	Below freezing	1.884	6

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(2) Follow,P.J. 1998.

(6) Potter,N.N. and et al.1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของผักและผลิตภัณฑ์

Above Freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Asparagus	0.92	0-100	3.940	2
Broccoli	0.911	4.4-15.6	2.97-3.68	1
Cabbage(dried)	0.054	0-100	2.176	1
Cabbage(fresh)	0.9-0.92	0-100	3.891	1
Cabbage(boiled)	0.97	0-100	4.1	1
Carrot (boiled)	0.92	0-100	3.766	1
Carrot(fresh)	0.9	4.4-15.6	3.87-3.81	1
Carrot (dried)	0.06	0-100	2.176	1
Cauliflower	0.907	4.4-15.6	3.975-3.72	1
Cucumber	0.961	4.4-21	3.85	1
Mushroom(fresh)	0.9	0-100	3.933	1
Onion	0.8-0.9	"	3.598-3.891	1
Onion(dried)	0.033	"	1.966	1
Parsley	0.65-0.95	"	3.180-4.058	1
Potatoes(boiled)	0.8215	53.6-59.2	3.52-3.46	1
Pumpkins	0.85-0.9	0-100	3.852	6
Spinach	0.85-0.9	0-100	3.766-3.933	1
Spinach(dried)	0.059	0-100	1.799	1
Sweet potato	0.85-0.9	0-100	3.14	6
Sweet potato(dried)	0.076	0-100	2.05	1
Tomatoes	0.94	0-100	3.98	2

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(2) Follow,P.J. 1998.

(6) Potter,N.N. and et al.1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 (ต่อ)

Below Freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Asparagus	0.92	(-40)-(-1)	2.010	2
Broccoli	0.911	(-40)-(-6)	1.88-6.65	1
Carrot	0.9	(-40)-(-6)	1.76-7.03	1
Cabbage	0.85-0.9	Below freezing	1.968	6
Cauliflower	0.907	(-40)-(-6)	1.76-3.73	1
Cucumber	0.961	(-40)-(-6)	1.88-5.69	1
Mushrooms	0.85-0.9	Below freezing	1.968	6
Onions	0.85-0.9	Below freezing	1.926	6
Tomatoes	0.94	(-40)-(-1)	2.01	2

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(2) Follow,P.J. 1998.

(6) Potter,N.N. and et al.1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 ตารางแสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

Above Freezing	Xw	Temperature ($^{\circ}$ C)	Specific heat (kJ/kg $^{\circ}$ K)	Ref.
Bacon	0.5	0-100	2.008	1
Beef(Boiled)	0.57	0-100	3.054	1
Beef(lean)	0.76	4-21	3.43	1
Beef(mince)	-	0-100	3.515	1
Bone	-	0-100	1.674-2.51	1
Chapati(cooked)	0.4116	55-62	1.96-1.93	1
Chapati(puffed)	0.3868	56-62	1.91-1.89	1
Chicken	0.74	0-100	3.31	3
Collagen	0.17	25	1.56-1.79	1
Egg,white	0.87	0-100	3.85	3
Egg yolk	0.48	0-100	2.85	3
Eggs(dried)	0.85-0.9	0-100	1.047-0.921	6
Ham and shoulders	0.85-0.10	0-101	2.428-2.638	6
Eggs(frozen)	0.85-0.10	0-101	3.098	6
Honey	0.85-0.9	0-100	1.46	6
Fat (beef)	0.51	0-100	2.887	1
Fat(port)	0.39	0-100	2.594	1
Goose	0.52	0-100	2.929	1
Kidney	-	0-100	3.598	1
Lamp	0.85-0.9	0-100	2.847-3.182	6
Mutton	0.9	0-100	3.891	1
Pork	0.85-0.9	0-100	2.012.261	6
Pork(lean)	0.57	0-100	3.054	1
Rat collagen	0.30-0.60	20	2.25-3.12	1
Sausage(fresh)	0.72	0-100	3.431	1
Veal	0.63	0-100	3.222	1
Veal (cutle)	0.72	0-100	3.431	1
Veal (cutle) fried	0.58	10-100	3.096	1
Venison	0.7	20	3.389	1
Beef	0.76	(-40)-(-12)	1.27-3.35	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้โดยไม่เสียค่าธรรมเนียมการคัด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 (ต่อ)

Below freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Beef (chuch)	-	(-170)-(-40)	1.01-2.05	1
Beef meat	0.74	(-40)-(-20)	2.01-2.43	1
	0.74	(-18)-(-10)	2.55-4.10	1
	0.74	(-9)-(-5)	4.6-10.8	1
	0.74	-4	15.77	1
	0.74	-3	26.61	1
	0.74	-2	57.49	1
	0.74	-1	224.39	1
	Calf veal	0.775	(-32)-(-4)	2.55-8.37
0.775		-3	13.39	1
0.775		-2	29.29	1
0.775		-1.1	83.69	1
Lamb kidney	0.789	(-32)-(-4)	3.18-8.37	1
	0.789	-3	13.39	1
	0.789	-2	29.29	1
	0.789	-1.1	83.69	1
Lamb kidney	0.798	(-32)-(-4)	3.18-20.08	1
	0.798	-3	30.12	1
	0.798	-2	50.21	1
	0.798	-1.1	209.2	1
Lamb loin(fat)	0.444	(-32)-(-4)	1.8-7.53	1
	0.444	-3	10.88	1
	0.444	-2	20.88	1
	0.444	-1.1	33.47	1
Lamb loin (lean)	0.649	(-32)-(-4)	2.47-12.97	1
	0.649	-3	20.92	1
	0.649	-2	46.02	1
Lamb loin (lean)	0.649	-1.1	96.23	1
Lamb loin (mod fat)	0.525	(-32)-(-4)	2.13-9.20	1
	0.525	-3	13.81	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 (ต่อ)

Below freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Lamb loin (mod fat)	0.525	-2	35.56	1
	0.525	-1.1	58.58	1
Lean beef	0.76	(-40)-(-5)	1.76-6.65	1
Rat Collagen	0.59	(-60)-(-20)	1.58-2.34	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(3) Edward,B.B.and et al.

(6) Potter,N.N. and et al.1998.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 ตารางแสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์

Above Freezing	Xw	Temperature ($^{\circ}$ C)	Specific heat (kJ/kg $^{\circ}$ K)	Ref.
Calamri(mantle)	0.8159	15-20	3.35	1
Calamri(tentacle)	0.8391	15-20	3.69	1
Calamri(wing)	0.8418	15-20	3.78	1
Cod fish	-	15-20	3.7	1
Cuttle(mantle)	0.8092	15-20	3.59	1
Cuttle(skim)	0.8699	15-20	3.79	1
Fish(fresh)	0.8	0-100	3.598	1
Fish(fried)	0.6	0-100	3.012	1
Fish(Dried,Salted)	0.16-0.2	0-100	1.715-1.841	1
King prawn(green)	0.7563	15-20	3.45	1
King prawn(tiger)	0.7649	15-20	3.41	1
Octopus(tentacle)	0.835	15-20	3.29	1
Red fish	0.847	4.4-21	3.39	1
Squid (tantacle)	0.826-0.83	15-20	3.58-3.53	1
Surimi	0.803	10-20	3.68-3.61	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 (ต่อ)

Below Freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (KJ/Kg°K)	REF
Cod frish	0.812	(-40)-(-4)	1.84	1
	0.812	-30	2.05-15.30	1
	0.812	-3	26.8	1
	0.812	-2	67.4	1
	0.812	-1	108.6	1
Gulf shrimp	0.763	-40	1.674	1
	0.763	-34.4	1.799	1
Gulf shrimp	0.763	(-30)-(-6)	1.93-6.74	1
Rod fish	0.763	(-40)-(-6)	1.72-5.06	1
Surimi	0.803	(-40)-(-4)	1.78-14.24	1
	0.803	-2	57.77	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.5 ตารางแสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของธัญพืชและผลิตภัณฑ์

Above Freezing	Xw	Temperature ($^{\circ}$ C)	Specific heat (kJ/kg $^{\circ}$ K)	Ref.
Black - eye pea	0.642-0.642	4.4	2.97	1
Bread (white)	0.44-0.45	0-100	2.72-2.845	1
Bread (brown)	0.48	0-100	2.845	1
Butter	0.14-0.155	0-100	2.05-2.134	1
Caird lentil	0.195	40-80	1.82-2.07	1
	0.258	10-80	1.73-2.19	1
Cartor oil	-	30-270	1.93-2.69	1
Calrose	0.118-0.208	"	1.66-1.95	1
Cron,yellow dent	0.1-0.3	25-30	1.532-2.461	5
Dough	-	0-100	1.883-2.176	1
Flour	0.12-0.135	0-100	1.799-1.883	1
Grain	0.15-0.2	0-100	1.883-2.008	1
Green snap bean	0.929	4.4	3.90	1
Lard	-	70-140	2.26-2.364	1
Lentil	0.12	0-100	1.841	1
Linseed oil	-	30-270	2.071-2.749	1
Mushroom (fresh)	0.9	0-100	3.933	1
Mushroom (dried)	0.3	0-100	2.343	1
Macaroni	0.125-0.135	0-100	1.841-1.883	1
Oats	0.1-0.3	25-30	1.11-1.277	5
Olive oil	-	70-140	2.072-2.153	1
Peal barley	-	0-100	2.803-2.845	1
Porridge (buckwheat)	-	0-100	3.222-3.766	1
Pea	-	0-100	4.1	1
Potato	0.88	0-100	3.933	1
Paddy rice - Inca	0.113-0.206	4-30	1.61-2.00	1
Pea (dried)	0.14	0-100	1.841	1
Potato	0.75	0-100	3.515	1
Potato (boiled)	0.8	0-100	3.64	1
Potato (dried)	0.016	27-66	1.715	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เพื่อการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางราชการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.5 (ต่อ)

Above Freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Potato (dried)	0.08	27-66	1.925	1
Peanut butter**	0.018	3-30	1.53-1.67	1
Peanut butter***	0.018	32-80	1.68-1.91	1
Rapidly cooled ****	0.018	3-74	1.66-1.88	1
Rape oil	-	70-140	1.974-2.061	1
Rice	0.105-0.135	0-100	1.757-1.841	1
Soybeans	0-0.379	"	1.58-2.34	1
Soybean oil	-	1-270	1.874-2.787	1
Soy flour	0.087-0.387	130	2.13-3.14	1
Soft wheat	0.077-0.203	Above freezing	1.45-2.19	1
Whole wheat flour	0.1053	57-59	1.85-1.81	1
Whole wheat dough	0.4537	52-63	1.81-2.03	1

** Slowly cooled cooking rate 0.1 °C/min melting point 19 °C

*** Slowly cooking cooling rate 0.1 °C/min

****cooling rate 4 °C/min, melting point 19 °C

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(5) Romeo,T.T. 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.5 (ต่อ)

Below freezing	Xw	Temperature (°C)	Specific heat (kJ/kg °K)	Ref.
Bean	0.889	(-40)-(-7)	1.63-5.44	1
Green Snap Bean	0.929	(-40)-(-6)	1.76-4.44	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(5) Romeo,T.T. 1999.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.6 ตารางแสดงค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)ของนมและผลิตภัณฑ์

Above Freezing	Xw	Temperature ($^{\circ}$ C)	Specific heat (kJ/kg K)	Ref.
Butter	0.14	0-100	2.05	3
Cheese	0.4	0-100	2.093	2
Cocoa	-	0-100	1.841	1
Cream	0.57-0.73	0-100	3.054-3.264	1
Cream ,sour	0.65	0-100	2.93	3
Cow milk	0.875	0-100	3.849	1
Cow milk (skim)	0.91	0-100	3.975-4.017	1
Cow milk(dried)	-	0-100	0.963	6
Ice cream	0.63	0-100	3.35	2
Milk skim	0.91	0-100	4.00	3

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(2) Follow,P.J. 1998.

(3) Edward,B.B.and et al.

(6) Potter,N.N. and et al.1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.7 แสดงค่าการนำความร้อน(k)ของผลไม้และผลิตภัณฑ์

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperrature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Apple (green)	0.885	790	28	0.422	1
Apple (red)	0.849	840	28	0.513	1
Apple juice	-	-	20-80	0.559-0.632	2
Applesauce	0.787	-	29	0.549	1
Apple pulp	0.886	-	Oct-50	0.556-0.647	1
Avocado	0.647	1060	28	0.429	1
Banana	0.757	980	27	0.481	1
Beet (red,detroit)	0.895	1530	28	0.601	1
Cantaloupe	0.928	930	28	0.571	1
Grapefruit (peeled)	0.904	950	26	0.549	1
Lemon (peeled)	0.918	930	28	0.525	1
Orange (peeled)	0.859	1030	28	0.58	1
Orange juice	0.96-0.61	-	20	0.562-0.301	1
Peach	0.885	930	28	0.581	1
Pear	0.868	1000	28	0.595	1
Pineapple	0.849	1010	27	0.549	1
Plum (blue)	0.886	1130	26	0.551	1
Shredded coconut	0.024-0.152	264-462	26.4	0.092-0.166	1
	0.024-0.512	264-462	48.7	0.095-0.228	1
	0.024	264	26-50	0.092-0.097	1
	0.024	264	27	0.097	1
	0.024	264	40.8	0.094	1
	0.024	264	41.4	0.099	1
	0.024	264	47.2	0.095	1
	0.156	292	24-50	0.114-0.124	1
	0.27	329	24-53	0.132-0.157	1
	0.512	462	29-63	0.157-0.21	1
	0.01	254-338	27	0.085-0.101	1
Strawberries	-	-	14-25	0.675	2
Squash	0.885	1000	25	0.517	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.8 แสดงค่าการนำความร้อน(k)ของผักและผลิตภัณฑ์

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperrature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Cherry tometos	0.923	1010	28	0.527	1
Carrot	0.923	-	25-130	0.517-0.664	1
Lime (peeled)	0.899	1000	28	0.49	1
Onion	0.873	970	28	0.574	1
Potato (recorded)	0.7-0.8	1127-1107	25-130	0.41-0.641	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.9 แสดงค่าการนำความร้อน(k)ของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperrature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Beef	0.400-0.800	800-1100	(-13)-90	1.330-0.550	4
Beef chuck steak (fresh)	0.058-0.634	-	10-70	0.400-0.600	1
Hoddock	-	-	-24	0.019	5
Lamp	-	-	(-15)-35	1.125-0.470	5
Meat paste	0.69	-	10-50	0.300-0.500	4
Muscle(human)	-	-	-	0.440	5
Pork	0.75	-	(-13)-19	1.3-0.45	4
Sausage mixture	0.65	-	25	0.410	5
Turkey	0.74	-	(-25)-3	1.68-0.502	4
Veal	0.75	-	-10	1.298	5

ที่มา:(1) Rahman,S.1995.

(4) Spiess,W.E.L. and et al.1989.

(5) Romeo.T.T. 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.10 แสดงค่าการนำความร้อน(k)ของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperrature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Calamari	0.039	366-722	20	0.073-0.112	1
Frish	0.77	-	Oct-40	0.443	1
King prawn	0.035-0.757	480-1080	20	0.075-0.485	1
Octopus	0.8	1070	20	0.5	1
Prawn	0.765	1077	20	0.501	1
Salmon	0.65	-	-25	1.3	5
Squid	0.046-0.800	680-1060	20	0.099-0.520	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1986.

(5) Romeo,T.T. 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.11 แสดงค่าการนำความร้อน(k)ของธัญพืชและผลิตภัณฑ์

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperrature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Butter	0.15	1000	5	0.197	5
Corn yellow dent	0.009-0.302	755	21	0.140-0.175	5
Corn starch gel	0.8-0.95	1020-1050	20-40	0.5-0.6	1
Defatted soy flour	0.045-0.3	500-1300	20-22	0.035-0.5	1
Defatted soy bean curd	0.8-0.9	930	1-20	0.45-0.60	1
Gelatinized starch gel					
98% amylopectin (at 120 C 40 min)	0.40-0.70	-	80-120	0.40-0.55	1
Dissolved with sucrose (sucrose weight ratio:4 for all moisture content)	0.50-0.75	-	80-120	0.55	1
Oat (dried)	0.099	-	0-40	0.064	2
Peas	-	700	-32	0.502	5
Peanut oil	-	-	4	0.168	5
Rice	0.1-0.17	-	-	0.010	5
Wheat	0.09-0.23	-	30	0.163	5

ที่มา:(1) Rahman,S.1995.

(2) Follow,P.J. 1998.

(5) Romeo,T.T. 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.12 แสดงค่าการนำความร้อน(k)ของนมและผลิตภัณฑ์

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Bric cheese	0.434	1090	0-40	0.3	1
Butter	0.165	910	0-20	0.2	1
Cheddar cheese	0.372	1090	0-40	0.3	1
Cheese spread	0.478	1130	0-40	0.38	1
Colby cheese	0.373	1050	0-40	0.3	1
Cream	0.604	990	0-20	0.35	1
Cream cheese	0.6	1010	0-40	0.4	1
Diet margarine	0.567	1070	0-20	0.35	1
Evaporated milk	0.77	1070	0-40	0.45	1
Filled evaporated milk	0.77	1080	0-40	0.46	1
Gjetost cheese	0.191	1230	0-40	0.38	1
Ice milk	0.686	1090	0-40	0.47	1
Margarine	0.16	960	0-20	0.2	1
Mozarella cheese	0.455	1140	0-40	0.36	1
Muenster cheese	0.443	1070	0-40	0.32	1
Monterey jack cheese	0.395	1090	0-40	0.32	1
Neufchatel cheese	0.652	1080	0-40	0.4	1
Pudding	0.724	1070	0-40	0.54	1
Port salute cheese	0.473	1060	0-40	0.34	1
Romano cheese	0.313	1210	0-40	0.3	1
Smoked cheese	0.451	1130	0-40	0.32	1
Sour cream	0.75	1000	0-40	0.5	1
Sweetened condensed mil	0.301	1310	0-40	0.33	1
Swiss cheese	0.352	1110	0-40	0.34	1
Whipped margarine	0.162	650	0-20	0.15	1
Skim milk	0.6-1	-	30	0.5-0.6	1
Skim milk curd	0.6-1	-	30	0.5-0.6	1
Skim milk powder	0.014	292	10-50	0.035-0.06	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Material	Xw	Density (kg/m ³)	Temperrature (°C)	Thermal conductivity (W/m °K)	Ref.
Skim milk powder	0.042	577	15-50	0.06-0.08	1
	0.04	577	20-50	0.08-0.1	1
Yoghurt	0.862	-	1-40	0.5-0.6	1
Whey	-	-	1.5	0.542	5
Whole milk powder	0.022	655	10-50	0.133	1
Whole milk (spray-dried)	0.031	512	10-45	0.03-0.07	1
	0.031	605	15-45	0.05-0.1	1

ที่มา:(1) Rahman,S.1995.

(5) Romeo,T.T. 1999.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของผลไม้ และผลิตภัณฑ์(Fruits)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
1	กล้วยไข่	Banana	62.8	1.5	0.2	32.9	0.4	1.9	0.7	3.5233	0.3566
2	กล้วยน้ำว้า	Banana	62.6	1.1	0.2	33.1	0.3	2.3	0.7	3.5131	0.3559
3	กล้วยหอม	Banana	66.3	0.9	0.2	29.8	0.3	1.9	0.9	3.6233	0.3654
4	กล้วยหักมุก	Banana	71.2	1.2	0.2	26.3	0.4	0.0	0.7	3.7694	0.3767
5	ขนุนละมุด	Jackfruit	70.3	1.3	0.4	26.1	1.0	0.0	0.9	3.7430	0.3746
6	เงาะ	Rambutan	82.9	0.9	0.1	14.5	1.1	0.0	0.5	4.1220	0.4050
7	เงาะโรงเรียน	Rambutan	81.0	1.0	0.3	15.7	0.6	1.6	0.3	4.0745	0.4008
8	เงาะสีชมพู	Rambutan	80.4	1.1	0.4	17.1	0.6	0.6	0.3	4.0573	0.3995
9	ชมพู่แก้วเหม๋ม	Java apple	95.7	0.3	0.0	3.4	0.4	0.0	0.2	4.5063	0.4361
10	ชมพู่แขกดำ		93.1	0.6	0.0	5.8	0.4	0.0	0.1	4.4298	0.4296
11	ชมพู่ขนาด	Roseapple	94.7	0.3	0.0	4.6	0.3	0.0	0.1	4.4763	0.4336
11	ชมพู่ขนาด	Roseapple	94.7	0.3	0.0	4.6	0.3	0.0	0.1	4.4763	0.4336
12	ชมพู่เมืองเพชร		92.8	0.5	0.0	5.5	0.4	1.1	0.1	4.4264	0.4295
13	ชมพู่สามแพรก	Malay-apple	91.7	0.3	0.1	6.5	1.0	0.0	0.4	4.3850	0.4265
14	ชมพู่สีชาด		94.6	0.4	0.0	4.4	0.4	0.0	0.2	4.4736	0.4334
15	แตงไทย	Vatue melon	96.5	0.2	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	4.4897	0.4330
16	แตงโมสุก	Water melon	98.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	4.5586	0.4394
17	ทุเรียนกระดุม	Durain	70.9	3.3	4.3	19.3	1.2	0.0	1.0	3.7890	0.3748
18	ทุเรียนก้านยาว	Durain	57.3	2.5	4.1	33.7	1.7	0.0	1.0	3.3760	0.3423
19	ทุเรียนชะนี	Durain	67.3	2.5	4.4	22.3	2.4	0.0	1.1	3.6750	0.3660
20	ทุเรียนรวง	Durain	64.6	2.7	4.6	26.3	0.7	0.0	1.1	3.5952	0.3597
21	ทุเรียนหมอนทอง	Durain	62.5	2.1	3.3	29.6	1.4	0.0	0.9	3.5200	0.3542
22	น้อยหน่า	Castard apple	75.2	1.4	0.2	19.9	1.2	2.7	0.6	3.9114	0.3881
23	ฝรั่งพันธุ์กลมสาดี	Guava	89.0	0.6	0.1	7.8	0.0	2.9	0.5	4.3193	0.4214
25	พุทราแอปเปิ้ล	Jujube	87.0	1.0	0.1	9.1	0.5	2.2	0.6	4.2546	0.4158
26	มะกอกฝรั่ง	Hog plum	86.3	0.8	0.0	11.1	1.2	0.0	0.6	4.2237	0.4134
27	มะขามเทศ	Madrasthorn	78.9	3.5	1.0	12.6	0.8	3.4	0.6	4.0337	0.3956
28	มะขามป้อม	Malaceatree	82.2	0.3	0.1	14.9	2.1	0.0	0.4	4.0972	0.4031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
29	มะขามหวาน	Tamarind	12.4	2.9	0.0	75.6	4.7	0.0	4.4	1.9883	0.2368
30	มะเฟือง	Carambola	90.0	0.4	0.1	7.8	0.9	0.0	0.8	4.3330	0.4228
31	มะไฟ	Rambai	88.2	0.7	0.3	9.6	0.9	0.0	0.3	4.2826	0.4177
32	มะปรางสุก	Gandaria	86.6	0.4	0.0	11.3	0.3	1.5	0.2	4.2361	0.4142
33	มะม่วงแก้ว ดิบ	Mango,unripe	81.0	0.5	0.2	15.7	0.5	2.4	0.2	4.0711	0.4007
34	มะม่วงแก้ว สุก	Mango,ripe	76.7	0.6	0.1	20.8	0.7	1.6	0.2	3.9443	0.3907
35	มะม่วงเขียวสะอาด ดิบ	Mango,unripe	84.3	0.7	0.1	14.0	0.4	0.0	0.5	4.1631	0.4086
36	มะม่วงทองคำ ดิบ	Mango,unripe	74.0	0.8	0.4	23.9	0.7	0.0	0.2	3.8538	0.3829
37	มะม่วงพรหมณี สุก	Mango,ripe	87.5	0.6	0.1	11.0	0.4	0.0	0.4	4.2597	0.4163
38	มะม่วงพิมเสนมัน ดิบ	Mango,unripe	77.5	1.0	0.5	18.9	0.7	1.8	0.3	3.9724	0.3926
39	มะม่วงพิมเสน สุก	Mango,ripe	83.9	1.0	0.2	14.1	0.5	0.0	0.3	4.1539	0.4072
40	มะม่วงแรด ดิบ	Mango,unripe	87.1	0.4	0.1	10.4	0.5	1.8	0.2	4.2549	0.4157
41	มะม่วงหนังกลางวัน	Mango,ripe	79.3	0.5	0.2	19.2	0.5	0.0	0.3	4.0113	0.3961
42	มะม่วงแก้วมัน ดิบ	Mango,unripe	81.7	0.7	0.1	16.9	0.4	0.0	0.2	4.0852	0.4018
43	มะม่วงอกร่อง สุก	Mango,ripe	80.1	0.9	0.2	17.2	0.5	1.1	0.5	4.0456	0.3990
44	มะละกอ ค่อนข้างสุก	Papaya,haft ripe	96.6	0.2	0.0	2.7	0.3	0.0	0.2	4.5329	0.4384
45	มะละกอ ดิบ	Papaya,unripe	93.1	0.6	0.1	4.2	0.9	0.0	1.1	4.4274	0.4307
46	มะละกอสุก	Papaya,ripe	86.9	0.8	0.3	11.3	0.5	0.0	0.2	4.2441	0.4144
47	มังคุด	Mangosteen	79.2	0.5	0.0	18.4	0.3	1.7	0.2	4.0126	0.3961
48	ละมุดไทย	Chico	77.3	0.3	0.8	15.6	2.5	5.6	0.4	3.9917	0.3949
49	ละมุดมะกอก		91.4	0.2	0.2	7.3	0.7	0.0	0.2	4.3762	0.4255
50	ลูกตาลอ่อน	Sugar-palm	88.5	0.5	1.0	9.0	0.5	0.0	0.5	4.2926	0.4186
51	ลูกหว้า	Jambolan	84.7	0.9	0.1	13.2	0.4	0.0	0.7	4.1760	0.4098
52	นางสาด	Lang-sat	82.9	0.9	0.1	15.3	0.3	0.0	0.5	4.1220	0.4051
53	ลิ้นจี่	Litchi,Ly-chee	85.2	0.9	0.1	13.1	0.1	0.0	0.6	4.1914	0.4109
54	ลำไย	Longan	72.4	1.0	0.5	25.2	0.4	0.0	0.5	3.8062	0.3793
55	ลำไยกะโหลก	Longan	80.2	0.9	0.1	14.0	0.2	0.0	4.6	4.0289	0.4038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
	Thai	English	grams								
56	ลำไยเบี้ยวเขียว	Longan	83.4	1.1	0.1	14.0	0.2	1.1	0.3	4.1422	0.4063
57	ส้มเกลี้ยง	Orange,sour	86.8	0.5	0.0	12.4	0.2	0.0	0.1	4.2383	0.4143
58	ส้มเขียวหวาน	Orange,sour	89.9	0.6	0.4	7.8	0.5	1.3	0.0	4.3427	0.4223
59	ส้มโอบางขุนนนท์	Pomelo	86.7	0.5	0.0	12.7	0.1	0.0	0.0	4.2355	0.4139
60	ส้มโอทองดี	pomelo	89.2	0.5	0.4	8.8	0.2	0.7	0.4	4.3149	0.4207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดง Cp และ k ของผักและผลิตภัณฑ์

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
1	กะหล่ำปลี	Cabbage,common	95.3	1.6	0.1	1.0	0.5	1.2	0.8	4.5093	0.4364
2	กระเจี๊ยบมอญ,ฝักอ่อน	Okra(Lady's finger)	93.2	1.5	0.2	3.7	0.8	0.0	0.6	4.4380	0.4301
3	กระเจี๊ยบเปรี้ยว, ใบ	Roselle (Red sorrel)	87.9	1.7	0.1	8.7	1.3	0.0	0.2	4.2779	0.4164
4	กระชาย	Wild ginger	86.2	1.3	0.8	9.2	1.0	0.0	1.3	4.2219	0.4134
5	กระถิน,ยอดอ่อน	Leadtrees,tender tips	80.7	8.4	0.9	5.0	3.8	0.0	1.2	4.1050	0.3982
6	ข่าอ่อน,หน่อ	Galangal,shoot	94.5	1.6	0.4	1.9	0.9	0.0	0.8	4.4798	0.4337
7	ข่าอ่อน,หัว	Galangal,tubur	93.7	1.3	0.3	3.1	1.1	0.0	0.6	4.4538	0.4315
8	ข้าวโพดอ่อน	corn,young	91.8	2.3	0.3	3.2	0.6	2.1	0.3	4.4116	0.4270
9	ขิงแก่	Ginger,mature	93.5	0.4	0.6	4.4	0.8	0.0	0.3	4.4424	0.4306
10	ขิงอ่อน	Ginger,young	96.5	0.5	0.3	1.9	0.6	0.0	0.4	4.5356	0.4386
11	ขมิ้นขาว	Curcuma,white	93.9	0.5	0.5	3.8	0.8	0.0	0.3	4.4515	0.4312
12	ขนุนอ่อน	Jackfruit,young	88.4	1.6	1.0	1.7	2.0	6.7	0.7	4.3298	0.4212
13	ขี้เหล็ก,ดอก	Cassia,flower	74.7	4.9	0.4	14.3	4.3	0.0	1.3	3.8968	0.3842
14	ขี้เหล็ก,ใบ	Cassia,leaves	57.8	7.7	1.9	22.8	3.7	8.2	1.6	3.4690	0.3487
15	ขึ้นฉ่าย	Celery	93.3	1.6	0.5	0.5	0.9	2.6	1.5	4.4548	0.4328
16	คูน		95.9	0.5	0.1	1.5	0.8	0.0	1.2	4.5113	0.4378
17	แค,ดอก	Sesbania,flower	90.1	2.1	0.2	0.0	1.3	7.2	0.7	4.3734	0.4244
18	แค,ยอด	Sesbania,tender tips	74.4	8.3	2.6	7.7	2.7	5.1	1.9	3.9616	0.3880
19	แครอท	Carrot	89.7	1.6	0.4	6.8	1.0	0.0	0.4	4.3323	0.4210
20	จิก,ยอด		85.5	3.7	0.3	8.4	1.3	0.0	0.9	4.2201	0.4113
21	จำปานา		90.5	2.8	0.5	4.6	0.9	0.0	0.9	4.3681	0.4240
22	ชะอม ยอด	Cha-om	79.7	9.5	0.6	3.5	5.7	0.0	1.0	4.0812	0.3949

เอกสารนี้เป็นเอกสารทวงวนเวลาหรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
23	ดอกกะหล่ำ	Cauliflower	96.4	1.0	0.1	1.6	0.5	0.0	0.4	4.5318	0.4379
24	ดอกกุยฉ่าย	Chinese leek, flower	91.9	2.5	0.3	2.5	1.2	2.3	0.5	4.4250	0.4285
25	ดอกขจร	Cowslip creeper	80.5	5.0	1.1	10.5	1.6	0.0	1.3	4.0775	0.3989
26	ดอกจิวแดง,แห้ง		17.7	6.6	1.4	54.6	14.9	0.0	4.9	2.1784	0.2476
27	ดอกต้นหอม	Onion, flower	94.7	1.0	0.1	3.1	0.7	0.0	0.4	4.4804	0.4337
28	ดอกด่างป่า		83.7	3.1	0.8	7.6	2.6	0.0	2.2	4.1585	0.4082
29	ดอกผักกวางตุ้ง	Chinese cabbage	91.1	3.2	0.5	2.2	1.2	2.1	1.1	4.4076	0.4276
30	ดอกผักอ้วน		87.0	2.8	0.6	6.8	1.6	0.0	1.3	4.2598	0.4156
31	ดอกโสน	Sesbaniz, flower	86.0	3.6	0.4	5.6	3.9	0.0	0.9	4.2398	0.4127
32	ตะเกียงกะหล่ำ		90.5	2.8	0.4	0.4	1.2	0.0	1.0	4.3048	0.4162
33	ตะลະปัดถายี่		95.2	1.2	0.3	0.3	0.8	0.0	0.9	4.4753	0.4328
34	แตงกวา	Cucumber	96.1	0.8	0.1	0.1	0.4	0.7	0.4	4.4990	0.4343
35	แตงไทยอ่อน	Native melon, young	96.5	0.4	0.1	0.1	0.5	0.0	0.3	4.4976	0.4339
36	แตงโมอ่อน	Watermelon, young	96.9	0.4	0.1	0.1	0.3	0.0	0.2	4.5116	0.4350
37	แตงร้าน	Cucumber, large	97.7	0.6	0.1	0.1	0.4	0.0	0.3	4.5561	0.4394
38	ตำลึง, ใบ และยอดอ่อน	Ivygourd	90.7	3.3	0.4	0.4	1.0	0.0	0.1	4.3102	0.4146
39	ต้นกระเทียม	Garlic	90.1	3.2	0.8	0.8	1.3	0.0	0.8	4.3087	0.4161
40	ต้นหอม	Spring onion	91.1	2.0	0.3	0.3	1.1	0.0	0.8	4.3068	0.4162
41	ถั้วแขก	Frnch beans	91.8	1.9	0.1	4.5	1.0	0.0	0.7	4.3975	0.4268
42	ถั้วงอก	Mung bean sprout	90.0	2.8	0.1	5.9	0.7	0.0	0.5	4.3493	0.4220
43	ถั้วงอกหัวโต	Soy bean sprout	83.5	9.1	3.4	0.0	6.7	0.0	1.0	4.2641	0.4109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
44	ถั่วปี	Asparagus peas	90.0	2.0	0.3	6.0	1.3	0.0	0.6	4.3479	0.4225
45	ถั่วฝักยาว	String bean	90.4	2.6	0.5	4.0	1.4	1.9	0.6	4.3839	0.4254
46	ถั่วฝักยาว,แดง	String bean,red	91.0	2.8	0.3	3.9	1.3	0.0	0.6	4.3785	0.4242
47	ถั่วพู	Goabeans	93.8	2.1	0.1	2.4	1.2	0.0	0.5	4.4615	0.4315
48	ถั่วลันเตา	Sugar peas	84.9	4.3	0.1	8.5	1.4	0.0	0.8	4.2037	0.4094
49	น้ำเต้า เนื้อ	Bottle gourd	96.8	0.3	0.0	2.2	0.4	0.0	0.3	4.5393	0.4389
50	น้ำเต้า ผล	Bottle gourd,fruit	95.6	0.6	0.1	3.4	0.3	0.0	0.0	4.5061	0.4355
51	น้ำเต้า ใ้	Bottle gourd,inner	97.4	0.4	0.1	1.6	0.2	0.0	0.3	4.5585	0.4404
52	บวบงู	Snake gourd	96.0	0.9	0.1	2.5	0.4	0.0	0.2	4.5212	0.4369
53	บวบเหลี่ยม	Angled gourd	95.4	0.7	0.2	3.0	0.3	0.0	0.4	4.5000	0.4355
54	บวบหอม	Sponge gourd	95.9	0.7	0.7	2.2	0.2	0.0	0.3	4.5174	0.4365
55	บร็อคโคลี่	Broccoli	91.2	2.7	0.3	3.7	1.3	0.0	0.9	4.3863	0.4255
56	ใบกะเพรา	Holy Basil	87.6	4.2	0.5	2.3	1.3	3.8	1.6	4.3051	0.4189
57	ใบชะพลู	Cha-plu	69.5	5.4	2.5	14.2	4.6	0.0	3.8	3.7454	0.3743
58	ใบชะมวง	Cha-muang	84.1	1.9	0.6	9.6	3.2	0.0	0.6	4.1665	0.4073
59	ใบตั้งโอ้	Crowdaisy leaves	93.9	2.1	0.3	1.5	0.7	0.0	1.5	4.4610	0.4329
60	ใบเตย	Pandanus leaves	85.3	1.9	0.8	4.9	5.2	0.0	1.9	4.2000	0.4115
61	ใบทองหลาง	Coral leaves	81.5	4.6	0.8	7.5	4.1	0.0	1.4	4.1021	0.4010
62	ใบบัวบก	Indian penny wort	86.0	1.8	0.9	7.1	2.6	0.0	1.7	4.2231	0.4136
63	ใบเปราะ		95.0	1.3	0.2	1.6	1.0	0.0	0.8	4.4891	0.4346
64	ใบแพชชั่น ฟรุท	Passion Friut,leaves	77.9	7.2	1.0	9.6	2.0	0.0	2.4	4.0111	0.3936

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
65	ใบมันเทศ	Sweet potato,leaves	84.8	3.6	0.8	7.8	1.4	0.0	1.6	4.1967	0.4102
66	ใบแมงลัก	Hairt Basil,leaves	89.9	2.9	1.0	2.4	2.6	0.0	1.2	4.3485	0.4220
67	ใบย่านาง		67.6	5.6	0.9	16.1	7.9	0.0	1.9	3.6882	0.3670
68	ใบยอ	Awltree,leaves	77.3	2.0	1.2	10.5	4.0	0.0	2.0	3.9114	0.3861
69	ใบยอ,จ.ปัตตานี	Awltree,leaves	74.0	4.4	2.3	14.1	4.6	0.0	0.6	3.8833	0.3814
70	ใบเหลียง,จ.ชุมพร	Baegu	75.1	6.6	1.2	7.0	6.8	8.8	1.3	4.0338	0.3966
71	ผักกวางตุ้ง	Chinese cabbage,flow	95.6	1.5	0.2	0.0	0.6	1.6	1.1	4.5189	0.4376
72	ผักกวางตุ้งใต้หวัน		95.7	1.3	0.3	0.9	0.5	0.9	0.9	4.5200	0.4376
73	ผักกะสัง	Pepermia	96.4	0.6	0.2	1.5	0.6	0.0	0.7	4.5288	0.4383
74	ผักกะเจด	Water mimossa	89.4	6.4	0.4	0.0	1.8	3.8	1.2	4.4018	0.4257
75	ผักกะโดน		76.8	2.6	0.5	16.9	1.9	0.0	1.3	3.9476	0.3905
76	ผักกาดขาว	Chinese white cabbag	96.6	1.5	0.1	0.6	0.5	0.0	0.7	4.5403	0.4386
77	ผักกาดเขียว จ.ชม.	Mustard greens	92.8	2.5	0.4	2.4	0.8	0.0	1.2	4.4331	0.4299
78	ผักกาดเขียว จ.กทม.	Mustard greens	94.8	1.8	0.1	1.7	0.6	0.0	1.0	4.4869	0.4346
79	ผักกาดนกเขา		93.5	1.8	0.3	2.4	0.9	0.0	1.0	4.4467	0.4311
80	ผักกาดหอม	Lettuce	92.7	2.0	0.4	3.0	0.8	0.0	1.1	4.4255	0.4294
81	ผักกุ่ม,ดอง	Crataeva	73.4	3.4	1.3	15.7	4.9	0.0	1.3	3.8529	0.3813
82	ผักกูด	Oak fern	93.7	1.7	0.4	2.2	1.4	0.0	0.6	4.4552	0.4312
83	ผักขาเขียด	Pod fern	95.1	1.4	0.0	1.8	0.8	0.0	1.0	4.4946	0.4356
84	ผักขี้ขวง		90.3	3.2	0.4	3.4	1.1	0.0	1.7	4.3605	0.4242
85	ผักขี้หูด จ.เชียงใหม่		96.6	3.6	0.1	0.0	0.6	0.0	0.4	4.5756	0.4404

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition						ค่าคงที่		
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams						(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
86	ผักแขยง จ.กรุงเทพฯ		92.0	1.2	0.5	4.2	1.2	0.0	0.9	4.4000	0.4275
87	ผักแขยง จ.อุบลฯ		89.8	1.5	0.3	5.9	1.5	0.0	1.0	4.3343	0.4222
88	ผักคะน้า	Chinese kale	92.1	2.7	0.5	2.2	1.6	0.0	0.9	4.4128	0.4274
89	ผักจุมปา		89.3	2.7	1.1	4.9	1.0	0.0	1.1	4.3313	0.4209
90	ผักเจียงคา		82.9	5.4	1.5	6.2	2.5	0.0	1.6	4.1551	0.4050
91	ผักชีฝรั่ง	Fennel	89.5	2.4	0.4	4.6	1.7	0.0	1.4	4.3303	0.4217
92	ผักชีลาว	Pag-Chee Lao	89.2	3.9	0.7	3.2	1.0	0.0	2.0	4.3304	0.4215
93	ผักติ้ว		85.7	2.4	1.7	8.2	1.4	0.0	0.6	4.2225	0.4112
94	ผักเตา	Fresh-water algae	92.8	1.2	0.1	4.2	0.8	0.0	0.8	4.4214	0.4293
95	ผักนึ่งขาว	Swamp cabbage, white	92.6	2.6	0.2	2.5	1.1	0.0	1.0	4.4258	0.4289
96	ผักนึ่งแดง	Swamp cabbage, red	94.9	1.5	0.2	1.9	0.8	0.0	0.7	4.4892	0.4344
97	ผักปวยเล้ง	Spinach	93.1	2.6	0.9	0.9	0.7	0.0	1.8	4.4415	0.4311
98	ผักปลั่ง	Vinespinach	93.4	2.0	0.2	2.7	0.8	0.0	0.9	4.4464	0.4309
99	ผักไผ่		83.4	4.7	0.5	7.7	1.9	0.0	1.8	4.1596	0.4068
100	ผักผำ	Swamp algae	97.1	0.6	0.1	1.2	0.3	0.0	0.7	4.5496	0.4401
101	ผักแพงพวย	Sunrose ,willow	87.0	3.3	0.4	5.0	3.3	0.0	1.0	4.2615	0.4146
102	ผักแพว		89.4	1.6	0.8	5.9	1.1	0.0	1.2	4.3242	0.4214
103	ผักเม็ก		79.1	3.0	1.0	12.6	3.2	0.0	1.1	4.0223	0.3954
104	ผักลิ้น		96.1	0.8	0.1	1.1	0.7	0.0	1.1	4.5179	0.4379
105	ผักแว่น	Water fern	94.0	1.0	1.2	0.0	3.3	0.0	0.8	4.4672	0.4324
106	ผักหนาม		94.1	2.1	0.2	2.0	0.8	0.0	0.8	4.4686	0.4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition						ค่าคงที่		
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams						(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
107	พริกหวาน		87.1	0.1	0.6	8.3	2.1	0.0	1.8	4.2424	0.4168
108	พริกชี้หนู	Chili pepper	85.8	0.4	1.2	7.8	4.5	0.0	0.3	4.2115	0.4110
109	พริกชี้หนูเม็ดเล็ก	Pepper,hot	81.9	3.4	1.4	7.2	5.2	0.0	0.9	4.1118	0.4014
110	พริกชี้ฟ้า เขียว	pepper,green ,long	85.2	1.5	0.5	8.4	2.2	0.0	2.2	4.1924	0.4124
111	พริกชี้ฟ้า แดง	Pepper,red,long	84.0	2.8	2.3	6.6	3.5	0.0	0.8	4.1754	0.4067
112	พริกไทยอ่อน	Pepper,young fruit	72.0	4.4	2.6	13.2	6.1	0.0	1.7	3.8209	0.3776
113	พริกหนุ่ม	Chili spur pepper	95.9	0.4	0.2	1.9	1.3	0.0	0.3	4.5135	0.4365
114	พริกหยวก	Chili	91.7	1.5	0.2	4.8	1.2	0.0	0.6	4.3926	0.4264
115	พริกเหลือง	Tabasco	76.6	4.0	3.6	8.4	5.9	0.0	1.5	3.9621	0.3885
116	พริกหวาน	Sweet bell pepper	80.3	3.2	1.6	6.9	6.9	0.0	1.1	4.0623	0.3975
117	พริกขี้หนู	Spring bitter cucumbe	91.8	0.9	0.1	5.8	0.8	0.0	0.6	4.3913	0.4269
118	พริกเขียว	Waxgourd	96.4	0.4	0.0	2.4	0.5	0.0	0.3	4.5279	0.4379
119	พริกทอง เนื้อ	Pumpkin,without skin	69.1	2.9	1.5	24.6	1.0	0.0	0.9	3.7213	0.3710
120	พริกทอง เนื้อและเปลือก	Pumpkin,with skin	85.8	1.9	0.2	8.5	1.7	0.0	1.9	4.2128	0.4135
121	พริกทอง ยอดอ่อน	Pumpkin,young leave	94.6	2.0	0.2	1.6	0.8	0.0	0.8	4.4831	0.4337
122	มะกอกไทย		77.1	0.7	0.2	18.5	2.3	0.0	1.2	3.9435	0.3915
123	มะกอก ยอดอ่อน	Hog plum,Young leav	76.4	2.7	1.0	6.5	5.2	11.5	1.9	4.0199	0.3980
124	มะขาม ฝักสด	Tamarind,young pods	75.6	2.3	0.2	14.7	6.3	0.0	0.9	3.9092	0.3864
125	มะขาม ฝักอ่อน	Tamarind,young leav	84.3	3.6	0.3	9.4	1.0	0.0	1.4	4.1801	0.4089
126	มะเขือกรอบ	Egg plant	87.9	1.8	0.8	6.3	2.5	0.0	0.7	4.2815	0.4168
127	มะเขือขาว,แดง	White egg plant	88.5	1.2	0.6	3.9	2.0	0.0	3.8	4.2864	0.4225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English										
128	มะเขือขื่น	Egg plant	84.4	2.1	2.0	5.5	5.0	0.0	1.0	4.1812	0.4078
129	มะเขือเครือ	Chcko	95.8	0.6	0.1	2.5	0.6	0.0	0.4	4.5111	0.4365
130	มะเขือเข้าพระยา	Egg plant	92.2	1.1	0.3	4.6	1.3	0.0	0.5	4.4058	0.4275
131	มะเขือเทศ	Tomato	93.2	1.1	0.3	3.6	1.2	1.1	0.7	4.4548	0.4325
132	มะเขือพวง	Plate brush egg plant	81.9	2.8	0.6	7.4	6.1	0.0	1.2	4.1040	0.4020
133	มะเขือม่วง	Egg plant,purple	91.3	1.4	0.2	5.1	1.3	0.0	0.7	4.3795	0.4256
134	มะเขือแม่สอด	Squash	95.0	0.7	0.2	3.2	0.5	0.0	0.3	4.4866	0.4342
135	มะเขือเสวย	Egg plant	90.2	1.6	0.5	5.4	1.7	0.0	0.6	4.3489	0.4226
136	มะดัน	Ma-don	91.5	0.3	0.1	7.3	0.6	0.0	0.2	4.3795	0.4258
137	มะระขี้นก	Bitter ground,Thai	94.2	1.2	0.4	2.2	1.2	0.0	0.8	4.4666	0.4328
138	มะระจีน	Bitter cucumber,chine	92.0	1.0	0.2	5.6	0.7	0.0	0.5	4.3987	0.4272
139	มะระ ยอดอ่อน	Bitter cucumber	75.6	5.8	0.3	13.3	1.9	0.0	3.1	3.9261	0.3892
140	มะรุม ฟัก	Horse radish	89.9	2.2	0.2	5.4	1.2	0.0	1.1	4.3412	0.4225
141	มะละกอดิบ กูดเป็ง	Papaya,raw	92.2	0.6	0.1	6.0	0.6	0.0	0.5	4.4018	0.4278
142	มะละกอดิบ ผลป้อม	Papaya,raw	90.1	0.8	0.1	7.3	0.8	0.0	0.9	4.3383	0.4231
143	มะละกอดิบ ผลยาว	Papaya,raw	93.2	0.6	0.1	4.9	0.6	0.0	0.6	4.4318	0.4304
144	มะแว้ง		82.3	2.6	1.0	9.9	3.3	0.0	0.9	4.1172	0.4030
145	มะอึ๊ก		83.9	1.9	0.8	9.5	3.6	0.0	0.7	4.1674	0.4076
146	ยอดฟักข้าว		88.0	5.6	1.0	3.0	1.2	0.0	1.3	4.3097	0.4174
147	ยอดผักแว้ง		86.6	4.6	0.9	5.0	1.4	0.0	1.5	4.2583	0.4142
148	ยอดผักฮ้อน จ.ชม.		82.8	5.2	1.1	6.9	2.3	0.0	1.7	4.1473	0.4049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
149	ยอดผักอี๋ จ.เชียงใหม่		85.7	3.3	0.5	8.0	1.2	0.0	1.2	4.2203	0.4119
150	ยอดผักเหือด จ.ชม.		88.5	3.5	0.5	5.1	1.5	0.0	1.0	4.3102	0.4187
151	ยอดมะพร้าวอ่อน จ.ช	Coconut,heart	90.6	2.1	0.7	4.8	0.7	0.0	1.0	4.3623	0.4239
152	ยอดมะพร้าวอ่อน	Coconut,heart	88.0	1.8	0.4	7.7	0.8	0.0	1.3	4.2813	0.4182
153	ลูกตะลิงปลิง	Bilimbi	96.9	0.3	0.0	2.4	0.3	0.0	0.3	4.5456	0.4396
154	ลูกเนียง หรือชะเนียง	Djenkol beans,fruit	59.6	8.8	0.4	29.4	1.3	0.0	0.5	3.4684	0.3462
155	ลูกเนียงนก		61.7	8.6	0.7	27.5	0.6	0.0	0.9	3.5308	0.3520
156	สะตอ	Parkia speciosa	70.7	8.0	4.0	15.5	0.5	0.0	1.3	3.8113	0.3738
157	สมอไทย	Murobalan,Terminalia	85.9	1.2	1.7	8.2	2.5	0.0	0.4	4.2197	0.4113
158	สะเดา,ยอด	Meem tree	77.9	5.4	0.5	12.5	2.2	0.0	1.5	3.9984	0.3928
159	สะแล		78.1	6.0	1.6	10.2	1.6	0.0	2.3	4.0072	0.3936
160	สาขบัว	Water lily	97.6	0.2	0.1	1.1	0.4	0.0	0.5	4.5611	0.4409
161	หน่อไม้ปิบ	Bamboo shoot,boiled	89.2	3.8	0.9	4.1	1.7	0.0	0.3	4.3352	0.4191
162	หน่อไม้ไผ่ตง	Bamboo shoot	91.9	2.3	0.2	3.9	0.9	0.0	0.8	4.4032	0.4270
163	หน่อไม้ไผ่ป่า	Bamboo shoot	91.3	2.4	2.0	4.4	1.0	0.0	0.7	4.4219	0.4286
164	หน่อไม้หวาน,หน่อเล็ก	Bamboo shoot,hairy									
		sweet,small	96.6	1.9	0.2	0.0	0.8	0.0	0.9	4.5491	0.4395
165	หน่อไม้หวาน,หน่อใหญ่	Bamboo shoot,hairy									
		sweet,big	94.5	1.5	0.3	2.3	0.8	0.0	0.6	4.4778	0.4333
166	หน่อเทรียง		79.6	7.5	3.5	6.7	1.3	0.0	1.4	4.0755	0.3958
167	หยาวกกล้วยน้ำว้า	Banana,young stem	97.6	0.4	0.1	0.9	0.6	0.0	0.5	4.5657	0.4413

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
168	หยาวกกล้วยอ่อน	Banana, young stem	95.7	0.8	0.2	2.0	0.6	0.0	0.7	4.5089	0.4366
169	หัวปลี	Banana flower	92.3	1.4	0.2	4.4	0.8	0.0	0.9	4.4092	0.4284
170	เห็ดขมิ้น	Mushroom	92.7	2.7	0.5	2.3	1.0	0.0	0.8	4.4312	0.4288
171	เห็ดนางรม	Oyster mushroom	92.0	2.1	0.3	4.3	0.5	0.0	0.8	4.4053	0.4274
172	เห็ดบัว(เห็ดฟาง)	Chinese or straw mus	88.9	3.0	1.8	3.8	1.4	0.0	1.1	4.3223	0.4195
173	เห็ดเป๋าฮื้อ	Abalone mushroom	91.1	1.6	0.4	4.8	1.2	0.0	0.9	4.3750	0.4253
174	เห็ดเผาะ	Mushroom	87.8	2.2	0.4	6.3	2.3	0.0	1.0	4.2786	0.4170
175	เห็ดลม	Mushroom	70.9	2.0	0.1	16.7	9.8	0.0	0.5	3.7656	0.3739
176	เห็ดลม, ภาคใต้	Mushroom	73.8	1.7	0.2	14.2	9.9	0.0	0.3	3.8541	0.3809
177	เห็ดหูหนู	Jaw's ear mushroom	87.1	1.4	0.1	9.1	1.8	0.0	0.5	4.2525	0.4150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ (Meat and their product)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
1	ไก่ดำ, กึ้น	Black chicken, gizzard	76.6	21.1	1.3	0.0	0.6	0.0	0.7	4.0706	0.3858
2	ไก่ดำ, ปีก เนื้อ และหนัง	Black chicken, wing meat and skin	71.7	22.5	6.3	0.0	0.2	0.0	0.6	3.9671	0.3743
3	ไก่ดำ, น่อง เนื้อและหนัง	Black chicken, drum- stick meat and skin	74.0	24.0	2.9	0.0	0.1	0.0	0.7	4.0393	0.3813
4	ไก่ดำ, สะโพก	Black chicken, thigh meat and skin	73.3	22.7	4.0	0.0	0.1	0.0	0.8	4.0009	0.3781
5	ไก่ดำ, หน้าอก	Black chicken, breast meat and skin	74.7	23.7	2.2	0.0	0.1	0.0	1.0	4.0550	0.3837
6	ไก่บ้าน, กึ้น	Native chicken, gizzard	75.1	20.8	3.1	0.0	0.1	0.0	0.9	4.0249	0.3815
7	ไก่บ้าน, น่อง เนื้อและหนัง	Native chicken, drum- stick meat and skin	74.7	21.7	3.6	0.0	0.1	0.0	0.8	4.0352	0.3819
8	ไก่บ้าน, ปีก เนื้อและหนัง	Native chicken, wing meat and skin	74.0	22.3	5.3	0.0	0.1	0.0	0.7	4.0489	0.3825
9	ไก่บ้าน, สะโพก เนื้อและหนัง	Native chicken, thigh meat and skin	74.3	21.1	4.4	0.0	0.1	0.0	0.8	4.0192	0.3804
10	ไก่บ้าน, หน้าอก เนื้อและหนัง	Native chicken, breast meat and skin	73.9	23.6	3.6	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0420	0.3822

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
11	ไก่ป่า, น่อง เนื้อและหนัง	Jungle fowl, drumstick meat and skin	72.3	23.0	5.2	0.0	0.2	0.0	0.9	3.9882	0.3769
12	ไก่ป่า, ปีก เนื้อและหนัง	Jungle fowl, wing meat and skin	66.4	22.2	11.0	0.0	0.1	0.0	0.8	3.8096	0.3589
13	ไก่ป่า, สะโพก เนื้อและหนัง	Jungle fowl, thigh meat and skin	64.1	20.2	15.2	0.0	0.1	0.0	0.9	3.7431	0.3529
14	ไก่ป่า, หน้าอก เนื้อและหนัง	Jungle fowl, drumstick meat and skin	67.9	24.3	9.0	0.0	0.5	0.0	1.3	3.8995	0.3682
15	แควหมู เชียงใหม่	Pork skin, fried	2.3	51.2	46.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.1874	0.1868
16	จิ้นเกลือ	Salted meat	61.3	30.6	1.5	0.5	0.2	0.0	5.9	3.6500	0.3524
17	เป็ด, เนื้อ	Duck, meat	70.2	13.4	16.2	0.0	0.1	0.0	0.5	3.8874	0.3683
18	แหนม	Fermented pork	62.8	20.2	9.9	3.6	0.2	0.0	3.3	3.6683	0.3530
19	หมูหยอง	processed pork	9.8	43.1	5.7	32.3	1.0	0.0	8.1	2.1811	0.2256
20	หมู ตับ	Pork, liver	73.2	19.8	3.0	2.6	0.0	0.0	1.4	3.9591	0.3778
21	หมู เนื้อ	Pork, meat	75.8	19.6	3.3	0.0	0.0	0.0	0.9	4.0327	0.3826
22	หมู ปอด	Pork, lung	79.4	13.7	5.8	0.0	0.4	0.0	0.8	4.1217	0.3929
23	หมู ยอ	processed pork	57.5	14.8	0.0	0.0	0.2	0.0	2.1	3.0296	0.2907
24	หมู เลือด	Pork, blood	91.9	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.4482	0.4272
25	ไส้จุก เชียงใหม่	processed pork	38.0	16.7	37.4	4.1	1.1	0.0	2.7	3.0037	0.2857

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงค่าคงที่ของ C_p และ k ของสัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์(Marine and product)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	C_p	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
1	กุ้งกุลาดำ,เนื้อ	Giant tiger prawn	80.3	20.1	1.3	0.0	0.0	0.0	1.1	4.2152	0.4007
2	กุ้งกุลาดำ,หัว	Giant tiger prawn	74.0	14.3	4.4	5.8	0.0	0.0	1.6	3.9543	0.3811
3	กุ้งเคย	Shrimp,small	84.0	12.0	1.0	0.0	1.1	0.0	2.0	4.2280	0.4071
4	กิ้งฟอย	Lanchester's fresh	77.6	15.4	2.7	0.0	1.5	0.0	3.7	4.0708	0.3941
5	กุ้งส้ม(กุ้งหมัก)	Fermented shrimp	79.1	7.2	0.6	5.4	0.6	0.0	7.1	4.0312	0.4028
6	กุ้งแห้งตัวเล็ก	Shrimp,dried	16.1	46.4	2.9	10.9	1.9	0.0	21.8	2.3443	0.2585
7	กระเพาะปลา,ทอด	Fish,maw,fried	4.6	38.3	58.8	0.0	0.0	0.0	0.4	2.2552	0.1957
8	ไต่ปลากระบอก		65.3	9.7	4.4	2.6	0.2	0.0	17.8	3.6145	0.3815
9	น้ำปู	Num Poo	42.7	26.0	9.1	3.9	2.2	0.0	16.1	3.0583	0.3190
10	ปลากดทะเล,แห้ง	Catfish,sea,dried	34.0	48.0	2.8	0.0	0.0	0.0	14.8	2.9094	0.2923
11	ปลาทราย	Spotted Feather back	79.9	17.5	1.6	0.0	0.1	0.0	1.0	4.1444	0.3946
12	ปลากระบอก	Bluespotgray mullet	76.5	20.5	1.6	0.3	0.1	0.0	1.1	4.0605	0.3858
13	ปลาเจ้า(ปลาหมัก)	Pla-chaw	66.9	12.2	5.6	4.3	0.2	0.0	10.8	3.7033	0.3755
14	ปลาช่อน	Striped snake-head	73.1	20.5	3.8	0.0	0.1	0.0	1.2	3.9434	0.3743
15	ปลาช่อนทะเล,แห้ง	Sergeant fish,dried	38.6	41.8	2.0	0.0	0.0	0.0	17.7	3.0056	0.3099
16	ปลาดุก	Fresh-water catfish	74.8	23.0	2.4	0.0	0.1	0.0	1.4	4.0532	0.3845
17	ปลาตะเพียน	Common silver barb	74.7	20.4	3.2	0.0	0.2	0.0	1.6	4.0102	0.3817
18	ปลาหู	Short-body mackerel	72.0	20.0	6.7	0.0	0.0	0.0	1.5	3.9414	0.3744
19	ปลาหูหนึ่ง	Short-body mackerel	67.0	24.9	4.0	0.0	0.0	0.0	4.4	3.8046	0.3657
20	ปลาเนื้ออ่อน	Whisker sheat-Daeng	80.6	17.3	1.1	0.0	0.1	0.0	0.9	4.1610	0.3962
21	ปลาแป้งแดง	Pla Paeng-Daeng	70.7	4.9	2.4	18.0	0.1	0.0	3.9	3.7779	0.3783

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
22	ปลาแป้น	Common ponyfish	74.4	20.2	4.3	0.0	0.1	0.0	1.0	4.0042	0.3798
23	ปลาร้า	Fermented fish	52.5	15.3	8.0	3.4	0.5	0.0	20.3	3.2701	0.3513
24	ปลาร้าผง	Fermented fish	4.8	28.0	13.9	8.9	0.4	0.0	44.0	1.8646	0.2612
25	ปลาร้าอึ่งอ่าง จ.ตาก		57.3	14.9	4.8	1.8	0.8	0.0	20.4	3.4001	0.3640
26	ปลาลิ้นหมา,แห้ง	Tongue-sole,dried	21.4	63.2	3.0	0.0	0.0	0.0	12.6	2.6424	0.2565
27	ปลาส้มตัวเล็ก	Pla-som,small	64.4	16.5	5.3	3.3	0.1	0.0	10.2	3.6526	0.3674
28	ปลาส้มตัวใหญ่(ปลา)	Pla-son,big	69.4	19.4	0.8	5.4	0.1	0.0	4.9	3.8231	0.3736
29	ปลาสาวย	Striped catfish	62.1	15.5	21.5	0.0	0.1	0.0	0.8	3.6690	0.3464
30	ปลาสลิด	Snake skin gourami	80.9	17.2	0.8	0.0	0.1	0.0	1.1	4.1694	0.3975
31	ปลาเสียด,แห้ง	Slender Gueenfish	43.7	37.8	2.8	0.0	0.0	0.0	16.0	3.1453	0.3212
32	ปลาไส้ตัน	Anchovy	80.5	18.0	0.3	0.0	0.1	0.0	1.1	4.1588	0.3962
33	ปลาหางแข็ง,แห้ง	Banded crevalle	46.9	38.4	1.6	0.0	0.0	0.0	13.7	3.2526	0.3269
34	ปลาหมอ	Common climbing	74.7	17.2	7.1	0.0	0.2	0.0	0.9	4.0067	0.3805
35	ปลาหมึกกล้วย	Splendid squid	83.0	15.2	0.7	0.0	0.2	0.0	0.9	4.2186	0.4026
36	ปลาไหล	Swamp mud crab	78.7	18.9	1.2	0.0	0.2	0.0	1.1	4.1153	0.3916
37	ปูทะเล	Serrated mud crab	74.4	17.2	4.5	1.7	0.1	0.0	2.1	3.9826	0.3818
38	ปูม้า	Blue swimming crab	80.1	16.2	1.5	0.0	0.1	0.0	2.1	4.1370	0.3967
39	ลูกชิ้นปลา	Fish ball	87.6	8.9	0.1	0.3	0.1	0.0	3.0	4.3091	0.4181
40	ส้มปึก จ.ลพบุรี		74.4	18.0	1.4	2.8	0.1	0.0	3.3	3.9723	0.3839
41	สมันปลา ภาคใต้		8.3	37.2	17.1	27.5	0.2	0.0	9.7	2.1377	0.2227
42	หอยกระพง	Horse mussel	90.3	7.2	1.4	0.0	0.1	0.0	1.0	4.3905	0.4222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English										
43	หอยขม	Pond snail	79.3	12.1	0.7	4.5	0.4	0.0	3.0	4.0807	0.3969
44	หอยแครง	Cockel,ark shell	79.8	12.9	1.3	4.1	0.2	0.0	1.7	4.1070	0.3962
45	หอยแมลงภู	Green mussel	85.5	8.1	0.9	3.0	0.1	0.0	2.4	4.2451	0.4122



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงค่าคงที่ของCp และ k ของผลไม้เปลือกแข็ง พืชเมล็ด ถั่วเมล็ดแห้ง และผลิตภัณฑ์

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
1	กระจับ,ดิบ	Water chesnut	75.9	3.5	0.2	18.9	0.6	0.0	1.1	3.9287	0.3886
2	กระจับ,ต้ม	Water chesnut, boiled	56.7	4.8	0.2	35.4	0.8	0.0	2.2	3.3509	0.3426
3	กะ,คั่ว		3.0	16.1	45.4	30.6	2.5	0.0	2.5	1.9731	0.1981
4	งาขาว,ดิบ	Sesame seed,white	5.0	23.5	56.2	7.2	4.6	0.0	3.3	2.1166	0.1988
5	งาขาว,คั่ว	Sesame seed, roasted	3.0	26.1	64.2	0.0	4.1	0.0	3.1	2.1159	0.1927
6	งาขี้ม้อน,ดิบ จ.แพร่		7.2	16.0	42.0	12.3	19.3	0.0	3.1	2.0815	0.2066
7	งาขี้ม้อน,ดิบ จ.ชม.		7.2	16.7	46.5	12.0	16.7	0.0	1.0	2.1126	0.2035
8	งาดำ,คั่ว	Sesame seeds, Black	2.3	23.3	52.1	0.0	16.1	15.7	7.0	2.2754	0.2269
9	งาดำ,ดิบ	Sesame seeds, black	5.3	21.9	46.3	12.1	9.9	0.0	4.5	2.0765	0.2033
10	เต้าเจี้ยวขาว	Soybean paste, white	56.7	11.1	3.7	9.8	2.2	0.0	16.5	3.3640	0.3583
11	เต้าหู้ขาวอ่อน	Soybean curd,white	90.0	4.3	1.9	2.9	0.1	0.0	0.8	4.3652	0.4217
12	เต้าหู้ทอด	Curd tofu	40.6	28.8	25.7	1.5	0.3	0.0	3.0	3.1124	0.2925
13	เต้าหู้ยี้กระป๋อง	Curd cake	56.8	8.6	4.2	17.1	0.2	0.0	13.1	3.3622	0.3550
14	เต้าหู้เหลือง	Soybean curd,yellow	69.7	13.5	6.7	8.5	0.3	0.0	1.3	3.8271	0.3695
15	ถั่วขาว,ดิบ	Catjung Cowpea	11.2	22.3	2.8	58.0	3.1	0.0	2.6	2.0931	0.2269
16	ถั่วเขียว,ดิบ	Mungbean,seeds	11.5	23.4	1.3	55.9	4.3	0.0	3.5	2.0993	0.2285
17	ถั่วแดง,คั่ว	Rice bean,roasted	4.9	22.7	2.2	64.1	4.6	0.0	1.6	1.9069	0.2102

เอกสารนี้เป็นเอกสารทวงวนเวลาหรือการขงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
18	ถั่วแดง,ดิบ	Rice bean,seeds	14.2	22.4	1.2	53.7	4.3	0.0	4.2	2.1739	0.2364
19	ถั่วแดงหลวง,ดิบ	Kidney bean	12.0	18.2	2.2	39.5	3.8	23.8	4.3	2.1448	0.2353
20	ถั่วดำ,คั่ว	Cowpea,seeds	3.0	25.9	2.2	59.6	5.4	0.0	3.9	1.8620	0.2075
21	ถั่วดำ,ดิบ	Cowpea,seeds	9.3	23.8	0.3	58.5	4.6	0.0	3.5	2.0330	0.2234
22	ถั่วดำเม็ดเล็ก,ดิบ	Black gram,seeds	10.4	24.6	1.8	54.8	4.6	0.0	3.8	2.0765	0.2259
23	ถั่วพุ่มทั้งเปลือก	Cowpea,whole, seed	10.9	24.3	2.3	54.7	4.5	0.0	3.3	2.0930	0.2265
24	ถั่วพุ่มแยกเปลือก	Cowpea,hulled	9.8	26.6	2.4	56.2	1.7	0.0	3.3	2.0750	0.2238
25	ถั่วนางหอมทั้งเปลือก	Sweet pea,whole	9.2	23.1	1.2	57.3	5.4	0.0	3.8	2.0281	0.2234
26	ถั่วนางหอมแยกเปลือก	Sweet pea,hulled	10.2	22.6	1.4	58.0	4.3	0.0	3.6	2.0581	0.2260
27	ถั่วเน่า เปียก	Fermented Soybean, wet	61.8	17.9	6.6	5.3	3.8	0.0	4.6	3.6067	0.3529
28	ถั่วเน่า แห้ง	Fermented Soybean, dried	12.0	43.9	17.6	13.5	8.4	0.0	4.6	2.3091	0.2221
29	ถั่วแปะยี คั่ว	Dolichos Lablab	6.4	29.2	2.9	55.9	0.9	0.0	4.7	1.9868	0.2167
30	ถั่วแปะยี ดิบ	Dolichos Lablab	10.3	31.1	0.8	53.2	1.3	0.0	3.3	2.1129	0.2245
31	ถั่วแปะยี ทอด	Dolichos Lablab	3.8	22.9	15.4	53.9	0.9	0.0	3.1	1.9207	0.2067
32	ถั่วแระ ดิบ	Soybean,seeds	64.7	64.7	6.7	8.8	2.6	0.0	2.0	4.7994	0.4466
33	ถั่วแระ ต้ม	Soybean,seeds, cooked	57.2	57.2	4.7	13.7	3.9	0.0	2.7	4.3518	0.4107
34	ถั่วลาย ทั้งเปลือก	Butterfly pra	11.9	27.2	1.8	50.7	4.8	0.0	3.6	2.1393	0.2287

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
35	ถั่วลาย ทั้งเปลือก จ.สระบุรี	Butterfly pra	9.5	23.8	2.4	57.2	3.8	0.0	3.4	2.0491	0.2236
36	ถั่วลาย แยกเปลือก จ.แม่ฮ่องสอน	Butterfly pra	10.7	28.1	2.2	52.3	2.7	0.0	4.0	2.1092	0.2264
37	ถั่วลาย แยกเปลือก จ.สระบุรี	Butterfly pra	11.1	25.1	2.3	56.5	1.8	0.0	3.3	2.1059	0.2275
38	ถั่วลิสง ดิบ	Peanut	11.4	29.7	38.7	15.6	2.1	0.0	2.5	2.2875	0.2171
39	ถั่วเลียบมีอนาง คั่ว	Rice bean,roasted	8.0	20.4	1.3	61.5	5.0	0.0	3.9	1.9761	0.2214
40	ถั่วเลียบมีอนาง ดิบ	Rice bean	8.7	19.9	1.2	59.9	6.3	0.0	4.0	1.9918	0.2229
41	ถั่วหรั่ง ดิบ	Bambara groundnut	58.1	8.4	3.8	25.9	2.2	0.0	1.6	3.4306	0.3431
42	ถั่วหรั่ง ต้ม	Bambara groundnut boiled	61.7	7.1	2.8	24.4	2.1	0.0	1.9	3.5266	0.3528
43	ถั่วเหลือง คั่ว	Soybean,roasted	10.5	36.8	19.2	23.7	5.1	0.0	4.7	2.2238	0.2204
44	ถั่วเหลือง ดิบ	Soybean	11.1	34.0	18.7	26.7	4.7	0.0	4.8	2.2217	0.2228
45	แป้งถั่วเขียว	Mungbean,flour	29.0	0.8	0.1	69.7	0.3	0.0	0.1	2.4898	0.2730
46	มะพร้าวขูด	Coconut	53.3	3.5	28.7	6.9	6.4	0.0	1.0	3.3494	0.3245
47	มะพร้าวขูด กาก	Grated coconut	72.2	1.4	9.4	10.4	5.7	0.0	0.5	3.8311	0.3749
48	มะพร้าวอ่อน, เนื้อ	Immature coconut	83.1	1.6	2.0	7.7	4.5	0.0	1.1	4.1383	0.4050
49	เมล็ดกระถินแห้ง	Leadtree seeds	3.1	36.0	91.0	35.1	12.2	0.0	4.6	3.5924	0.3497
50	เมล็ดเงาะดิบ	Rambutan,seeds	35.1	7.3	24.2	30.3	1.6	0.0	1.6	2.8082	0.2826
51	เมล็ดถั่วแขกดิบ	French bean,seeds	10.3	18.5	6.0	60.6	2.4	0.0	2.2	2.0549	0.2244

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
52	เมล็ดถั่วพู	Four-angled bean	38.8	26.6	14.8	13.6	3.7	0.0	2.5	3.0041	0.2902
53	เมล็ดบัว	Lotus,seeds	59.7	10.3	0.5	27.8	0.1	0.0	1.6	3.4785	0.3478
54	เมล็ดบัว ดิบ	Lotus,seeds	14.3	14.2	2.3	65.3	2.1	0.0	1.8	2.1350	0.2355
55	เมล็ดมะขาม คั่ว	Tamarind,seeds	10.2	14.3	7.7	64.9	1.7	0.0	1.2	2.0342	0.2235
59	ลูกเดือย ดิบ	Job's tears	10.8	14.8	2.7	67.0	0.3	3.7	1.0	2.0414	0.2260
56	เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ คั่ว	Cashew nut,seeds, roasted	4.4	12.9	23.4	57.6	0.5	0.0	1.3	1.9122	0.2064
57	เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ดิบ	Cashew nut,seeds	50.5	11.8	23.0	9.0	0.0	4.5	1.2	3.2985	0.3182
58	เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ อบ	Cashew nut,seeds, baked	2.4	24.9	46.8	6.7	0.0	16.6	2.6	2.0153	0.1918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของหัวของพืช (Starchy roots and tubers)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
1	กลอย	Wild yam	63.1	2.5	0.1	32.2	0.9	0.0	1.2	3.5307	0.3572
2	เผือก	Taro	70.0	2.1	0.1	25.8	1.0	0.0	1.0	3.7376	0.3739
3	มันขี้หนู, หัวเล็ก ภาคใต้		80.6	0.5	0.6	17.0	0.7	0.0	0.6	4.0514	0.3995
4	มันขี้หนู, หัวใหญ่ ภาคใต้		78.6	1.1	0.5	18.3	0.6	0.0	0.9	3.9935	0.3949
5	มันเทศ สีเหลือง	Sweetpotato	75.2	0.6	0.1	22.5	0.6	0.0	0.8	3.8828	0.3863
6	มันฝรั่ง	Potato	82.0	2.5	0.2	14.9	0.4	0.0	0.0	4.1069	0.4019
7	มันสำปะหลัง	Cassava	64.8	0.8	0.2	30.9	2.1	0.0	0.3	3.5596	0.3585
8	มันแกว	Yam bean	90.5	0.9	0.1	7.6	0.6	0.0	0.3	4.3528	0.4234
9	สาकुขาว	Arrow roots, white	78.3	1.7	0.3	17.9	0.7	0.0	1.1	3.9870	0.3944
10	สาकुแดง	Arrow roots, red	74.7	1.5	0.3	21.7	0.6	0.0	1.2	3.8763	0.3858
11	หัวผักกาด (ไชเท้า)	Radish	93.7	0.8	0.0	4.1	0.7	0.0	0.7	4.4476	0.4317
12	ผักกาดขาว, แห้ง, เค็ม	Radish, salted	69.8	1.8	0.1	7.3	2.5	0.0	18.5	3.6811	0.3958
13	หัวผักกาด, แห้ง, หวาน	Radish, sweeten	58.1	0.9	0.3	29.0	2.2	0.0	9.6	3.3480	0.3561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าคงที่ของ C_p และ k ของนม และผลิตภัณฑ์ (Milk and milk products)

No.	Food Item		Proximate Composition						ค่าคงที่		
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	C_p (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English										
1	นมผงสวนดุสิต ชนิดเม็ด		2.0	13.2	20.4	60.2	0.0	0.0	4.3	1.8214	0.2052



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของไข่ (Eggs)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English										
1	ไข่ไก่	Hen egg, whole	73.5	12.3	11.7	1.4	0.0	0.0	1.1	3.9546	0.3777
2	ไข่เป็ด	Duck egg, whole	70.2	12.3	14.3	2.1	0.0	0.0	1.2	3.8661	0.3693
3	ไข่ปลาจาระเม็ด	Pomfret, roe	74.6	13.8	7.7	2.7	0.0	0.0	1.2	3.9817	0.3811
4	ไข่ปลากระบอกเค็ม	Mullet, harder roe, salted	22.2	41.7	34.8	0.0	0.5	0.0	3.8	2.7215	0.2498
5	ไข่นกกระทา ต้ม	Quail egg, whole	71.2	13.3	12.0	2.5	0.0	0.0	1.1	3.8941	0.3720
6	ไข่แมงมัน แพร่		79.5	8.1	10.1	1.0	0.4	0.0	0.9	4.1035	0.3933

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของอาหารจานเดียว (one - plate dishes)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
1	กระเพาะปลาปรุงสำเร็จ	Cooked fish maw	85.0	7.3	5.2	1.7	0.0	0.0	0.7	4.2447	0.4077
2	ก๋วยเตี๋ยวแซก (ก๋วยเตี๋ยวแกง)	Rice noodles with Curried beef	75.0	6.6	7.4	9.1	0.3	0.0	1.6	3.9450	0.3842
3	ก๋วยเตี๋ยวเนื้อสับ	Rice noodles with chopped beef	76.2	3.5	4.1	14.8	1.4	0.0	1.0	3.9662	0.3897
4	ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยใส่ไข่	Fried rice noodles, Thai style	53.8	7.7	12.3	23.8	0.6	0.0	1.9	3.3299	0.3316
5	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง (หมู)	Rice noodles with pork	57.1	8.2	12.2	20.7	0.4	0.0	1.3	3.4311	0.3384
6	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ผัดซีอิ๊วใส่ไข่	Wild rice noodles with port and egg	61.6	6.3	9.7	20.3	0.3	0.0	1.7	3.5443	0.3510
7	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เย็นตาโฟน้ำ	Wild rice noodles with fish ball	84.2	2.8	2.7	9.0	0.1	0.0	1.1	4.1805	0.4078
8	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ราดหน้ากุ้ง	Wild rice noodles with shrimps chinese kale and gravy place on top	81.6	2.4	2.7	12.3	0.2	0.0	0.9	4.1030	0.4017
9	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ราดหน้าไก่	Wild rice noodles with chicken	78.8	3.0	5.7	11.3	0.2	0.0	1.0	4.0319	0.3940
10	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ราดหน้าหมู	Wild rice noodles with port and egg and gravy place on top	77.7	2.9	5.4	13.0	0.1	0.0	0.9	3.9970	0.3913
11	ข้าวขาหมู	Fresh ham on rice	68.1	6.7	5.7	18.4	0.2	0.0	1.0	3.7333	0.3672
12	ข้าวคอกกะปิ		56.5	6.9	8.2	26.6	0.2	0.0	1.6	3.3897	0.3388
13	ก้อยอีสาน	Northeastern style cooked chopped beef	72.4	15.8	1.4	6.0	1.7	0.0	3.0	3.9031	0.3794

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับโรงเรียนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition						ค่าคงที่		
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams						(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
14	ข้าวแกงเขียวหวานไก่	Chicken green curry on rice	67.3	4.7	5.1	21.8	0.4	0.0	0.7	3.6930	0.3652
15	ข้าวผัดหมูใส่ไข่	Fried rice with pork and egg	65.2	4.8	8.4	20.4	0.2	0.0	0.9	3.6408	0.3594
16	ข้าวมันไก่	Chicken with rice cooked in chicken broth	59.3	6.5	8.2	24.6	0.2	0.0	1.2	3.4730	0.3452
17	ข้าวยาปักยี่ไต้	Rice with assorted vegetables served with bude sauce	68.4	3.8	3.5	21.2	0.8	0.0	2.3	3.7098	0.3705
18	ข้าวราดหน้าไก่ผัด- ใบกะเพรา		60.3	5.6	7.3	25.2	0.4	0.0	1.2	#REF!	#REF!
19	ข้าวหมกไก่	Rice cooked with chicken and curry powder	61.5	6.7	4.2	26.0	0.2	0.0	1.3	3.5234	0.3514
20	ข้าวหมูแดง	Rice with red pork	63.3	6.2	5.6	23.3	0.2	0.0	1.4	3.5815	0.3559
21	ขนมจีนขาวข้าว ภาคกลาง	Round noodles with Coconut - cream	74.9	2.5	4.6	17.0	0.1	0.0	0.9	3.9065	0.3847
22	ขนมจีนน้ำเงี้ยว ภาคเหนือ	Northern style, round noodles with sweet and sour sauce	82.7	4.8	2.6	8.1	0.5	0.0	1.8	3.7732	0.3739
23	ขนมจีนน้ำพริก ภาคกลาง	round noodles with sweet shrimp sauce	70.4	3.1	4.6	20.4	0.3	0.0	1.2	3.9065	0.3847

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition						ค่าคงที่		
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
24	ขนมจีนน้ำยา ภาคกลาง	Round noodles with curried fish sauce	82.1	3.0	2.2	11.2	0.2	0.0	1.4	4.1187	0.4036
25	ขนมผักกาดผัดใส่ไข่		64.3	4.3	11.5	18.7	0.3	0.0	2.2	3.6413	0.3610
26	ขนมจีนน้ำยาปักษ์ใต้	Southern style round noodles with curried fish sauce	81.2	3.9	3.0	10.3	0.3	0.0	1.2	4.0977	0.4003
27	ขนมผักกาดผัดใส่ไข่		64.3	4.3	11.5	18.7	0.3	0.0	2.2	3.6413	0.3610
28	ซุบหน่อไม้ กทม.	Northeastern style cooked yong bamboo shoot	88.5	2.5	0.8	5.0	1.0	0.0	2.2	4.3000	0.4203
29	ซุบหน่อไม้อีสาน	Northeastern style cooked yong bamboo shoot	92.4	2.1	0.4	1.8	0.9	0.0	2.4	4.4134	0.4303
30	เนื้อวัวติดมันทอด	beef, medium fat, Fried	18.7	46.1	21.9	7.1	0.3	0.0	5.8	2.5381	0.2397
31	ลาบเลือดอีสาน	Northeastern style cooked ox-blood	73.9	15.7	1.2	5.4	1.1	0.0	2.8	3.9060	0.3793
32	ลาบเลือดอีสาน (ลาบเนื้อ)	Northeastern style cooked chopped beef	72.9	12.4	4.6	6.9	0.9	0.0	2.3	3.9864	0.3955
33	ส้มตำปู-กุ้ง	Papaya salad with crab and dired shrimps	77.8	3.7	2.1	11.3	1.6	0.0	3.6	3.9864	0.3955
34	ส้มตำอีสาน	Northeastern style papaya salad	90.4	1.8	0.3	3.6	0.9	0.0	3.0	4.3488	0.4263
35	เส้นหมี่ลูกชิ้นเนื้อวัว	Beefball rice noodles	87.1	2.7	0.9	7.9	0.1	0.0	1.3	4.2618	0.4158

เอกสารนี้เป็นเอกสารทวงวนเวลาห้วงการแข่งเนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
36	ไส้กรอกอีสาน, สุก	Northeastern style sausage	36.3	17.3	30.5	12.8	0.7	0.0	2.4	2.9299	0.2828
37	หมี่กรอบ	Crispy fried rice noodles	9.1	2.9	29.4	56.9	0.2	0.0	1.5	2.0112	0.2188
38	หมี่กะทิ	Rice noodles with coconut milk	63.3	3.9	6.6	24.0	0.5	0.0	1.7	3.5698	0.3565
39	หอยแมลงภู่นึ่ง	Fried Sea Mussel	61.6	8.0	14.1	14.7	0.4	0.0	1.2	3.5754	0.3491

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของขนมหวาน (Desserts)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
1	ขนมชั้น	Kanomchunt	41.1	0.8	8.2	49.2	0.0	0.5	0.2	2.8877	0.3007
2	ขนมลูกชุบ	Mock Fruits	36.6	6.6	6.6	45.5	0.0	4.0	0.7	2.7812	0.2888
3	ขนมหม้อแกงไก่	Egg custard, baked	58.1	6.3	7.9	24.0	0.0	2.8	0.9	3.4351	0.3416
4	ขนมหม้อแกงถั่ว	Mungbean custard, baked	54.2	5.9	7.2	27.7	0.0	4.2	0.9	3.3132	0.3322
5	ข้าวเหนียวมูล	Glutinous rice steeped in coconut milk	35.8	3.1	6.3	52.2	0.0	1.7	0.9	2.7327	0.2884
6	ซาหริ่ม	Sa-Rim	65.0	0.2	4.5	29.0	0.0	1.2	0.1	3.5936	0.3598
7	ตะโก้แห้ว	Taco, Coconut puding	71.6	0.7	5.7	18.3	0.0	3.0	0.8	3.8011	0.3763
8	ทองหยอด	Thong Yod (Golden drops)	31.4	4.3	13.4	49.8	0.0	0.6	0.4	2.6347	0.2751
9	ทองหยิบ	Thong Yip (Golden flowers)	24.5	7.9	19.7	45.9	0.0	1.3	0.7	2.4743	0.2563
10	บัวลอยเผือก	Taro ball in coconut milk	66.2	0.8	4.1	26.4	0.0	1.7	0.9	3.6316	0.3639
11	ฝอยทอง	Foi Thong (Golden silk threads)	23.5	13.5	25.8	34.2	0.0	1.9	1.1	2.5029	0.2516
12	เม็ดขนุน	Mock Jack Fruit Seeds	28.0	9.8	17.9	39.8	0.0	3.6	0.9	2.5850	0.2647
13	ลอดช่องน้ำกะทิ	Lod-Chong in coconut milk	70.9	0.8	3.7	22.5	0.0	1.5	0.5	3.7703	0.3746
14	วุ้นกะทิใบเตย	Jelly coconut cream and pandanus leaf flavor	72.8	0.6	5.4	20.4	0.0	0.0	0.7	3.8327	0.3794
15	สังขยาไข่	Egg custard, steamed	60.5	6.9	4.5	23.3	0.0	3.8	1.0	3.4981	0.3481

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของเครื่องปรุงรส (Condiments)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp (kJ/kg °K)	k (W/m °K)
Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
1	กะปิ (จันทบุรี)	Shrimp or Fish paste	37.0	23.8	2.8	4.2	1.7	0.0	30.5	2.8069	0.3258
2	กระเทียม , หัว	Garlic , dried bulb	63.1	5.6	0.1	29.1	0.9	0.0	1.2	3.5507	0.3565
3	ข่า	Galanga	75.7	1.0	0.3	19.0	3.1	0.0	0.9	3.9042	0.3875
4	ขมิ้นชัน	Turmeric roots	83.8	1.7	1.4	11.4	0.7	0.0	1.0	4.1581	0.4074
5	เครื่องแกงเผ็ด	Chilli paste	56.2	4.2	2.5	13.8	6.5	0.0	16.8	3.2987	0.3585
6	เครื่องแกงมัสมั่น	Chilli paste	52.6	4.3	24.3	7.8	3.7	0.0	7.3	3.3019	0.3327
7	ดอกจันทร์	Mace	19.6	14.2	15.4	38.4	9.7	0.0	2.7	2.3442	0.2451
8	ตะไคร้	Lemon grass	65.6	1.2	2.1	25.5	4.2	0.0	1.4	3.6052	0.3628
9	ใบกระวาน	Cardamon leaves	9.8	9.5	6.3	39.7	29.6	0.0	5.1	1.9748	0.2239
10	ผักชี , ราก	Coriander , root	84.0	1.7	0.2	6.2	6.0	0.0	1.9	4.1570	0.4084
11	ผักชี , ลูก	Coriander , seed	13.1	13.6	0.6	26.6	29.7	0.0	6.4	1.9147	0.2138
12	ผงกะหรี่	Curry powder	8.1	7.1	7.0	45.7	6.3	0.0	25.8	1.8531	0.2510
13	พะโล้ , ผง		11.3	1.9	8.3	48.3	23.9	0.0	6.3	1.9756	0.2313
14	พริกขี้หนูแห้ง	Capsicum Frutescens	20.8	15.8	9.1	27.8	22.7	0.0	3.8	2.3632	0.2482
15	พริกขี้ฟ้าแห้ง	Capsicum annum , var longum	19.9	14.4	11.8	25.7	24.3	0.0	3.9	2.3372	0.2455
16	พริกไทย , ขาว	Piper nigrum,Linn	11.6	11.3	6.6	65.0	3.8	0.0	1.7	2.0515	0.2281
17	มะกรูด , ใบ	Citrus hystrix	57.1	6.8	3.1	20.8	8.2	0.0	4.0	3.3806	0.3432
18	มะกรูด , ผิว	Citrus hystrix	71.3	4.0	1.9	17.3	3.8	0.0	1.7	3.7944	0.3766
19	ซีอิ้ว	Cuminum cyminum l	14.4	14.5	0.6	35.6	26.8	0.0	8.1	2.1158	0.2398
20	สะระแหน่ , ใบ	Mentha cordifolia op	86.3	3.7	0.6	6.8	1.2	0.0	1.4	4.2425	0.4137
21	โหระพา , ใบ	Ocimum basilicum	85.5	3.3	1.0	5.4	2.5	0.0	2.3	4.2148	0.4126
22	หอมหัวเล็ก	Allium ascalonicum,l	83.9	2.7	0.2	12.0	0.6	0.0	0.6	4.1640	0.4072
23	หอมหัวใหญ่	Allium cepa , linn	91.8	1.4	0.1	5.0	0.6	1.2	0.5	4.4045	0.4277
24	อบเชย	Cinnamomum bejolgi	15.1	3.3	1.0	61.2	15.4	0.0	22.2	2.3195	0.3100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงค่าคงที่ของ Cp และ k ของอื่นๆ (Miscellaneous)

No.	Food Item		Proximate Composition						ค่าคงที่		
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams						(kJ/kg °K)	(W/m °K)	
1	ขนมลา ภาคใต้		10.0	2.6	16.4	70.2	0.1	0.0	0.7	1.9880	0.2231
2	ดักแด้ จ.ขอนแก่น	Silk worm , pupae	69.9	14.7	8.3	3.6	1.2	0.0	2.4	3.8457	0.3708
3	ตัวแ้งโคร่ง (จังหวัด)										
	แม่ฮ่องสอน		67.7	17.5	12.0	0.0	4.4	0.0	1.0	3.8557	0.3666
4	ตัวต่อ,กลาง,แม่ฮ่องสอน	Hornet , young	71.7	13.7	6.3	6.8	0.6	0.0	1.0	3.8899	0.3742
5	ตัวต่อ,แก่,แม่ฮ่องสอน	Hornet , mature	76.2	16.2	3.9	0.6	2.2	0.0	0.9	4.0316	0.3846
6	ตัวต่อ,อ่อน,แม่ฮ่องสอน	Hornet , pupae	72.8	14.8	6.8	4.2	0.6	0.0	0.8	3.9312	0.3761
7	ทุเรียนกวน	Durian paste	22.8	3.2	7.5	62.0	2.9	0.0	1.6	2.3423	0.2571
8	ทุเรียนกวนก้านยาว		20.3	4.0	7.2	65.0	2.0	0.0	1.4	2.2695	0.2506
9	ทุเรียนกวนก้านยาว+ชะนี		20.3	4.1	8.0	63.3	2.6	0.0	1.6	2.2727	0.2505
10	ทุเรียนกวนก้านยาว+หมอนทอง		20.9	3.7	6.6	65.3	2.3	0.0	1.3	2.2869	0.2525
11	ทุเรียนกวนชะนีจันทบุรี										
	กิ่งสำเร็จรูป		49.6	3.2	8.7	33.7	3.3	0.0	1.6	3.1604	0.3223
12	ทุเรียนกวนหมอนทอง										
	จันทบุรี กิ่งสำเร็จรูป		43.7	3.4	8.8	39.0	3.8	0.0	1.4	2.9839	0.3075
13	ทุเรียนกวนหมอนทอง										
	จ.สุราษฎร์ธานี										
	กิ่งสำเร็จรูป		57.1	2.7	5.6	30.9	2.4	0.0	1.3	3.3714	0.3411
14	เปลือกแพชชั่นฟรุท	Passion Fruit , outer layer	85.3	0.9	0.8	12.4	0.0	0.0	0.7	4.1985	0.4113
15	แมงมัน คั่วภาคเหนือ		86.8	1.3	0.3	6.1	3.8	0.0	2.8	4.2548	0.4191
16	มม่าหมูสับ	Instant Noodle	4.1	11.8	18.4	60.1	0.2	0.0	5.4	1.8634	0.2123
17	แยมแพชชั่นฟรุท	Passion Fruit Yam	22.5	0.7	3.2	71.9	0.9	0.0	0.9	2.3038	0.2576
18	เส้นหมี่เกษตร	Kaset Noodle	12.9	6.0	2.4	78.1	0.2	0.0	0.4	2.0439	0.2324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 (ต่อ)

No.	Food Item		Proximate Composition							ค่าคงที่	
			Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Crude Fibre	Dietary Fibre	Ash	Cp	k
	Thai	English	grams							(kJ/kg °K)	(W/m °K)
19	เส้นหมี่เกษตรผสมผัก	Passion Fruit with vegetable	12.8	6.6	3.8	75.8	0.3	0.0	0.7	2.0494	0.2321
20	เส้นหมี่เกษตรผสมถั่ว	Kaset Noodle with dried bean	12.2	7.5	3.8	75.8	0.2	0.0	0.5	2.0376	0.2302
21	น้ำตาลมะพร้าว		11.2	0.3	0.1	87.4	0.0	0.0	1.0	1.9449	0.2309
22	เมล็ดพืชชั้นฟรุท คีบ	Passion Fruit , seeds	44.7	7.5	15.2	8.5	23.2	0.0	0.8	3.0641	0.3028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การประยุกต์ค่าคงที่ของ ค่า Cp และ k โดยการวิเคราะห์พลังงานในกระบวนการแปรรูป

3.1 การวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความเย็น

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเนื้อสัตว์แช่แข็ง



ตัวอย่างที่ 3.1.1 สมมติเนื้อวัวมีความชื้น 77% ต้องการแช่แข็งเนื้อวัว 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยลดอุณหภูมิจาก 25°C ไปเป็น -30°C

(1) พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำ -1.2 °C

(1.1) ค่าความร้อนแฝงของการแช่แข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ 334 kJ/kg

$$\begin{aligned} Q_1 &= mL \\ &= [100 \times 0.77] \times 334 \\ &= 25,718 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.2) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (-1.2) - (-30) °C ของน้ำ

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง (Cp) 2.10 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_2 &= m C_p \Delta T \\ &= [100 \times 0.77] \times 2.10 \times (30 - 1.2) \\ &= 4,657 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.3) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(-1.2)) °C ของน้ำแข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 4.23 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_3 &= m C_p \Delta T \\ &= [100 \times 0.77] \times 4.23 \times (25 + 1.2) \\ &= 8,533 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.4) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(0)) °C ของเนื้อวัว

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อวัว(Cp) 2.726 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_4 &= m C_p \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.77) \times 2.726 \times (25 + 0) \\ &= 1567.45 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.5) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(0-(-30)) °C ของเนื้อวัว

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อวัว(Cp) 3.350 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_5 &= m C_p \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.77) \times 3.350 \times (0 + 30) \\ &= 2311.5 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{รวม}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \\ &= 25,718 + 4,657 + 8,533 + 1,567.45 + 2,311.5 \\ &= 42,787 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

∴ ต้องความร้อนออกจากเนื้อวัว 42,787 kJ/hr ในการแช่แข็งเนื้อวัว 100 กิโลกรัมจากอุณหภูมิ 25 °C เป็น 30 °C

(2) การหาขนาดเครื่องทำความเย็น

เมื่อ ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น 80%

$$\begin{aligned} \text{ขนาดเครื่องทำความเย็น} &= \frac{42,787}{(0.8 \times 3600)} \\ &= 15 \text{ kW} \end{aligned}$$

∴ ต้องใช้เครื่องทำความเย็นขนาด 15 kW/เนื้อวัว 100 kg

ตัวอย่างที่ 3.1.2 สมมติเนื้อวัวมีความชื้น 77 % จำนวน 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้องการแช่แข็งเนื้อวัวโดยลดอุณหภูมิจาก 25 °C ไปเป็น -18 °C

1) พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำ -1.2 °C

(1.1) ค่าความร้อนแฝงของการแช่แข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ 334 kJ/kg

$$\begin{aligned} Q_1 &= mL \\ &= [100 \times 0.77] \times 334 \\ &= 25,718 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.2) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(-1.2)-(-18) °C ของน้ำ

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 2.10 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_2 &= m C_p \Delta T \\ &= [100 \times 0.77] \times 2.10 \times (18 - 1.2) \\ &= 2,716.56 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.3) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(-1.2)) °C ของน้ำแข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 4.23 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_3 &= m C_p \Delta T \\ &= [100 \times 0.77] \times 4.23 \times (25 + 1.2) \\ &= 8,533 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.4) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(0)) °C ของเนื้อวัว

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อวัว(Cp) 2.726 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_4 &= m C_p \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.77) \times 2.726 \times (25 + 0) \\ &= 1,567.45 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.5) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(0-(-18)) °C ของเนื้อวัว

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อวัว(Cp) 3.350 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_5 &= m C_p \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.77) \times 3.350 \times (0 + 18) \\ &= 1,387 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{รวม}} &= Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5 \quad \dots \\
 &= 25,718+4,657+8,533+1,567.45+1,387 \\
 &= 41,862.45 \text{ kJ/hr}
 \end{aligned}$$

∴ ต้องความร้อนออกจากเนื้อวัว 41,862.45 kJ/hr ในการแช่แข็งเนื้อวัว 100 กิโลกรัมจากอุณหภูมิ 25 °C เป็น -18 °C

(2) การหาขนาดเครื่องทำความเย็น

เมื่อ ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น 80%

$$\begin{aligned}
 \text{ขนาดเครื่องทำความเย็น} &= \frac{41,863}{0.8 \times 3600} \\
 &= 15 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

∴ ต้องใช้เครื่องทำความเย็นขนาด 15 kW/เนื้อวัว 100 kg



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 3.1.3 สมมติเนื้อไก่มีความชื้น 74 % จำนวน 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้องการแช่แข็งเนื้อไก่โดยลดอุณหภูมิจาก 25 °C ไปเป็น -18 °C

1) พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำ -1.2 °C

(1.1) ค่าความร้อนแฝงของการแช่แข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ 334 kJ/kg

$$\begin{aligned} Q_1 &= mL \\ &= [100 \times 0.74] \times 334 \\ &= 24,716 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.2) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(-1.2)-(-18) °C ของน้ำ

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 2.10 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_2 &= m C_p \Delta T \\ &= [100 \times 0.74] \times 2.10 \times (18 - 1.2) \\ &= 2,610.72 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.3) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(-1.2)) °C ของน้ำแข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 4.23 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_3 &= m C_p \Delta T \\ &= [100 \times 0.74] \times 4.23 \times (25 + 1.2) \\ &= 8,201.13 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.4) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(0)) °C ของเนื้อไก่

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อไก่(Cp) 4.042 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_4 &= m C_p \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.74) \times 4.042 \times (25 + 0) \\ &= 2,627.3 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.5) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(0-(-18)) °C ของเนื้อไก่

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อไก่(Cp) 3.4 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q_5 &= m C_p \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.74) \times 3.4 \times (0 + 18) \\ &= 1,590.73 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{รวม}} &= Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5 \\
 &= 24,716+2610.72+8,201.13+2,627.3+1,591 \\
 &= 39,745.88 \text{ kJ/hr}
 \end{aligned}$$

∴ ต้องความร้อนออกจากเนื้อไก่ 39,745.88 kJ/hr ในการแช่แข็งเนื้อไก่ 100 กิโลกรัมจากอุณหภูมิ 25 °C เป็น -18 °C

(2) การหาขนาดเครื่องทำความเย็น

เมื่อ ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น 80%

$$\text{ขนาดเครื่องทำความเย็น} = \frac{39,746}{0.8}$$

$$(0.8 \times 3600)$$

$$= 14 \text{ kW}$$

∴ ต้องใช้เครื่องทำความเย็นขนาด 14 kW/เนื้อไก่ 100 kg



ตัวอย่างที่ 3.1.4 สมมติเนื้อกุ้งมีความชื้น 80.3 % จำนวน 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้องการแช่แข็งเนื้อกุ้งโดยลดอุณหภูมิจาก 25 °C ไปเป็น -18 °C

1) พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำ -1.2 °C

(1.1) ค่าความร้อนแฝงของการแช่แข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ 334 kJ/kg

$$\begin{aligned} Q1 &= mL \\ &= [100 \times 0.803] \times 334 \\ &= 26,820.4 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.2) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(-1.2)-(-18) °C ของน้ำ

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 2.10 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q2 &= m \text{ Cp } \Delta T \\ &= [100 \times 0.803] \times 2.10 \times (18 - 1.2) \\ &= 2,833 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.3) ค่าความร้อนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(-1.2)) °C ของน้ำแข็ง

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง(Cp) 4.23 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q3 &= m \text{ Cp } \Delta T \\ &= [100 \times 0.803] \times 4.23 \times (25 + 1.2) \\ &= 8,900 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.4) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(25-(0)) °C ของเนื้อกุ้ง

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อกุ้ง(Cp) 4.215 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q4 &= m \text{ Cp } \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.803) \times 4.215 \times (25 + 0) \\ &= 2076 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

(1.5) ความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(0-(-18)) °C ของเนื้อกุ้ง

เมื่อ ค่าความร้อนจำเพาะ(Cp)ของเนื้อกุ้ง(Cp) 3.512 kJ/kg °K

$$\begin{aligned} Q5 &= m \text{ Cp } \Delta T \\ &= 100 \times (1 - 0.77) \times 3.512 \times (0 + 18) \\ &= 1,249 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{รวม}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \\
 &= 26,820.4 + 2,833 + 8,900 + 2,076 + 1,249 \\
 &= 41,879 \text{ kJ/hr}
 \end{aligned}$$

∴ ต้องความร้อนออกจากเนื้อวัว 41,879 kJ/hr ในการแช่แข็งเนื้อกึ่ง 100 กิโลกรัมจากอุณหภูมิ 25 °C เป็น -18 °C

(2) การหาขนาดเครื่องทำความเย็น

เมื่อ ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น 80%

$$\text{ขนาดเครื่องทำความเย็น} = 41,879$$

$$(0.8 \times 3600)$$

$$= 15 \text{ kW}$$

∴ ต้องใช้เครื่องทำความเย็นขนาด 15 kW/เนื้อไก่ 100 kg

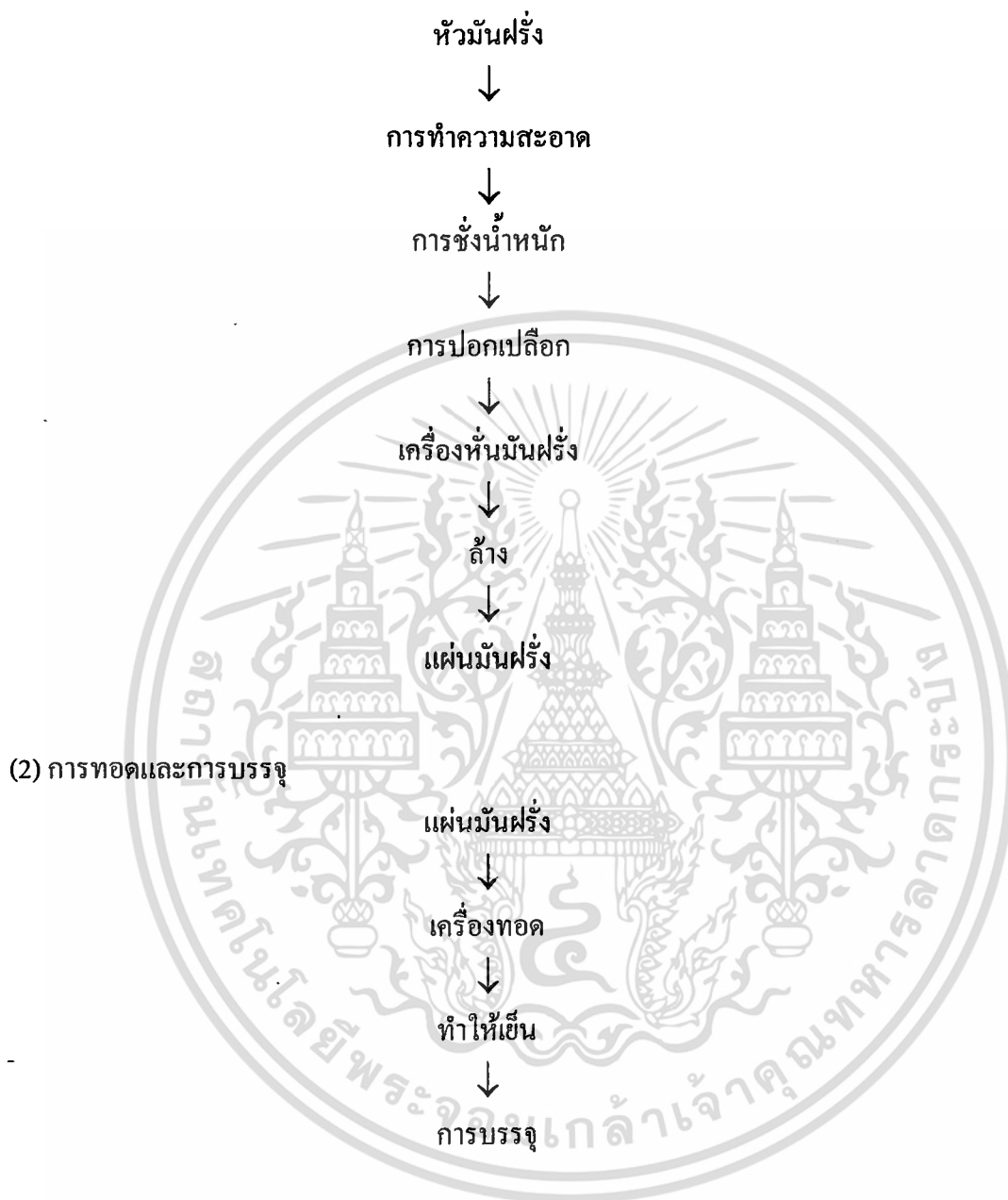


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

(1) กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 3.2.1 (กรณีมีการให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลืองก่อน)

สมมติต้องการให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ทอดแผ่นมันฝรั่ง โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นชนิดไม่มีครีบริดจจากอุณหภูมิ 70°C ไปเป็น 170°C โดยใช้ ใช้น้ำอิมตัวที่อุณหภูมิ 200°C อัตราการไหลของน้ำมันถั่วเหลือง 1000 kg/hr อัตราการไหลของ ใช้น้ำ 600 kg/hr และอุณหภูมิทางออกของใช้น้ำ 110°C

(1) พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

เมื่อ	ความร้อนจำเพาะของน้ำมันถั่วเหลือง	2.203	$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{K}$
	ความร้อนจำเพาะของใช้น้ำอิมตัว	4.280	$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{K}$

$$Q = m C_p \Delta T$$

น้ำมันถั่วเหลือง

$$Q = 1000 \times 2.203 \times (170 - 70)$$

$$= 220300 \quad \text{kJ/hr}$$

ใช้น้ำ

$$Q = 600 \times 4.280 \times (200 - 110)$$

$$= 231,120 \quad \text{kJ/hr}$$

(2) พิจารณาปริมาณ ใช้น้ำที่ใช้ในกระบวนการ

จากตารางคุณสมบัติของ ใช้น้ำอิมตัวที่ 200°C มีค่าพลังงานในการเปลี่ยนสถานะ 1940.7 kJ/kg

$$= \frac{231,120}{1940.7}$$

$$= 120\text{ kg/hr}$$

\therefore ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันถั่วเหลืองจาก 70°C ไปเป็น 170°C ต้องใช้ ใช้น้ำ 120 kg/hr

ตัวอย่างที่ 3.2.2 (กรณีไม่มีการให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลืองก่อน)

สมมติต้องการให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ทอดแผ่นมันฝรั่ง โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นชนิดไม่มีครีบริบติดจากอุณหภูมิ 25 °C ไปเป็น 170 °C โดยใช้ ใช้น้ำอิมตัวที่อุณหภูมิ 200 °C อัตราการไหลของน้ำมันถั่วเหลือง 1000 kg/hr อัตราการไหลของ ใช้น้ำ 600 kg/hr และอุณหภูมิทางออกของ ใช้น้ำ 110 °C

(2) พิจารณาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

เมื่อ	ความร้อนจำเพาะของน้ำมันถั่วเหลือง	2.090	kJ/kg °K
	ความร้อนจำเพาะของ ใช้น้ำอิมตัว	4.250	kJ/kg °K

$$Q = m C_p \Delta T$$

น้ำมันถั่วเหลือง

$$Q = 1000 \times 2.090 \times (170 - 25)$$

$$= 303,050 \quad \text{kJ/hr}$$

ใช้น้ำ

$$Q = 600 \times 4.250 \times (200 - 60)$$

$$= 357,000 \quad \text{kJ/hr}$$

(2) พิจารณาปริมาณ ใช้น้ำที่ใช้ในกระบวนการ

จากตารางคุณสมบัติของ ใช้น้ำอิมตัวที่ 200 °C มีค่าพลังงานในการเปลี่ยนสถานะ 1940.7 kJ/kg

$$= \frac{357,000}{1940.7}$$

$$= 185 \text{ kg/hr}$$

∴ ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันถั่วเหลืองจาก 25 °C ไปเป็น 170 °C ต้องใช้ ใช้น้ำ 185 kg/hr

3.3 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา การวิเคราะห์ค่าพลังงานในกระบวนการแปรรูป พบว่า

- การแปรรูปโดยใช้ความเย็น

การแช่แข็งเนื้อวัว 100 kg ที่อุณหภูมิ -18°C และ -30°C ปรากฏว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในการแช่แข็งเนื้อวัวที่อุณหภูมิ -30°C มีค่าสูงกว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในการแช่แข็งเนื้อวัวที่อุณหภูมิ -18°C

การแช่แข็งเนื้อวัว , เนื้อไก่ และเนื้อกุ้ง 100 kg ที่อุณหภูมิ -18°C ปรากฏว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในการแช่แข็งผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน

- การแปรรูปโดยใช้ความร้อน

ค่าพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองจาก 70°C ไปเป็น 170°C และ 25°C ไปเป็น 170°C ปรากฏว่าค่าพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันถั่วเหลืองจาก 70°C ไปเป็น 170°C สูงกว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองจาก 25°C ไปเป็น 170°C

∴ ในกระบวนการผลิตค่าพลังงานที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบแต่ละชนิด จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ

1. อุณหภูมิ
2. ค่าคงที่ได้แก่ค่า C_p และ k ของผลิตภัณฑ์

โดยที่อุณหภูมิเท่ากันวัตถุดิบที่มีค่าคงที่สูงกว่าจะใช้พลังงานในการแปรรูปสูงกว่าและในผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิแปรรูปต่างกันค่าพลังงานที่ใช้ในการแปรรูปจะขึ้นอยู่กับค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปกับอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวผลิตภัณฑ์

3.4 ข้อเสนอแนะ

1. การแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้ความเย็น

1.1. ผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน อุณหภูมิต่างกัน

จากการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างที่ 3.1.1 กับ 3.1.2 ผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะใช้ค่าพลังงานในการแช่แข็งสูงกว่า เพราะฉะนั้นในการแช่แข็งผลิตภัณฑ์จึงควรทำการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมาจนถึงระดับที่จำเป็นเท่านั้น เช่น อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ -18°C ก็ควรทำการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ให้ได้ -18°C เท่านั้น ไม่ควรลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่านี้ เพราะจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

1.2. ผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน อุณหภูมิเดียวกัน

จากการเปรียบเทียบตัวอย่างที่ 3.1.2, 3.1.3 และ 3.1.4 ผลปรากฏว่าใช้ค่าพลังงานในการแช่แข็งผลิตภัณฑ์ในระดับที่ใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชนิดต่างชนิดกัน ที่อุณหภูมิเดียวกัน จึงสามารถใช้วิธีการ หรือเครื่องมือเดียวกันได้

2. การแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อน

จากการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างที่ 3.2.1 กับ 3.2.2 ผลปรากฏว่าในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการเพิ่มอุณหภูมิมาก่อนจะใช้ค่าพลังงานในการแปรรูปสูงกว่า เพราะฉะนั้นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จึงควรมีการเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาแปรรูปก่อน โดยใช้พลังงานที่เหลือจากกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และลดปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงาน เช่น ในตัวอย่างที่ 3.2.1 พบว่าอุณหภูมิของไอน้ำที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วยังสูงอยู่ สามารถนำมาใช้เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองในตัวอย่างที่ 3.2.2 ได้เพื่อลดปริมาณพลังงานที่ใช้

เอกสารอ้างอิง

- ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์,เทอร์โมไดนามิกส์,กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ ก.วิวรรณ,338 หน้า
- Choi , Y.and Okos, M.R.,Effectsof .1986.Temperature and Composition on the Thermal Properties of Food ,in Food Engineering and Process Applications.vol. 1,Transport phenomena,Maguer,M.and Jelen,P.,Eds.,Elsevier Applied Science,London .
- Edward,B.B. and Micham,P. Physical Properties of Food. U.S.A.: AVI Publishing Company,Inc. 532 pp.
- Fellos,P.J.1998.Food Processing Technology:Principles and Practice.England:Woodhead . Publishing Ltd,.505pp
- Mannheim,H.C.,Steinberg,M.P.Nelson,A.I.and Kendall,T.W.,.1957.The heat content of bread,,Food Technology.
- Potter.N.N. and Hotchkiss.J.H.1998.Food Science,5th ed. Maryland:An Aspen Publication.608 pp.
- Rahman ,S. 1986. Food Properties Handbook. U.S.A. : CRC Press,Inc. 500 pp.
- Romeo,T.T.1991.Fundamentals of Food Process Engineering.2nd ed. Newyork:Vannostrand Rein HOLD.602 pp
- Spiess,W.E.L.and Schubert, H.1989.Engineering and Food : Physical Properties and Process Control.Northern Ireland:The Universities Press(Belfast)Ltd.,945 pp.
- Van Wylen G.J.,Sonntag R.E. and Borganakke C.,1994.Fundamentals of Classical Thermodynamic.New York:John Wiley and Sons.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติของไอน้ำอิ่มตัว

Temperature (°C)	Pressure (kPa)	Specific Volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		
		Pressure	Saturated	Saturated	Saturated	Vapor
		Liquid	Vapor	Liquid	Evaporation	
0.01	0.61	0.001000	206.140000	0.01	2501.3	2501.4
5	0.87	0.001000	147.120000	20.98	2489.6	2510.6
10	1.23	0.001000	106.380000	42.01	2477.7	2519.8
15	1.70	0.001001	77.930000	62.99	2465.9	2528.9
20	2.43	0.001002	57.790000	83.96	2454.1	2538.1
25	3.17	0.001003	43.360000	104.89	2442.3	2547.2
30	4.25	0.001004	32.890000	125.79	2430.5	2556.3
35	5.63	0.001006	25.220000	146.68	2418.6	2565.3
40	7.38	0.001008	19.520000	167.57	2406.7	2574.3
45	9.59	0.001010	15.260000	188.45	2394.8	2583.2
50	12.35	0.001012	12.030000	209.33	2382.7	2592.1
55	15.76	0.001015	9.568000	230.23	2370.7	2600.9
60	19.94	0.001017	7.671000	251013.00	2358.5	2609.6
65	25.03	0.001020	6.197000	272.06	2346.2	2618.3
70	31.19	0.001023	5.042000	292.98	2333.8	2626.8
75	38.58	0.001026	4.131000	313.93	2321.4	2635.3
80	47.39	0.001029	3.407000	334.91	2308.8	2643.7
85	57.83	0.001033	2.828000	355.90	2296	2651.9
90	70.14	0.001036	2.361000	376.92	2283.2	2660.1
95	84.55	0.001040	1.982000	397.96	2270.2	2668.1
100	101.32	0.001044	1.672900	419.04	2257	2676.1
105	120.82	0.001048	1.419400	440.15	2243.7	2683.8
110	143.27	0.001052	1.210200	461.30	2230.2	2691.5
115	169.06	0.001056	1.036600	482.48	2216.5	2699
120	198.53	0.001060	0.891900	503.71	2202.6	2706.3
125	232.10	0.001065	0.770600	524.99	2188.5	2713.5
130	270.10	0.001070	0.668500	546.31	2174.2	2720.5
135	313.00	0.001075	0.582200	567.69	2159.6	2727.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางไอน้ำอิ่มตัว (ต่อ)

Temperature (°C)	Pressure (kPa)	Specific Volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		
		Pressure	Saturated	Saturated	Saturated	Vapor
		Liquid	Vapor	Liquid	Evaporation	
140	361.30	0.001080	0.508900	589.13	2144.7	2733.9
145	415.40	0.001085	0.446300	610.63	2129.6	2740.3
150	575.80	0.001091	0.392800	632.20	2114.3	2746.5
155	543.10	0.001096	0.346800	653.84	2098.6	2752.4
160	617.80	0.001102	0.307100	675.55	2082.6	2758.1
165	700.50	0.001108	0.272700	697.34	2066.2	2763.5
170	791.70	0.001114	0.242800	719.21	2049.5	2768.7
175	892.00	0.001121	0.216800	741.17	2032.4	2773.6
180	1002.10	0.001127	0.194050	763.22	2015	2778.2
185	1122.70	0.001134	0.174090	785.37	1997.1	2782.4
190	1254.41	0.001141	0.156540	807.62	1978.8	2786.4
195	1397.80	0.001149	0.141050	829.98	1960	2790
200	1553.80	0.001157	0.127360	852.45	1940.7	2793.2
205	1723.00	0.001164	0.115210	875.04	1921	2796
210	1906.20	0.001173	0.104410	897.76	1900.7	2798.5
215	2104.00	0.001181	0.094790	920.62	1879.9	2800.5
220	2318.00	0.001190	0.086190	943.62	1858.5	2802.1
225	2548.00	0.001199	0.078490	966.78	1836.5	2803.3
230	2795.00	0.001209	0.071580	990.12	1813.8	2804
235	3060.00	0.001219	0.065370	1013.62	1790.5	2804.2
240	3344.00	0.001229	0.059760	1037.32	1766.5	2803.8
245	3648.00	0.001240	0.054710	1061.23	1741.7	2803
250	3973.00	0.001251	0.050130	1085.36	1716.2	2801.5
255	4319.00	0.001263	0.045980	1109.73	1689.8	2799.5
260	4688.00	0.001276	0.042210	1134.37	1662.5	2796.9
265	5081.00	0.001289	0.038770	1159.28	1634.4	2793.6
270	5499.00	0.001302	0.035640	1184.51	1605.2	2789.7
275	5942.00	0.001317	0.032790	1210.07	1574.9	2785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางไอน้ำอิ่มตัว (ต่อ)

Temperature (°C)	Pressure (kPa)	Specific Volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		
		Pressure	Saturated	Saturated	Saturated	
		Liquid	Vapor	Liquid	Evaporation	Vapor
280	6412.00	0.001332	0.030170	1235.99	1543.6	2779.6
285	6906.00	0.001348	0.027770	1262.31	1511	2773.3
290	7436.00	0.001366	0.025570	1289.07	1477.1	2766.2
295	7993.00	0.001384	0.023540	1316.30	1441.8	2758.1
300	8581.00	0.001404	0.021670	1344.00	1401.9	2749
305	9202.00	0.001425	0.019948	1372.40	1366.4	2738.7
310	9856.00	0.001447	0.018350	1401.30	1326	2727.3
315	10547.00	0.001472	0.016867	1431.00	1283.5	2714.5
320	11274.00	0.001499	0.015488	1461.50	1238.6	2700.1
330	12845.00	0.001561	0.012996	1525.30	1140.6	2665.9
340	14586.00	0.001638	0.010797	1594.20	1027.9	2622
350	16513.00	0.001740	0.008813	1670.60	893.4	2563.9
360	18651.00	0.001893	0.006945	1760.50	720.5	2481
370	21030.00	0.002213	0.004925	1890.50	441.6	2332.1
374.14	22090.00	0.003155	0.003155	2099.30	0	2099.3

ที่มา: Van Wylen G.J., Sonntag R.E. and Borgnakke C., 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้