สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบด

# KINETICS OF COLOR CHANGES IN DURIAN PASTE DURING HEATING

T 049837

โดย

นาย จเรวัฒน์ จรรยาวัติวงศ์

นางสาว จุฑารัตน์ ธีรมโนภาพ

นางสาว พิมพร เตชะมงคลศิลป์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 49837
วัน,เดือน,ปี..... 2 มิ.ย. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบด

ผู้จัดทำ

นายณรวัฒน์ จรรยาวัติวงศ์

นางสาวจุฑารัตน์ ธีรมโนภาพ

นางสาวพิมพร เตชะมงคลศิลป์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบด

นาย จเรวัฒน์ จรรยาวัติวงศ์
นางสาว จุฑารัตน์ ธีรมโนภาพ
นางสาว พิมพร เตชะมงคลศิลป์

ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความร้อน ( ในช่วงอุณหภูมิ 90 – 120 องศาเซลเซียส ) ต่อคุณภาพสีในระบบHunter L,a,b ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดบรรจุกระป๋อง พบว่า ค่าความสว่าง(L) ค่าสีเหลือง (b) และ ค่าความแตกต่างรวมจากสีเริ่มต้น (Total color difference, $\Delta E$) มีการเปลี่ยนแปลงแบบปฏิกิริยาลำดับที่ 1, (First order reaction) ค่า Z ของ L , a , b และ $\Delta E$ เท่ากับ 23.43, 52.73, 18.59 และ 31.00 $^{\circ}C$($r^2$= 0.9136 –0.9976) ตามลำดับ ได้ใช้ Z จากการทดลองร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณหาคุณภาพสีที่เหลืออยู่ในเนื้อทุเรียนหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยพิจารณาอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อในช่วง 110 -130 องศาเซลเซียส ค่า $F_0$ 4-12 นาทีและขนาดกระป๋อง 3 ขนาด พบว่าที่ $F_0$ = 4 นาที อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ 115 องศาเซลเซียส จะเหลือค่าความสว่าง (L) มากที่สุด คือ 82.89 % และเหลือค่าสีเหลือง (b) มากที่สุด คือ 89.38 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# KINETICS OF COLOUR CHANGES IN DURIAN PASTE DURING HEATING

Mr.Charawat Chanyawattiwong

Miss Jutarat Thaeramanophab

Miss Pimporn Techamongkolsilp

Dr. Pimpen Pornchaloempong Advisor

2002

**Abstract**

This research was to study effect of heat (from 90-120 °C) on color (Hunter L, a, b) of durain paste during heating. The changes in Lightness (L), yellowness (b), and Total color difference ($\Delta E$) follow the first order reaction rate and kinetic parameters, Z value were found to be 23.43, 52.73, 18.59 และ 31.00 °C ($r^2$ = 0.9136 –0.9976). The experimental kinetic parameters of L and b value were used in the simulation for volume average color rentent after thermally processed at retort temperature of 110-130 °C. Optimum retort temperature of 115 °C gave maximum retention of L 82.89 % and b 89.38 % for durian packed in can size of 307 x 108, 202 x 202 and 307 x 510 processed at Fo= 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | ก - ข |
| สารบัญตาราง | ค |
| สารบัญรูปภาพ | ง - จ |
| สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ | ฉ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 1 |
| 1.3 ขอบเขตงานวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง | 3 |
| 2.2 ระบบการวัดสี | 7 |
| 2.3 ค่าพารามิเตอร์ทางจลนศาสตร์การแปรรูปด้วยความร้อน (Thermal Processing Parameters) | 8 |
| 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจลนศาสตร์ทางเคมีกับค่าพารามิเตอร์ของจลนศาสตร์การแปร รูปด้วยความร้อน | 9 |
| 2.5 F valve | 10 |
| 2.6 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 11 |
| บทที่ 3 วิธีการทดลอง | |
| ตอนที่ 1การศึกษาค่าจลนศาสตร์การเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบดด้วยความร้อน | |
| 3.1 การเตรียมทุเรียนบดเช่แข็ง | 16 |
| 3.2 วิธีการทดลอง | 17 |
| ตอนที่ 2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินคุณภาพสีที่เหลือหลังการฆ่าเชื้อ | |
| 3.3 การเตรียมทุเรียนบดบรรจุกระป๋อง | 19 |
| 3.4 การหาสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Thermal Diffusivity) | 19 |
| 3.5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของทุเรียนหลังให้ความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ | 20 |
| 3.6 การทำนายสีของทุเรียนกระป๋องหลังให้ความร้อนที่สภาวะต่าง ๆ | 20 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 1 การศึกษาค่าจลนศาสตร์การเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบดด้วยความร้อน

4.1 การเปลี่ยนสีของทุเรียนเมื่อได้รับความร้อน 22

ตอนที่ 2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินคุณภาพสีที่เหลือหลังการฆ่าเชื้อ

4.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของทุเรียนหลังให้ความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ 33

4.3 การทำนายสีของทุเรียนกระป๋องหลังให้ความร้อนที่สภาวะต่าง ๆ 34

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 41

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้านคุณภาพสี 43

ภาคผนวก ข. ตารางแสดงค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ที่ทำนายได้จาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 68

ภาคผนวก ค. ตารางแสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือนของทุเรียนสด –แช่แข็ง 72

กิตติกรรมประกาศ 73

เอกสารอ้างอิง 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนพันธุ์ต่าง ๆ 4

ตารางที่ 2.2 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวกับ kinetics of colour thermal degradation ของผักและผลไม้บางชนิด 13

ตารางที่ 3.1 อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนทุเรียน 17

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่และตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 21

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ 22

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า D ของค่าสีของทุเรียนหมอนทองบด หลังการให้ความร้อน และค่า Z 30

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า k และค่า Ea ของค่าความสว่าง (L) ค่าสีเหลือง (b) และค่า $\Delta E$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 31

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของ L,a,b และ $\Delta E$ ของเนื้อทุเรียนบรรจุกระป๋องหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C และ $F_o$ = 8 นาที 33

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสีทีทำนายได้หลังการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ 34

ตารางที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิสูงสุดและค่า $F_o$ สูงสุดที่ทำให้ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) เหลืออยู่มากที่สุดในเนื้อทุเรียนบรรจุกระป๋องขนาดต่าง ๆ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ


หน้า

รูปที่

รูปที่ 2.1 แสดงผลิตภัณฑ์แปรรูปจากทุเรียน 6

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการวัดค่าสีในระบบ Hunter Color System 7

รูปที่ 2.3 แสดง Death Rate Curve ที่อุณหภูมิ 121 °C 8

รูปที่ 2.4 แสดงการหาค่า Z ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง 9

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการเตรียมทุเรียนบดแช่เข็ง 16

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความสว่างของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อน ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า Log ของค่าความสว่าง (L) ของเนื้อทุเรียนบดหลัง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ 23

รูปที่ 4.3 แสดงกราฟที่ใช้ในการหาค่า Z ของค่าความสว่าง (L) ของทุเรียน พันธุ์หมอนทองบด 24

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าสีเหลือง (b) ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อน ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ 24

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า Log ของค่าสีเหลือง (b) กับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 25

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า Log ของค่าสีเหลือง (b) กับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ เมื่อใช้วิธี Fractional conversion kinetics 25

รูปที่ 4.7 แสดงกราฟที่ใช้หาค่า Z ของคุณภาพสีเหลืองของทุเรียนพันธุ์ หมอนทองบด 26

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าสีแดง (a) ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ 26

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงเฟสและค่า Log ของค่าสีแดง (a) กับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 27

รูปที่ 4.10 แสดงกราฟที่ใช้ในการหาค่า Z ของค่าสีแดง (a) ที่เฟส 1 ของทุเรียนพันธุ์ หมอนทองบด 28

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่า $\Delta E$ ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิและ เวลาต่าง ๆ 28

รูปที่ 4.12 แสดงค่า Log $\Delta E$ เทียบกับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 29


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายการสัญลักษณ์

| | |
|---|---|
| L | ค่าความสว่าง |
| a | ค่าสีแดง |
| b | ค่าสีเหลือง |
| $\Delta E$ | ค่าความแตกต่างรวมของสี (Total color difference) |
| D value | เวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำให้สปอร์จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารหรือปัจจัยคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหารลดลง 90 % ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ |
| Z value | อุณหภูมิที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 10 เท่า |
| Ea | พลังงานกระตุ้น (kcal/mol) |
| k | ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา ($min^{-1}$) |
| $T_s$ | อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K) |
| F | เวลาที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ (นาที) |
| $F_o$ | เวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์หรือคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหารที่ 121.1 °C (นาที) |
| $N_o$ | จำนวนสปอร์เริ่มต้น |
| $N_f$ | จำนวนสปอร์สุดท้ายหลังจากให้ความร้อนที่ F นาที |
| CT | อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุด ในภาชนะบรรจุ |
| R | ค่าคงที่ของ gas = 1.9872 kcal/kg K |
| $\alpha$ | ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความร้อน |
| R | รัศมีของกระป๋อง |
| H | ค่าครึ่งหนึ่งของความสูงของกระป๋อง |
| fh | ค่าส่วนกลับของความชันที่ได้จากกราฟเซมิ – ล็อก ระหว่างเวลากับอุณหภูมิใจกลางทรงกระบอกในช่วงการให้ความร้อน |
| SD | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและได้รับการส่งเสริมเพื่อการส่งออก ในปี 2540 ทุเรียนสดและแช่แข็ง มีปริมาณการส่งออก 78,480 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,733.62 ล้านบาท และในปีต่อ ๆ มา ปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี โดยในปี 2543 มีการส่งออก ปริมาณ112,178 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,321.51 ล้านบาท (http://www.oae.go.th)

ทุเรียนได้รับการกล่าวขานจากนานาประเทศทั่วโลกว่า เป็นราชาแห่งผลไม้ (King of fruits) (http://www.anamai.moph.go.th/nutri/goodnuti/Html/m25.htm) จากการสำรวจพันธุ์ทุเรียนที่ได้รับความนิยมในการแปรรูปหรือส่งออกทั้งผล คือ พันธุ์หมอนทอง ซึ่งมีฤดูกาลในการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม เนื่องจากทุเรียนเคยเป็นผลไม้ที่มีราคาสูง ใช้เวลาในการปลูกเพียงประมาณ 6 - 7 ปี ก็สามารเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ทำให้มีการขยายพื้นที่ในการปลูกมากขึ้น ในฤดูกาลที่มีผลิตผลทุเรียนมาก ทำให้เกิดปัญหาทุเรียนล้นตลาด ราคาจะตกต่ำ จึงได้มีการนำทุเรียนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ทุเรียนกวน,ทุเรียนทอด,เนื้อทุเรียนเข้มข้น,ทุเรียนผง เป็นต้น

ปัญหาของการแปรรูปของทุเรียนด้วนความร้อน คือการเปลี่ยนจากสีเหลืองทองเป็นสีน้ำตาล ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเสื่อมลงของรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีเหลือง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน เมื่อได้รับความร้อน หรือเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากน้ำตาลและโปรตีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่สูงในทุเรียน การเกิดสีน้ำตาลทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังไม่พบว่ามีผู้ได้ทำการศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนสีของทุเรียนมาก่อน ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแปรรูป โดยสีของทุเรียนเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของความร้อนที่มีผลต่อจลศาสตร์การเปลี่ยนสีของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดละเอียด
2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตทุเรียนบรรจุกระป๋องเพื่อให้คุณภาพสีที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.3 ขอบเขตงานวิจัย**

1. การศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนสีของทุเรียน จะใช้เฉพาะทุเรียนพันธุ์หมอนทองสุกเท่านั้น ในช่วงอุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส
2. โครงการนี้จะศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนสีเพื่อนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดบรรจุกระป๋อง

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เพื่อเป็นแนวทางในการแปรรูปทุเรียนบดด้วยความร้อน โดยที่สีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด
2. เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษา และพัฒนาผลิตภัณฑ์จากทุเรียนรูปแบบอื่น ๆ ที่ต้องใช้กระบวนการทางความร้อนในการแปรรูป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

### 2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

ทุเรียนพันธุ์หมอนทองลักษณะผลปานกลาง เปลือกผลออกสีน้ำตาล ก้นผลมีรอยแหลมเล็กน้อยมีเนื้อหนาและมีสีเหลืองนวล เม็ดลีบ รสหวานมันและกลิ่นไม่จัด (นิรมล,2539)

### 2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

องค์ประกอบหลักของทุเรียนคือ น้ำ คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้รวมกันมีถึง 84.7 % ของน้ำหนักทุเรียน และองค์ประกอบที่เหลืออื่น ๆ เช่น วิตามิน และเกลือแร่ มีในปริมาณที่น้อยมาก

1. น้ำ เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในทุเรียน ซึ่งในทุเรียนหมอนทองมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ 49.3 เปอร์เซ็นต์

2. คาร์โบไฮเดรต ทุเรียนประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 30 % ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแป้ง (ประมาณ 12 %) สุดารัตน์ (2536) ได้รายงานว่า พันธุ์ทุเรียนที่แตกต่างกันจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน เช่น ทุเรียนพันธุ์ชะนีมีคาร์โบไฮเดรต 22.3 % ในขณะที่ทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีคาร์โบไฮเดรต 29.6 %

3. ไขมัน เป็นสารอาหารที่มีรองมาจากคาร์โบไฮเดรต ซึ่งในทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีปริมาณไขมันเพียง 3.3 % ซึ่งน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนพันธุ์อื่น เช่น พันธุ์กระดุม พันธุ์ชะนี พันธุ์ก้านยาว

4. โปรตีน โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยในทุเรียนและทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีโปรตีนเพียง 2.1% ซึ่งน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนพันธุ์อื่น ๆ

5. องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น เกลือแร่ และวิตามิน

เนื้อทุเรียนมีสีเหลืองเนื่องมาจากมีสารเบต้า-คาโรทีน เป็นองค์ประกอบ เนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีสีเหลืองอ่อน เนื่องมาจากมีเบต้า-คาโรทีนน้อยที่สุดคือ 46 มิลลิกรัมต่อเนื้อทุเรียน 100 กรัมและเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีซึ่งมีสีเหลืองจัดจนเกือบเป็นสีจำปา จากเบต้า-คาโรทีนมากที่สุดคือ 244 มิลลิกรัมต่อเนื้อทุเรียน 100 กรัม องค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนพันธุ์ต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** แสดงองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนพันธุ์ต่าง ๆ

| ส่วนประกอบของธาตุอาหาร/น้ำหนักผลไม้100 g (Nutrient Composition per 100 g. Edible Portion) | หน่วยวัด | กระดุม | ชะนี | หมอนทอง | ก้านยาว |
|---|---|---|---|---|---|
| ส่วนประกอบสำคัญ (Proximate Composition) | | | | | |
| พลังงาน (Energy) | กิโลแคลอรี่ | 129 | 139 | 156 | 181 |
| ความชื้น (Moisture) | กรัม | 70.9 | 67.3 | 62.5 | 57.3 |
| โปรตีน (Protein) | กรัม | 3.3 | 2.5 | 2.1 | 2.5 |
| ไขมัน (Fat) | กรัม | 4.3 | 4.4 | 3.3 | 4.1 |
| คาร์โบไฮเดรท (Carbohydrate) | กรัม | 19.3 | 22.3 | 29.6 | 33.7 |
| เส้นใยอาหารหยาบ (Crnde Fibre) | กรัม | 1.2 | 2.4 | 1.4 | 1.7 |
| กากอาหาร (Ash) | กรัม | 1 | 1.1 | 0.9 | 1 |
| แคลเซียม (Calcium) | มิลลิกรัม | 49 | 8 | 29 | 18 |
| ฟอสฟอรัส (Phosphorus) | มิลลิกรัม | 27 | 35 | 34 | 36 |
| เหล็ก (Iron) | มิลลิกรัม | 2 | 1.1 | 1.1 | 0.8 |
| วิตามิน (Vitamins) | | | | | |
| เรตินอล (Retenol) | มิลลิกรัม | - | - | - | - |
| เบตา-คาโรทีน (B-Carotene) | มิลลิกรัม | - | 244 | 46 | 134 |
| (Total A (RE)) | มิลลิกรัม | - | 41 | 8 | 22 |
| (Total A) | IU | 612 | - | - | - |
| ไทมีน (Thiamin) | มิลลิกรัม | - | 0.15 | 0.16 | 0.22 |
| ไรโบฟลาวิน(Riboflavin) | มิลลิกรัม | 0.11 | 0.18 | 0.23 | 0.18 |
| ไนอะซิน (Niacin) | มิลลิกรัม | 1 | 3.1 | 2.5 | 2.8 |
| วิตามีน ซี (Vitamin C) | มิลลิกรัม | - | 28 | 35 | 34 |

(ที่มา: http://www.thai.to/seri/kdvill/kd01.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.3 การแปรรูปของทุเรียน**

ทุเรียนสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น

**1. ทุเรียนกวน**

ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหะการเกษตร(2538) กล่าวว่า การกวนทุเรียนทำได้โดยการนำเนื้อทุเรียนสุกมากวนกับน้ำตาลทราย ในอัตราเนื้อทุเรียน 11 กิโลกรัม ต่อ น้ำตาลทราย 2 กิโลกรัม โดยไม่มีการใส่สารเคมีหรือสิ่งเจือปนใด ๆ

สมทรง (2531) กล่าวว่า สำหรับน้ำหนักทุเรียนที่ใช้กวนเริ่มต้น 11.3 กิโลกรัม ต่อน้ำตาลประมาณ 2 กิโลกรัม

ขั้นตอนการผลิตฝ่ายข้อมูลวารสารเคหะการเกษตร(2538) ระบุว่าเวลาในการกวนใช้ประมาณ 3 ชั่วโมง ส่วนการให้ความร้อนนั้นไม่ได้ระบุไว้แน่นอน บอกเพียงแต่ว่าในการกวนทุเรียนนั้น จะมีสีสวยหรือไม่ขึ้นอยู่กับการให้ความร้อน ทำให้ความร้อนมากเกินไป สีจะเข้มและไม่สม่ำเสมอกัน

สมทรง (2531) ระบุว่า การกวนทุเรียนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ช่วงแรกใช้ไฟแรง เป็นเวลานานประมาณ 34 นาที และช่วงหลังใช้ไฟอ่อน เป็นเวลานานประมาณ 58 นาที นอกจากนี้ พบว่าในการยกอุณหภูมิเนื้อทุเรียนเริ่มต้น จากอุณหภูมิห้อง จนกระทั่งเดือด ใช้เวลาประมาณ 17 นาที และเวลาในการระเหยน้ำประมาณ 86 นาที

**2.ทุเรียนแช่แข็ง**

สมทรง (2530) ได้ทำการวิจัย โดยการนำทุเรียนมาผ่าเอาเมล็ดออกที่อุณหภูมิ –40 °C ด้วยระบบ IQF (INDIVIDUAL QUICK FROZEN) แล้วบรรจุลงกล่องพลาสติกเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ -20 ถึง 25 °C โดยทำการตรวจสอบเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าสีของเนื้อทุเรียนแช่แข็งไม่เปลี่ยนแปลง รสชาติคงเดิมและปริมาณธาตุอาหารยังคงสภาพเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

**3.ทุเรียนทอดกรอบ (Durian Chip)**

เป็นการแปรรูปทุเรียนอีกวิธีหนึ่ง โดยนำเนื้อทุเรียนดิบ ที่เปลี่ยนสีจากขาวเป็นสีเหลืองอ่อนมาหั่นให้ชิ้นบางที่สุดขนาดเสมอกัน ผึ่งลมในที่ร่มประมาณครึ่งชั่วโมงให้ชิ้นหมาด แล้วนำไปทอด ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ เป็นที่นิยมทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากรสชาติอร่อย หวาน กรอบและมีกลิ่นหอม ผลตอบแทนในการผลิตสูง และสามารถใช้ทุเรียนร่วงจากลูกพายุ หรือหนอนเจาะเมล็ดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. ทุเรียนทอดนิ่ม (Durian French Fried)**

เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีพัฒนาขึ้นมา เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรในการเพิ่มมูลค่าของทุเรียนให้มากขึ้น โดยนำทุเรียนดิบความแก่ประมาณ 80% มาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมหนาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร ไปทอดในน้ำมันพืชร้อนๆ กลับเนื้อทุเรียนเป็นระยะๆ จนกระทั่งเนื้อเป็นสีเหลือง ตักขึ้นใส่ภาชนะที่มีกระดาษซับน้ำมัน โรยเกลือป่นเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน โดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 °C โดยที่รสชาติไม่เปลี่ยนแปลง

**5. ทุเรียนเชื่อมอบแห้ง (Sweet Dried Durian)**

เป็นการแปรรูปทุเรียน โดยใช้ทุเรียนดิบความแก่ประมาณ 80% มาเชื่อมประมาณ 10 นาที แล้วนำใส่ภาชนะเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 °C ประมาณ 2-3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งเนื้อทุเรียนแห้งหมาด สามารถเก็บได้นานเป็นเวลา 1 เดือนที่อุณหภูมิห้องปกติ และเก็บได้นานกว่า 6 เดือนภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ -20 °C

**รูปที่ 2.1** แสดงผลิตภัณฑ์แปรรูปจากทุเรียน

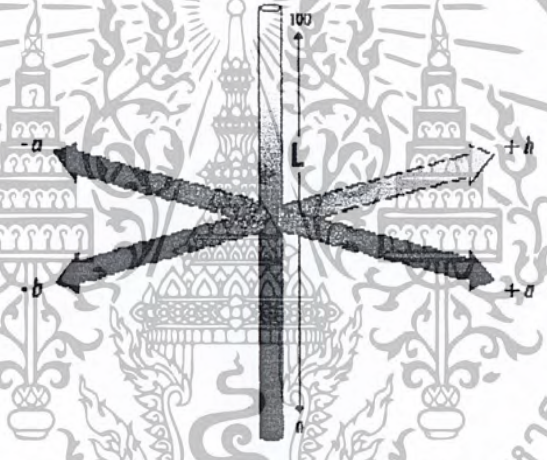
(ที่มา :http://www.oae.go.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2 ระบบการวัดสี**

ระบบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางได้แก่ ระบบมันเซลล์ ระบบซีไออี (X,Y,Z) และระบบ Hunter Color (L,a,b)

ในงานวิจัยทางด้านอาหาร ระบบ Hunter Color (L,a,b) เป็นระบบการวัดสีที่นิยมนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง (Hayakawa และ Timbers(1977),Shin และ Bhowmilk(1995),Lazano และ Ibarz(1995),Barreio และคณะ(1997),Avila และ Silva (1998)) ซึ่งเป็นระบบที่มีการพัฒนามาจากค่าซีไออีไตรสิมิวลัส (X,Y,Z) และค่าพิกัดซีไออีโครติซิตี (x,y,z) เพื่อให้สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสมการสำหรับการระบุสีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นคัลเลอร์สเปซ (Color Space) ดังรูปที่ 2.2




**รูปที่ 2.2** แสดงตัวอย่างการวัดค่าสีในระบบ Hunter Color System

จากรูปที่ 2.2 ค่า L ใช้กำหนดค่าความสว่าง

L = 0 แสดงถึงตัวอย่างที่มีสีดำอย่างสมบูรณ์

L = 100 แสดงถึงตัวอย่างที่มีสีขาวอย่างสมบูรณ์

ค่า a ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

a = + สีจะไปในทิศทางของสีแดง

a = - สีจะไปในทิศทางของสีเขียว

ค่า b ใช้กำหนดค่าสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b = + สีจะไปในทิศทางของสีเหลือง

b = - สีจะไปในทิศทางของสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนอกจากนี้ ในกรณีที่มีตัวอย่างหลาย ๆ ชิ้น ที่ต้องการเทียบสีกับตัวอย่างมาตรฐาน อาจบอกค่าความแตกต่างโดยใช้ตัวเลขตัวเดียวคือ $\Delta E$ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างรวมของสี (Total color difference) ทำให้สามารถระบุสีได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจากสมการ

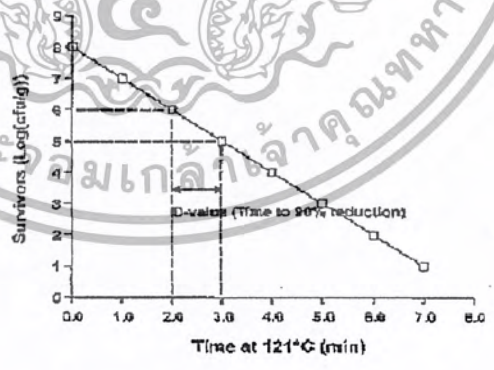
$$\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2}$$

**2.3 ค่าพารามิเตอร์ทางจลนศาสตร์การแปรรูปด้วยความร้อน (Thermal Processing Parameters)**

**2.3.1 D value**

**D value (decimal reduction time หรือ death rate constant)** คือ เวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำให้สปอร์จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารหรือปัจจัยคุณภาพด้านต่าง ๆ ของอาหาร เช่น สี เนื้อสัมผัส สารอาหารลดลง 90% ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ค่า **D** หาได้จากความชันของกราฟ ซึ่งพล็อตระหว่างเวลาในแกนนอนและปริมาณเชื้อที่รอดชีวิตอยู่หรือปริมาณคุณภาพที่เราสนใจที่ยังคงเหลืออยู่หลังให้ความร้อนซึ่งอยู่ในแกนตั้งบนกราฟ semilog

ค่า **D** แสดงถึง การทนความร้อนของจุลินทรีย์หรือคุณภาพอาหาร ดังนั้น จุลินทรีย์หรือปัจจัยคุณภาพอาหารที่ค่า **D** มาก จะทนความร้อนสูง ยิ่งค่า **D** สูงมากเท่าไร การทำลายด้วยความร้อนนั้นจะยิ่งยากขึ้น



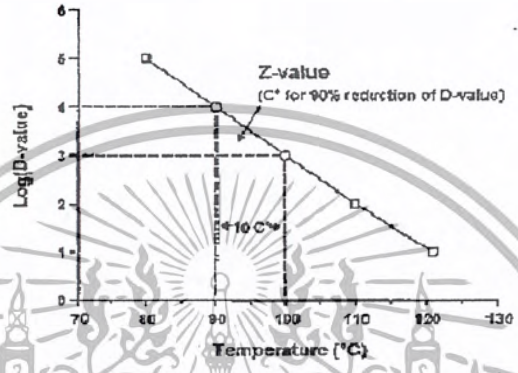

**รูปที่2.3** แสดง Death Rate Curve ที่อุณหภูมิ 121 °C

(ที่มา : http://www.eng.auburn.edu/users/wfgale/usda_course/section0_5_page_3.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.2 Z value**

**Z value** คือ อุณหภูมิที่ทำให้ค่า **D** เปลี่ยนไป 10 เท่า (การลดค่า **D** ลง 1 log cycle) ค่า **Z** หาได้จากการ พล็อตกราฟระหว่าง ค่า **D** ในแกนตั้งและอุณหภูมิในแนวแกนนอนบนกราฟ semi log กราฟที่ได้จะมีชื่อว่า Thermal Death Time Curve




**รูปที่ 2.4** แสดงการหาค่า Z ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง

(ที่มา : http://www.eng.auburn.edu/users/wfgale/usda_course/section0_5_page_3.htm)

**2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจลนศาสตร์ทางเคมีกับค่าพารามิเตอร์ของจลนศาสตร์การแปรรูปด้วยความร้อน**

เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของจลนศาสตร์การแปรรูปด้วยความร้อน (ค่า D,Z) กับค่าจลนศาสตร์ทางเคมีซึ่งได้แก่ ค่าพลังงานกระตุ้น (Ea) และค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) จากความสัมพันธ์ดังสมการ (Singh and Heldman,1993)

$$Ea = 19.15\ T_a^{\ 2}/Z \qquad (1)$$

โดยที่ Ea = พลังงานกระตุ้น (kcal/mol)

$T_a$ = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

Z = อุณหภูมิที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k = 2.303 / D \quad (2)$$

โดยที่ k = ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (1/t)

D = เวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำให้ปริมาณคุณภาพลดลง 90% จากปริมาณเริ่มต้น ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

**2.5 F value**

F value หรือ Sterilizing value คือ จำนวนนาทีที่อุณหภูมิที่กำหนดที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวน ค่า F จะต้องกำหนดอุณหภูมิที่ใช้และค่า F ของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดให้ $F_0$ คือ จำนวนนาทีที่ 121.1 °C สำหรับทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนซึ่งมีค่า ค่า F หาได้จากสูตร

$$F = D(\log N_0 - \log N_f)$$

เมื่อ F = เวลาที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ (นาที)

$N_0$ = จำนวนสปอร์เริ่มต้น

$N_f$ = จำนวนสปอร์สุดท้ายหลังจากให้ความร้อน F นาที

ค่า F มีความสำคัญมาก จะเรียกเป็น Process lethality ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบกระบวนการที่ให้ความร้อนแตกต่างกัน สามารถแสดงค่า F ที่อุณหภูมิอื่น ๆ เป็นค่า ที่ 121.1 °C ได้โดยใช้สูตร

$$\text{Lethal_rate} = \frac{1}{\log^{-1}\frac{(121.1 - CT)}{Z}}$$

เมื่อ CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชะบรรจุ

Z = ค่า Z ของเชื้อ Clostridium Botulinum ซึ่งเท่ากับ 10 °C

ค่า Lethal rate มีความหมายว่า แต่ละนาทีที่อุณหภูมิที่ทำการให้ความร้อนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อเท่ากับกี่นาทีของที่ 121.1 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า $F_o$ ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารเพื่อให้ปลอดภัยจาก Clostridium botulinum มีค่าเท่ากับ 3.0 นาที แต่ในทางปฏิบัติ กระบวนการฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมอาหารจะต้องใช้มากกว่า เพราะยังมีสปอร์ของจุลินทรีย์อื่นที่ทนความร้อนได้สูงกว่าอยู่ในอาหารซึ่งสามารถทำให้เกิดการเน่าเสียได้

**2.6 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Hayakawa และ Timbers (1977) ได้ศึกษาผลของความร้อนต่อการเสื่อมลงของคุณภาพสีของ bamboo shoot green beans และ green peas โดยให้ความร้อนว่ามีอัตราส่วนในการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลมากน้อยต่างกันอย่างไร โดยทำการศึกษาใน bamboo shoot, green beans และ green peas ซึ่งถูกแช่แข็งมาก่อน ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 175-300 °F การวัดค่าสีจะวัดในอัตราส่วนของ –a/b ได้ว่าเป็นไปความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง โดยค่า Ea ของค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

Shin และ Bhowmilk (1995) ได้ทดลองเกี่ยวกับการเสื่อมลงเนื่องจากผลของความร้อนในผลิตภัณฑ์ Pea Puree ที่อุณหภูมิ 110 115 120 และ 125 °C แล้วนำมาปั่นผสมกัน วัดค่า Hunter color(L, a ,b)ด้วยเครื่อง LabScan IISystem spectro-colorimeter (model LS – 5400) จากการทดลองจะได้ค่าพารามิเตอร์ทางจลนศาสตร์(D) ของ –La/b เป็นไปตามความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง ค่า Ea และ k แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

Lazano และ Ibarz (1995) ได้ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อแอปเปิ้ล, พีช และพลัมบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำการทดลอง ให้ความร้อน โดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 56,66,80 และ94 °C แล้วนำมาวัดค่าสีด้วยพารามิเตอร์ Hunter a,b และ L โดยใช้ Hunterlab colour difference meter,Model D25L – 2 (Hunter Assoc. Laboratory,VA,USA) โดยการเทียบค่ามาตรฐานแป้ง (L = 92.8, a = -0.8, b = 0.1)แล้วนำมาหาค่า k และค่าพลังงานกระตุ้น (Ea) ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 2.2

Barreio และคณะ (1997) ได้ศึกษาการเปลี่ยนสีของมะเขือเทศเข้มข้นด้วยความร้อนในช่วงอุณหภูมิ70 – 100 °C โดยวิธี Capillary tube method โดยวัดสีในระบบ Hunter L, a, b คำนวณค่าความแตกต่างของสี (Color difference,$\Delta E$) จากการคำนวณหาค่าจลนศาสตรทางเคมี (Ea และ k) จากสมการ Arrhenius พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของสี เป็นไปตามความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง ยกเว้นค่า $\Delta E$ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์อันดับศูนย์ และยังพบว่า ค่า L มีการเปลี่ยนแปลงเป็นความสัมพันธ์แบบ 2 ช่วงต่อเนื่องกัน โดยค่า Ea และ k ของพารามิเตอร์สีต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Avila และ Silva (1998)ได้ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อพีชบดที่อุณหภูมิ 110 – 135 °C โดยวัดค่าสีในระบบ L,a,b และคำนวณค่าความแตกต่างของสี ($\Delta E$) แล้วคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนศาสตร์ โดยใช้สมการ Arrhenius พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า L, a, b, La/b และ $\Delta E$ เป็นแบบความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง ค่า Ea และ k ของค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2**

แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวกับ kinetics of colour thermal degradation ของผักและผลไม้บางชนิด

| อ้างอิงจาก | ผลิตภัณฑ์ | ช่วงอุณหภูมิที่ทดลอง (°C) | เครื่องมือที่ใช้วัดสี | Colour parameter | Kinetics | $D_{121\,^{\circ}C}$( min ) | Z ( °C ) | k ($s^{-1}$) | Ea (kcal/mol) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hayakawa and Timbers (1977) | Asparagus | 79.4 -149 | Gardner AC - 1 | -a/b | First order | - | 41.7 | - | 18 |
| | Green beans | | | | First order | - | 38.9 | - | 19.71 |
| | Green peas | | | | First order | - | 39.4 | - | 15.12 |
| Ohlsson (1980) | Vegetables | 110 - 134 | Hunter Lab | L | First order | - | 21 | - | - |
| | Tomato sauce | | | | First order | - | 28 | - | - |
| Rao และ คณะ (1981) | Peas | 98.9 - 126.7 | Hunter D25-3 | a/b | First order | 13.2 | 38.3 | - | 17.42 |
| Aguerre and Suarez (1987 ) | Corn | 57 - 100 | Hunter Lab - LS-5000 | TCD | Zero order | - | - | - | 16.92 |
| Merin และ คณะ (1987) | Prickly pear fruit | 50 - 90 | Spectrophoto-meter | Absorvance at 535 nm. | First order | 4.19 | 24.5 | $3.30 \times 10^{1}$ | 10.68 |

| อ้างอิงจาก | ผลิตภัณฑ์ | ช่วงอุณหภูมิที่ทดลอง (°C) | เครื่องมือที่ใช้วัดสี | Colour parameter | Kinetics | $D_{121\,^{\circ}C}$( min ) | Z ( °C ) | k ($s^{-1}$) | Ea (kcal/mol) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rhim, Nunes, and Jones ( 1989 ) | Grape juice | 60 - 90 | Spectrogard Colour system | L | First order | - | - | $1.30 \times 10^{12}$ | 27.32 |
| Shin and Bhowmik (1995) | Pea puree | 110 - 125 | Hunter Lab LS-5400 | - La/b | First order | 31.1 | 42.9 | $1.29 \times 10^{6}$ | 16.17 |
| Steet and Tong (1996 ) | Peas | 70 - 90 | Minolta CR-210 | -a | Fract. Conv. | - | - | $9.75 \times 10^{10}$ | 18.11 |
| Barreiro และ คณะ (1997) | Double concentrate tomato paste | 70 - 100 | Gardner XL-23 | L(1st Phase) | First order | - | - | $4.85 \times 10^{6}$ | 11.45 |
| | | | | L(2nd Phase) | First order | - | - | $2.16 \times 10^{2}$ | 5.70 |
| | | | | a | First order | - | - | $5.37 \times 10^{5}$ | 9.74 |
| | | | | b | First order | - | - | $2.63 \times 10^{11}$ | 20.40 |
| | | | | SI | First order | - | - | $6.43 \times 10^{5}$ | 10.05 |
| | | | | a/b | First order | - | - | $1.09 \times 10^{4}$ | 6.83 |
| | | | | TCD | Zero order | - | - | $2.40 \times 10^{7}$ | 10.15 |

| อ้างอิงจาก | ผลิตภัณฑ์ | ช่วงอุณหภูมิที่ทดลอง (°C) | เครื่องมือที่ใช้วัดสี | Colour parameter | Kinetics | $D_{121\,^{\circ}C}$( min ) | Z ( °C ) | k ($s^{-1}$) | Ea (kcal/mol) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lozano and Ibarz (1997) | Apple pulp | 56 - 94 | Hunterlab | L | First order | - | - | $1.37 \times 10^{10}$ | 15.77 |
| | Peach pulp | | D25L-2 | L | First order | - | - | $13.5 \times 10^{5}$ | 10.72 |
| | Plum pulp | | | L | First order | - | - | $1.74 \times 10^{8}$ | 16.12 |
| | Apple pulp | | | TCD | Fract. Conv. | - | - | $1.97 \times 10^{1}$ | 6.79 |
| | Peach pulp | | | TCD | Fract. Conv. | - | - | $1.12 \times 10^{3}$ | 9.44 |
| Avila and Silva (1998) | Peach puree | 110 - 123 | Minolta Chroma Meter Cr - 300 | L | First order | - | - | $2.9 \times 10^{-3}$ | 25.48 |
| | | | | a | Fract. Conv. | - | - | $4.0 \times 10^{-3}$ | 25.95 |
| | | | | b | First order | - | - | $0.03 \times 10^{-3}$ | 25.24 |
| | | | | La/b | Fract. Conv | - | - | $0.023 \times 10^{-3}$ | 25.24 |
| | | | | TCD | Fract. Conv | - | - | $0.0085 \times 10^{-3}$ | 28.33 |

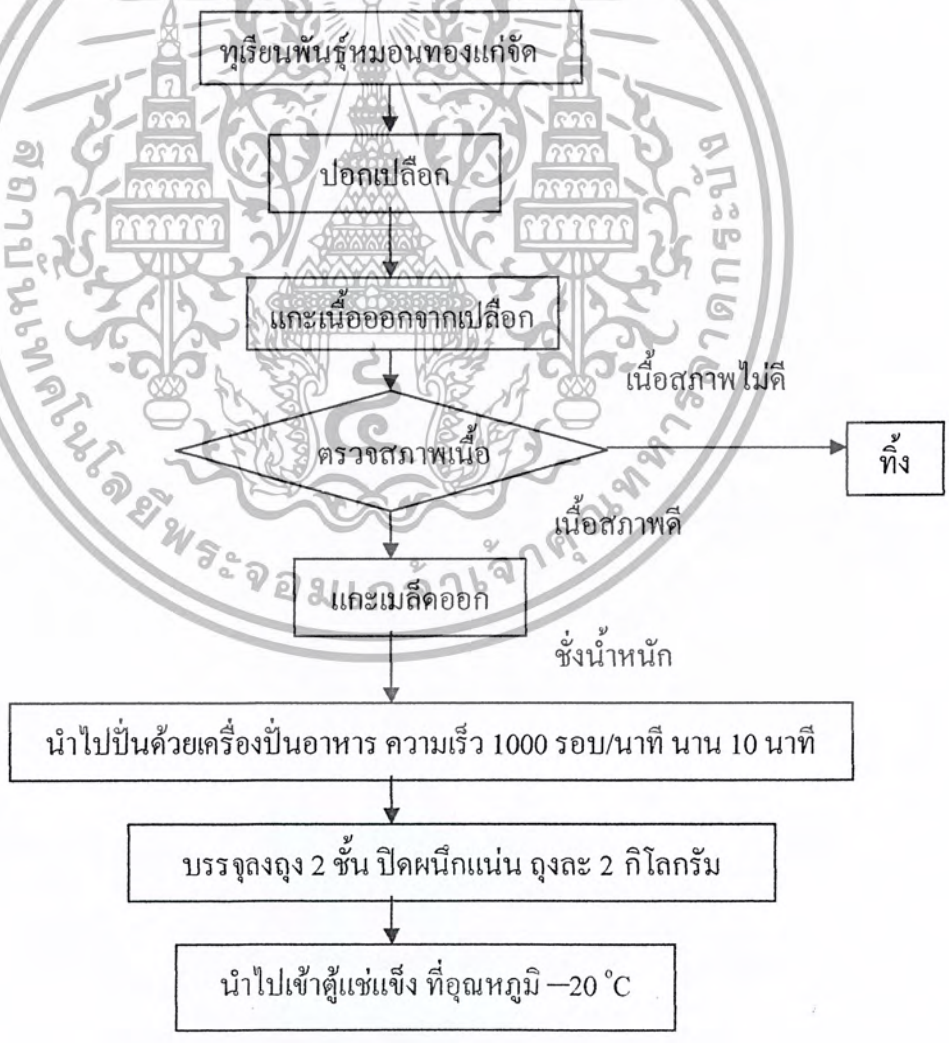
ดัดแปลงจาก Avila and Silva (1998)

# บทที่ 3
# วิธีการทดลอง

**<u>ตอนที่ 1</u> การศึกษาค่าจลนศาสตร์การเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบดด้วยความร้อน**

**3.1 การเตรียมทุเรียนบดแช่แข็ง**

ซื้อทุเรียนแก่จัดพันธุ์หมอนทอง *(Durio zibethinus Linn)* มาปอกเปลือก และแกะเมล็ดออก นำเนื้อมาบดด้วยเครื่องปั่นอาหารที่ความเร็ว 1000 รอบ/นาที นาน 10 นาที แล้วมาบรรจุลงถุง 2 ชั้น ถุงละ 2 กิโลกรัม ปิดผนึก เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 °C จนกว่าจะทำการทดลอง ดังรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** แผนผังแสดงการเตรียมทุเรียนบดแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**3.2 วิธีการทดลอง**

**3.2.1 การให้ความร้อน**

นำทุเรียนบดแช่แข็งมาละลายที่อุณหภูมิห้อง แล้วยีผ่านตระแกรงขนาด 100 mesh. จากนั้นนำไปศึกษาการเปลี่ยนสีด้วยความร้อนด้วยวิธี modified capilary tube method (Stumbo,1973) โดยใช้หลอดแก้วที่มีฝาเกลียวปิดสนิท (Pyrex) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซ.ม. ยาว 7 ซ.ม. นำเนื้อทุเรียนบดละเอียดที่ทำการละลายแล้วบรรจุใส่ในหลอด หลอดละ 10 กรัม โดยระวังไม่ให้มีโพรงอากาศแทรกในหลอด ปิดฝาเกลียวให้สนิท แต่ละการทดลองใช้ทุเรียน 5 หลอด ทำซ้ำการทดลองละ 3 ครั้ง แล้วนำไปทำการอุ่นด้วยไมโครเวฟ เป็นเวลา 30 วินาที โดยใส่ในภาชนะที่บรรจุน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 °C เพื่อให้อุณหภูมิของเนื้อทุเรียนภายในหลอดได้ 90 °C อย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบคือ 90 – 120 °C โดยที่อุณหภูมิ 90 °C ควบคุมอุณหภูมิโดย อ่างควบคุมอุณหภูมิชนิดใช้น้ำเป็นตัวกลางความร้อน(Memmert 854 Schwabach W-GERMANY,Germany) และที่ 100,110,120 °C โดยอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยใช้น้ำมันเป็นตัวกลางความร้อน (Memmert GmbH+Co.KG.model D-1126,Germany) และใช้เวลา ดังแสดงในตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนทุเรียนบด

| อุณหภูมิ( °C) | เวลาที่ให้ความร้อน (นาที) |
|---|---|
| 90 | 0 300 600 900 1200 1500 |
| 100 | 0 120 240 360 480 600 |
| 110 | 0 35 70 105 140 175 |
| 120 | 0 25 50 75 100 120 |

**3.2.2** การวัดคุณภาพสีหลังให้ความร้อน

หลังให้ความร้อน นำมาตักเนื้อทุเรียนทั้ง 5 หลอด ออกผสมกันให้ทั่ว บรรจุลงถุงพลาสติกใส ขนาด 3x5 นิ้ว แล้วปิดผนึกถุงให้แน่น ทำการวัดสีด้วย Colourmeter( TRI – STI MULUS model Color J.C. 801,Japan ) เพื่อวัดค่าความสว่าง(L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง(b) แต่ละตัวอย่างวัด 5 ซ้ำ และคำนวณค่า $\Delta E$ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างรวมของสีโดยเทียบสีกับของตัวอย่างเริ่มต้นที่ไม่ได้ให้ความร้อนจากสมการ

$$\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2} \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
49837

**3.2.3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของจลนศาสตร์การแปรรูปด้วยความร้อนและค่าจลนศาสตร์ทางเคมี**

**D value (decimal reduction time หรือ death rate constant)** คือ เวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำให้ค่าพารามิเตอร์สีลดลง 90% จากค่าเริ่มต้น

$$D = \frac{t}{\log N_o - \log N} \qquad (4)$$

โดยที่ D = เวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำให้คุณภาพสี ลดลง 90 % ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

t = เวลาที่ลดค่าสีลง 90 % จากค่าเริ่มต้น(นาที)

$N_o$ = ค่าสีเริ่มต้นก่อนให้ความร้อน

N = ค่าสีหลังให้ความร้อน

**Z value** คือ อุณหภูมิที่ทำให้ค่า **D** เปลี่ยนไป 10 เท่า (การลดค่า **D** ลง 1 log cycle)

$$z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_{T1} - \log D_{T2}} \qquad (5)$$

โดยที่ Z = อุณหภูมิที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 10 เท่า

$T_1$ = อุณหภูมิเริ่มต้น(°C)

$T_2$ = อุณหภูมิสุดท้าย(°C)

$D_{T1}$ = ค่า D ที่อุณหภูมิเริ่มต้น

$D_{T2}$ = ค่า D ที่อุณหภูมิสุดท้าย

$$A = A_o e^{-kt} \qquad (6)$$

โดยที่ A = ค่าความเข้มข้นสุดท้าย

$A_0$ = ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น

k = ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (1/t)

t = เวลา(นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k = Ae^{-Ea/RT} \quad (7)$$

โดยที่ Ea = พลังงานกระตุ้น (kcal/mol)

R = ค่าคงที่ของ gas = 1.9872 kcal/kg K

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

ตอนที่ 2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินคุณภาพสีที่เหลือหลังการฆ่าเชื้อ

**3.3 การเตรียมทุเรียนบดบรรจุกระป๋อง**

นำทุเรียนบดแช่แข็งมาละลายที่อุณหภูมิห้อง แล้วยีผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh จากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยเตาแก๊สจนอุณหภูมิ 70 °C แล้ววัดสีเริ่มต้น นำมาบรรจุกระป๋องขนาด 307 x 108 แบบอัดแน่นบรรจุกระป๋องละประมาณ 198 กรัม แล้วนำไปปิดฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดฝา

**3.4 การหาสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย(Thermal Diffusivity)**

นำทุเรียนบดที่บรรจุกระป๋องแล้วเข้าหม้อฆ่าเชื้อ เสียบสายเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด J เพื่อวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางกระป๋องและที่ภายในหม้อฆ่าเชื้อบริเวณใกล้กับตำแหน่งของกระป๋องโดยต่อสายเข้ากับเครื่อง บันทึกอุณหภูมิ (Ellab9008,Ellab,Denmerk) ทำการไล่อากาศในหม้อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 10 นาที แล้วคงอุณหภูมิไว้ที่ 110 °C และ120 °C จนค่า Fo ของกระป๋องที่ช้าสุดวัดได้ 4 นาที และ 8 นาทีตามลำดับ แล้วทำให้เย็นลงด้วยน้ำเย็นจนอุณหภูมิภายในกระป๋องวัดได้ประมาณ 50 °C ทำการทดลองครั้งละ 9 กระป๋อง

นำข้อมูลอุณหภูมิภายในกระป๋องไปหาค่า fh โดยการพล็อตกราฟระหว่างค่า log ของอุณหภูมิกับเวลา จะได้ค่า fh เป็นค่าลบของส่วนกลับของความชัน ซึ่งค่า fhเป็นดัชนีสำคัญที่จะชี้ว่าอาหารมีการถ่ายเทช้าเร็วเพียงใด ถ้า fh น้อย แสดงว่าอาหารมีการถ่ายเทความร้อนรวดเร็ว แล้วนำค่า fh ที่ได้มาหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความร้อน(Thermal diffusivity ,$\alpha$) จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\alpha = \frac{0.39832}{fh\left(\frac{1}{R^2} + \frac{0.4267}{H^2}\right)}$$

โดยที่ R = รัศมีของกระป๋อง

H = ค่าครึ่งหนึ่งของความสูงของกระป๋อง

ซึ่งค่า $\alpha$ ที่ได้จะนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำนายอุณหภูมิภายในกระป๋อง

**3.5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของทุเรียนหลังให้ความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ**

หลังจากทำให้เย็นลงแล้ว นำทุเรียนกระป๋องออกจากหม้อฆ่าเชื้อ เปิดกระป๋องบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสขนาด 3 x 5 นิ้ว ปิดผนึกให้แน่น เพื่อทำการวัดค่าสี ด้วย Colorimeter (TRI-STIMULUS model Color J.C. 801,Germany) เปรียบเทียบกับค่าสีที่ทำนายโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Can_Cal Program พัฒนาโดย Prof. Dr. M.O.Balaban, University of Florida) เพื่อทำนายคุณสมบัติในอาหารกระป๋องที่บรรจุแบบอัดแน่น โดยข้อมูลที่ป้อนให้โปรแกรมคือ อุณหภูมิภายนอกตลอดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ ค่า $\alpha$ ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 3.4 ค่า D และค่า Z ของการเปลี่ยนสีของทุเรียนที่ได้จากการทดลองหัวข้อ 3.2.3

**3.6 การทำนายสีของทุเรียนกระป๋องหลังให้ความร้อนที่สภาวะต่าง ๆ**

ทำนายค่าสีของทุเรียนในสภาวะการฆ่าเชื้อต่าง ๆ โดยใช้ Can_Cal Program เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะคงรักษาสีของทุเรียนหลังการฆ่าเชื้อ โดยทำนายค่า L และ b ที่เหลืออยู่หลังการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.2** ค่าคงที่ และ ตัวแปร ที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

| ค่าคงที่ที่ใช้ในโปรแกรม | | |
|---|---|---|
| อุณหภูมิเริ่มต้น ($T_i$) | = 63 °C | $\alpha_{heating}$ = $8x10^{-6}$ $m^2/s$ |
| อุณหภูมิอ้างอิง ($T_{ref}$) | = 121.1 °C | $\alpha_{cooling}$ = $7x10^{-6}$ $m^2/s$ |
| อุณหภูมิน้ำเย็น ($T_{cooling}$) | = 30 °C | $Z_L$ = 23.43 °C |
| อุณหภูมิสุดท้าย ($T_{center}$) | = 50 °C | $Z_b$ = 18.59°C |
| ตัวแปรที่ใช้ | | |
| อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อคงที่ ($T_{retort}$) | = 110, 115, 120, 125 และ 130 °C | |
| $F_o$ | = 4, 8 และ 12 นาที | |
| กระป๋องบรรจุอาหารขนาด 202 x 202 ,307 x 108,307 x 510 | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

**<u>ตอนที่ 1</u> การศึกษาค่าจลนศาสตร์การเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนบดด้วยความร้อน**

## 4.1 การเปลี่ยนสีของทุเรียนเมื่อได้รับความร้อน

**ตารางที่ 4.1** แสดงค่าความสว่าง(L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง(b) ที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ

| อุณหภูมิ (°C) | เวลา (นาที) | ค่าสี | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | L | SD | a | SD | b | SD |
| 90 | 0 | 76.42 | 0.81 | -2.42 | 0.17 | 22.49 | 0.76 |
| | 300 | 60.53 | 0.53 | 2.59 | 0.88 | 21.57 | 0.37 |
| | 600 | 50.48 | 0.73 | 8.90 | 0.60 | 21.45 | 0.77 |
| | 900 | 44.82 | 0.51 | 10.49 | 0.57 | 19.92 | 0.31 |
| | 1200 | 41.52 | 0.40 | 10.68 | 0.90 | 17.91 | 0.20 |
| | 1500 | 38.86 | 1.11 | 11.26 | 0.60 | 17.42 | 0.39 |
| 100 | 0 | 76.42 | 0.81 | -2.42 | 0.17 | 22.49 | 0.76 |
| | 120 | 60.70 | 1.08 | 5.14 | 0.46 | 22.24 | 0.52 |
| | 240 | 54.85 | 1.17 | 10.37 | 0.33 | 22.99 | 0.37 |
| | 360 | 46.28 | 0.94 | 10.50 | 0.41 | 19.59 | 0.56 |
| | 480 | 45.88 | 0.46 | 12.27 | 0.48 | 20.25 | 0.48 |
| | 600 | 43.67 | 1.08 | 12.51 | 0.24 | 19.48 | 0.57 |
| 110 | 0 | 76.42 | 0.81 | -2.42 | 0.17 | 22.49 | 0.76 |
| | 35 | 56.33 | 0.41 | 2.49 | 0.24 | 21.25 | 0.18 |
| | 70 | 49.20 | 0.48 | 7.58 | 0.21 | 20.72 | 0.36 |
| | 105 | 40.96 | 0.49 | 9.43 | 0.25 | 17.78 | 0.36 |
| | 140 | 40.15 | 0.83 | 9.82 | 0.23 | 17.01 | 0.54 |
| | 175 | 35.43 | 0.43 | 9.51 | 0.20 | 14.58 | 0.89 |
| 120 | 0 | 76.42 | 0.81 | -2.42 | 0.17 | 22.49 | 0.76 |
| | 25 | 49.99 | 1.29 | 7.38 | 0.44 | 21.03 | 0.48 |
| | 50 | 42.78 | 0.62 | 9.26 | 0.09 | 18.38 | 0.68 |
| | 75 | 35.56 | 0.21 | 9.66 | 0.16 | 15.36 | 0.33 |
| | 100 | 31.15 | 0.34 | 9.97 | 0.21 | 12.50 | 0.45 |
| | 125 | 30.66 | 0.62 | 10.78 | 0.25 | 12.32 | 0.23 |

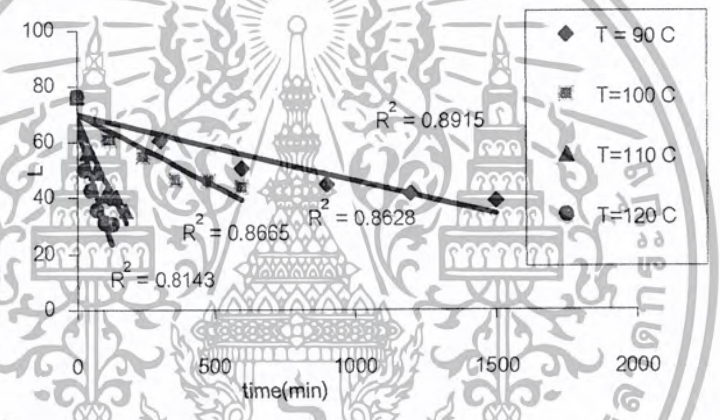
<u>หมายเหตุ</u> ค่าเฉลี่ยและ SD จากการวัด 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความสว่าง(L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง(b)ของเนื้อทุเรียนที่วัดจากการทดลองจำนวน 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) มีค่าอยู่ในช่วง 0.09 – 1.29 ซึ่งถือว่ามีค่าความแปรปรวนในการทดลองน้อยมาก เนื่องจากทุเรียนที่นำมาใช้ได้นำมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันตลอดการทดลอง ค่าที่ได้จึงสม่ำเสมอ

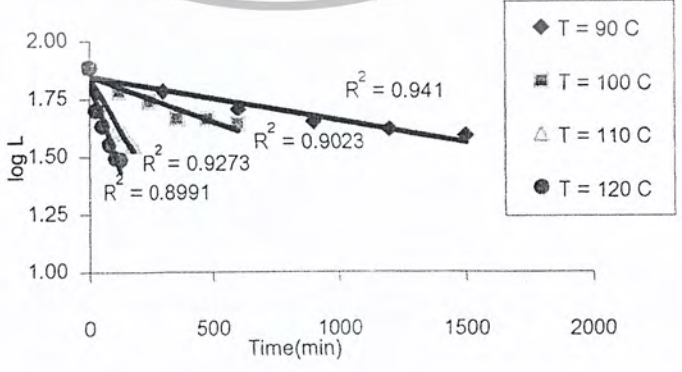
### 4.1.1 ค่าความสว่าง (L)

เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน และใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่าความสว่าง (L) ของเนื้อทุเรียนหลังให้ความร้อนจะลดลงหรือทุเรียนมีสีคล้ำขึ้น ดังกราฟค่าความสว่างของแต่ละอุณหภูมิ รูปที่ 4.1




**รูปที่ 4.1** กราฟแสดงค่าความสว่างของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ

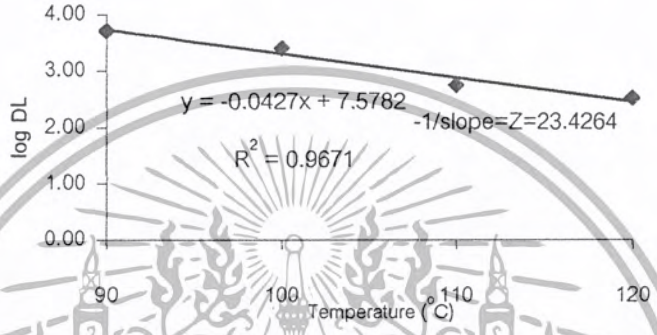
เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของค่าความสว่าง(L) กับเวลา จะทำให้ค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) มีค่าสูงขึ้น คือมีค่ามากกว่า 0.89 ซึ่งจัดว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงค่า L แบบความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Reaction) แสดงในรูปที่ 4.2




**รูปที่ 4.2** กราฟแสดงค่า log ของค่าความสว่าง (L) ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

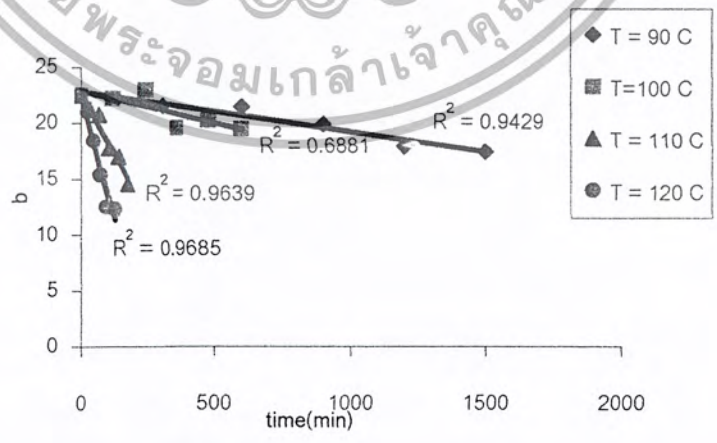
จากรูปที่ 4.2 ค่า D (Decimal Reduction Time) ได้จากส่วนกลับความชันของกราฟที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 °C จะได้ 5221.05, 2539.91, 559.38 และ 326.512 นาที ตามลำดับ เมื่อนำค่า log $D_L$ มาพล็อตกราฟกับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.3 จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ส่วนกลับของความชัน คือ ค่า Z (Thermal Resistance) ซึ่งเป็นค่าแสดงความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 23.43 °C โดยมีค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) เท่ากับ 0.9671




**รูปที่ 4.3** แสดงกราฟที่ใช้ในการหาค่า Z ของค่าความสว่าง(L)ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบด

**4.1.2 ค่าสีเหลือง (b)**

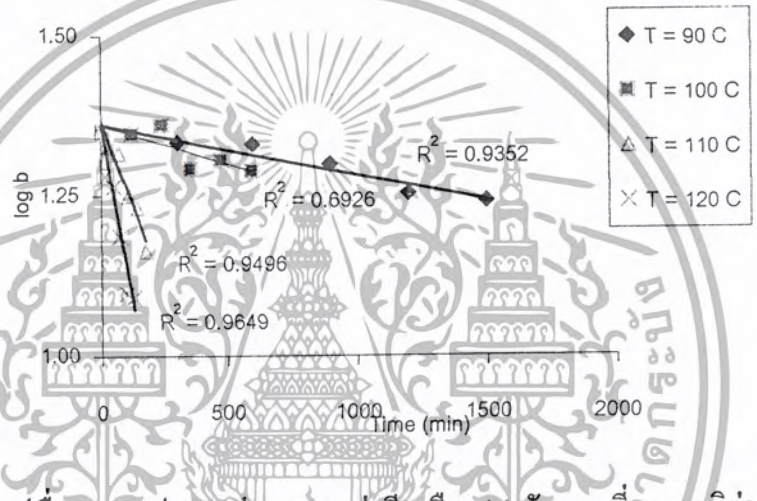
เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน ใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่าสีเหลือง (b) ของเนื้อทุเรียนหลังให้ความร้อนจะลดลง ดังกราฟค่าสีเหลืองของแต่ละอุณหภูมิ รูปที่ 4.4



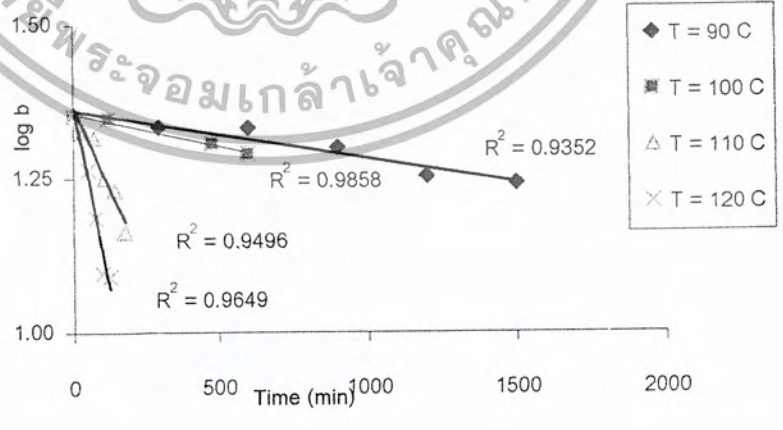

**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงค่าสีเหลือง(b) ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟ เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของค่าสีเหลือง(b) กับเวลา พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงค่า b ที่อุณหภูมิ 100 °C มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ ($R^2$ = 0.6926) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 อาจเนื่องมาจากการใช้เวลาให้ความร้อนน้อยเกินไป จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าจากค่า b ที่อุณหภูมิ 100 °C ของเวลาสุดท้าย (600 นาที)เท่ากับ 19.48ซึ่งสูงกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ(ค่าระหว่าง 12.32-17.42) เมื่อตัดค่า b ที่เวลา 240 และ 360 นาทีออก ทำให้ค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) มีค่าเพิ่มขึ้น คือมีค่ามากกว่า 0.9352 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Reaction) แสดงใน รูปที่ 4.6



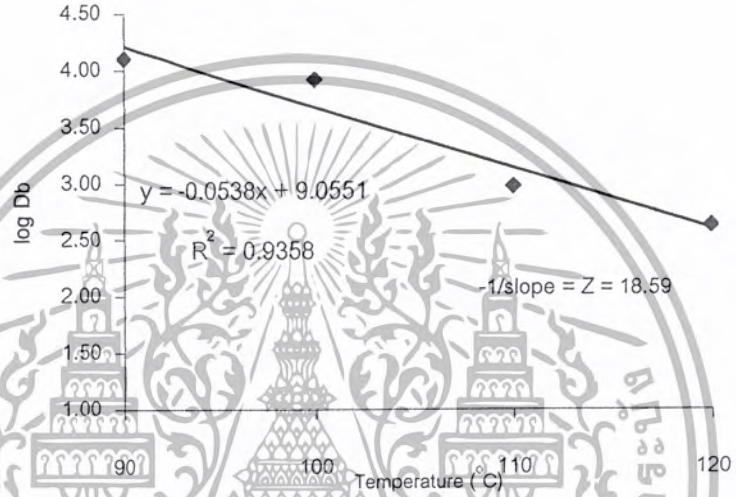

**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงค่า logของค่าสีเหลือง (b) กับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ




**รูปที่ 4.6** กราฟแสดงค่า logของค่าสีเหลือง (b) กับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ เมื่อใช้วิธี Fractional conversion kinetics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

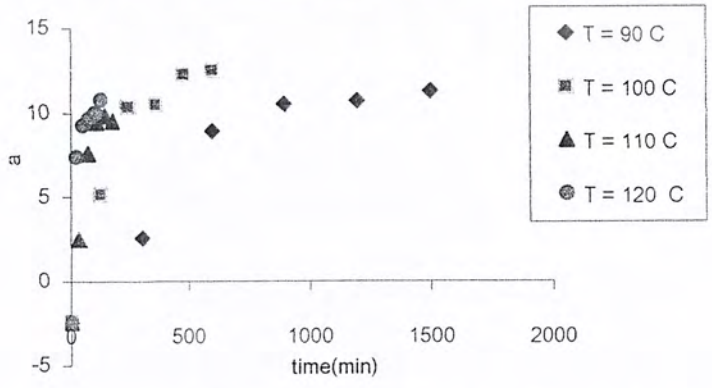
จากรูปที่ 4.6 สามารถหาค่า D (Decimal Reduction Time) ได้จากส่วนกลับความชันของกราฟที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 °C จะได้ 12746.22, 8340.79, 944.53และ 424.42 นาที ตามลำดับ เมื่อนำค่า log $D_t$ มาพล็อตกราฟกับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.6 จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ส่วนกลับของความชัน คือ ค่า Z (Thermal Resistance) ซึ่งเป็นค่าแสดงความต้านทานของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 18.59 °C โดยมีค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) = 0.9976




**รูปที่ 4.7** แสดงกราฟที่ใช้หาค่า Z ของคุณภาพสีเหลืองของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบด

### 4.1.3 ค่าสีแดง (a)

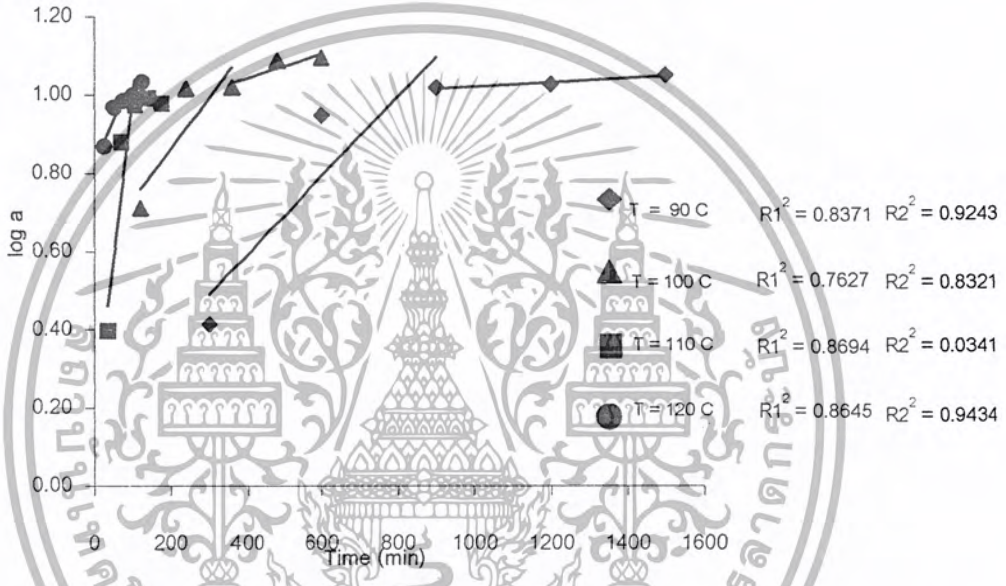
เมื่อเนื้อทุเรียนยังไม่ให้ความร้อนได้ค่า a เป็นลบ (a = -2.42) แสดงว่าเนื้อทุเรียนมีสีเขียวเล็กน้อย เมื่อให้ความร้อนค่า a จะเปลี่ยนเป็นค่าบวก หรือเนื้อทุเรียนเปลี่ยนเป็นสีแดง ดังกราฟแสดงค่าสีแดงหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ รูปที่ 4.8




**รูปที่ 4.8** กราฟแสดงค่าสีแดง(a)ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

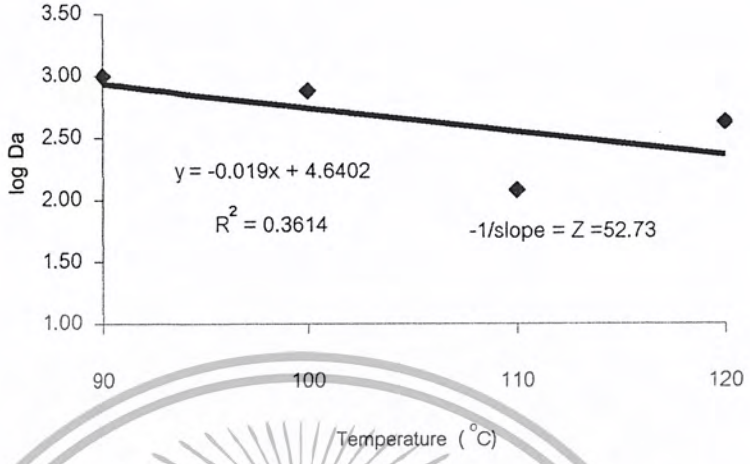
เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของค่าสีแดง(a) กับเวลา โดยใช้วิธี Fractional conversion kinetics (Avila and Silva,1999) โดยตัดข้อมูลของสีเริ่มต้นที่เป็นลบออกได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 4.9 พบว่ากราฟที่ได้แบ่งออกเป็น 2 เฟส เฟสแรกเมื่อให้ความร้อนค่าสีแดงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.76 -0.86 ในเฟสที่ 2 จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงอย่างช้ามาก หรือมีค่าความชันเข้าใกล้ศูนย์




**รูปที่ 4.9** กราฟแสดงเฟส และค่า logของค่าสีแดง (a) กับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.9 เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของค่าสีแดง(a) กับเวลา เพื่อหาค่า $D_T$ พบว่าในเฟสที่ 1 สามารถหาค่า D (Decimal Reduction Time) ได้จากส่วนกลับความชันของกราฟที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 °C จะได้ 988.01, 772.85, 121.05และ 427.64 นาที ตามลำดับ เมื่อนำค่า log $D_a$ มาพล็อตกราฟกับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.10 จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ส่วนกลับของความชัน คือ ค่า Z (Thermal Resistance) ซึ่งเป็นค่าแสดงความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 52.73 °C โดยมีค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) เท่ากับ 0.3614

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

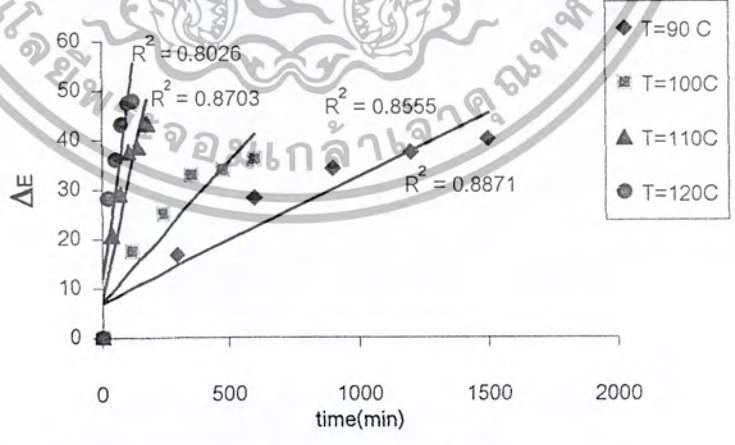



**รูปที่ 4.10** แสดงกราฟที่ใช้ในการหาค่า Z ของค่าสีแดง (a) ที่เฟส 1 ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบด

ส่วนเฟส 2 มีความชันที่น้อยมาก (เข้าใกล้ 0) แสดงว่าในเฟสที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงน้อยมาก และทำให้ไม่สามารถค่า D และ Z ได้

### 4.1.4 ค่าความแตกต่างรวมของสี (Total color difference, $\Delta E$)

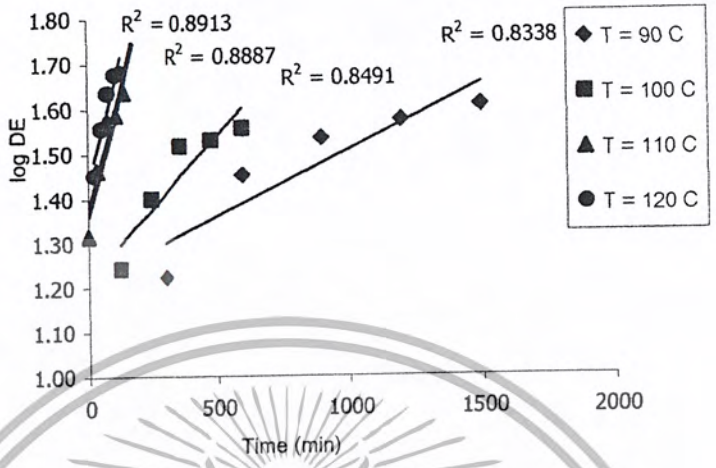
เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน และใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่า $\Delta E$ ของเนื้อทุเรียนหลังให้ความร้อนจะเพิ่มขึ้น ดังกราฟค่า $\Delta E$ ของแต่ละอุณหภูมิ รูปที่ 4.11




**รูปที่ 4.11** กราฟแสดงค่า $\Delta E$ ของเนื้อทุเรียนบดหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

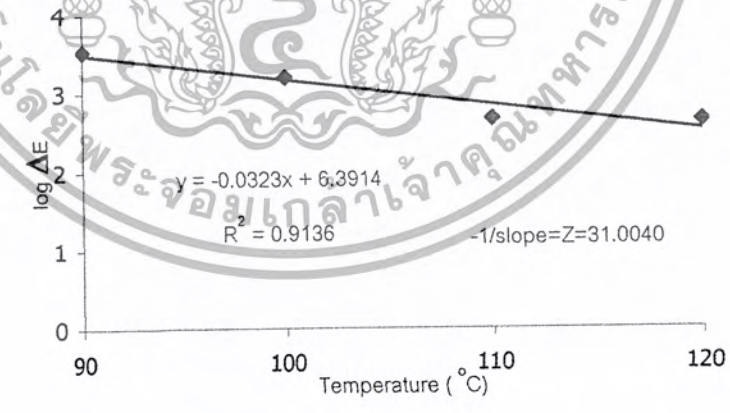
เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของค่า $\Delta E$ กับเวลา จะทำให้ค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) มีค่าเพิ่มขึ้น คือมีค่ามากกว่า 0.8338 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบความสัมพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Reaction) แสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4. 12** แสดงค่า log $\Delta E$ เทียบกับเวลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.12 สามารถหาค่า D (Decimal Reduction Time) ได้จากส่วนกลับความชันของกราฟที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 °C จะได้ 3384.61,1573.09,456.40 และ430.05 นาที ตามลำดับ เมื่อนำค่า log $D_{\Delta E}$ มาพล็อตกราฟกับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.13 จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ส่วนกลับของความชัน คือ ค่า Z (Thermal Resistance) ซึ่งเป็นค่าแสดงความต้านทานของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 31 °C โดยมีค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) = 0.9136




**รูปที่ 4.13** แสดงกราฟที่ใช้ในการหาค่า Z ของ$\Delta E$ ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.2** แสดงค่า D ของค่าสีของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบด หลังการให้ความร้อน และค่า Z

| อุณหภูมิ (°C) | $D_L$ (นาที) | $R^2$ | $D_b$ (นาที) | $R^2$ | $D_{\Delta E}$ (นาที) | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | 5221.05 | 0.9410 | 12746.22 | 0.9352 | 3384.61 | 0.8338 |
| 100 | 2539.91 | 0.9023 | 8340.79 | 0.6926 | 1573.09 | 0.8491 |
| 110 | 559.38 | 0.9273 | 944.53 | 0.9496 | 456.40 | 0.8887 |
| 120 | 326.51 | 0.8991 | 424.42 | 0.9649 | 430.05 | 0.8913 |
| $D_{ref21.1^oC}$ | 318.48 | | 631.99 | | 306.89 | |
| Z (°C) | 23.43 | | 18.59 | | 31.00 | |
| $R^2$ | 0.9671 | | 0.9976 | | 0.9136 | |

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่า D ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิสูงการลดลงของค่าสีจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันที่อุณหภูมิต่ำการลดลงของค่าสีจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ส่วนค่า Z ของค่า $\Delta E$ มีค่ามากที่สุดคือ 31 °C สามารถอธิบายได้ว่าทุเรียนบด เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป 31 °C จะทำให้ได้ค่า D ของค่าสีลดลง 10 เท่า

**4.1.5 ค่า Rate constant (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (Ea)**

ค่า k ของปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยค่า k สามารถหาได้จาก Arrhenius equation (สมการที่ 6) ค่า k ที่ได้จะนำมาหาค่าพลังงานกระตุ้น (Ea) จากสมการที่ 7 ดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** แสดงค่า k และ Ea ของค่าความสว่าง (L) ค่าสีเหลือง (b) และค่า $\Delta E$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

| T (°C) | L | | b | | $\Delta E$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $k_L(min^{-1})x10^{-4}$ | $R^2$ | $k_b(min^{-1})\ x10^{-4}$ | $R^2$ | $k_{\Delta E}\ (min^{-1})\ x10^{-4}$ | $R^2$ |
| 90 | 4.41 | 0.9410 | 1.82 | 0.9352 | 6.80 | 0.8338 |
| 100 | 9.07 | 0.9023 | 2.76 | 0.6927 | 14.64 | 0.8491 |
| 110 | 41.16 | 0.9273 | 24.38 | 0.9496 | 50.45 | 0.8887 |
| 120 | 70.52 | 0.8991 | 54.25 | 0.9649 | 53.54 | 0.8913 |
| Ea (kcal/mol) | 27.88 | | 72.97 | | 21.15 | |
| $R^2$ | 0.9680 | | 0.7080 | | 0.9220 | |

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่า k ของค่าสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อ อุณหภูมิสูงขึ้น โดย k ของค่าความสว่างที่อุณหภูมิ 120 °C มีค่ามากที่สุด คือ $70.52\ x10^{-4}\ min^{-1}$ สามารถอธิบายได้ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ของการเปลี่ยนค่าความสว่าง สามารถเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว ส่วน Ea ของค่า $\Delta E$ มีค่าน้อยที่สุดคือ $21.15\ x10^{-4}$ kcal/mol สามารถอธิบายได้ว่าพลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาของทุเรียนบดพันธุ์หมอนทองนั้นมีน้อย จึงต้องการพลังงานในรูปความร้อน กล่าวคือต้องมีอุณหภูมิที่มากพอที่จะสามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาภายในของทุเรียน และผลที่ได้จากปฏิกิริยา คือ ค่า $\Delta E$ ที่ลดลง

ค่า $k_L$ ของทุเรียนที่อุณหภูมิ 120 °C มีค่าเท่ากับ $70.52\ x10^{-4}\ min^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า $k_L$ ของ peach puree($k_L = 2.9\ x\ 10^{-3}\ min^{-1}$) และ plum($k_L = 6.74\ x\ 10^{-4}\ min^{-1}$) พบว่าค่า $k_L$ ของทุเรียนมีค่ามากกว่าค่า $k_L$ ของ peach puree (Avila and Silva,1999) และมากกว่าค่า $k_L$ ของ plum (Lozano and Ibarz, 1997) คือ อัตราคงที่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของทุเรียนเกิดเร็วกว่า plum และ peach puree

ค่า Ea (L) ของทุเรียนมีค่าเท่ากับ 27.88 kcal/mol เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Ea ของ peach puree (Ea = 25.48 kcal/mol) และ plum (Ea = 16.20 kcal/mol) พบว่าค่า Ea ของทุเรียนมีค่ามากกว่าค่า Ea ของ peach puree และ plum คือ ทุเรียนใช้พลังงานกระตุ้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างสูงกว่า peach puree และ plum

ค่า $k_b$ ของทุเรียนที่อุณหภูมิ 120 °C เท่ากับ $54.25\ x\ 10^{-4}\ min^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า $k_b$ ของ peach puree ($k_b = 4.0\ x\ 10^{-3}\ min^{-1}$) พบว่าค่า $k_b$ ของทุเรียนมีค่ามากกว่าค่า $k_b$ ของ peach puree (Avila

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Silva,1999) คือ อัตราคงที่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองของทุเรียนเกิดเร็วกว่า peach puree

ค่า Ea (b) ของทุเรียนมีค่าเท่ากับ 72.97 kcal/mol เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Ea ของ peach puree (Ea = 25.48 kcal/mol) พบว่าค่า Ea ของทุเรียนมีค่ามากกว่าค่า Ea ของ peach puree คือ ทุเรียนใช้พลังงานกระตุ้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองสูงกว่า peach puree

ค่า $k_{\Delta E}$ของทุเรียนที่อุณหภูมิ 120 °C มีค่าเท่ากับ 53.54 x $10^{-4}$ $min^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า $k_{\Delta E}$ ของ peach puree ($k_{\Delta E}$ = 8.5 x $10^{-3}$ $min^{-1}$) และ plum ($k_{\Delta E}$ = 4.39 x $10^{-6}$ $min^{-1}$) พบว่าค่า $k_L$ ของทุเรียนมีค่าน้อยกว่าค่า $k_{\Delta E}$ ของ peach puree (Avila and Silva,1999) แต่มากกว่าค่า $k_L$ ของ plum (Lozano and Ibarz, 1997) คือ อัตราคงที่ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า $\Delta E$ ของทุเรียนเกิดช้ากว่า peach puree แต่เกิดเร็วกว่า plum

ค่า Ea ($\Delta E$) ของทุเรียนมีค่าเท่ากับ 21.12 kcal/mol เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Ea ของ peach puree (Ea = 28.33 kcal/mol ) และ plum (Ea = 8.60 kcal/mol ) พบว่าค่า Ea ของทุเรียนมีค่าน้อยกว่าค่า Ea ของ peach puree และค่า Ea ของทุเรียนมีค่ามากกว่าค่า Ea ของ plum คือ ทุเรียนใช้พลังงานกระตุ้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า $\Delta E$ น้อยกว่า peach puree แต่สูงกว่า plum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**<u>ตอนที่ 2</u> การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินคุณภาพสีที่เหลือหลังการฆ่าเชื้อ**

**4.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของทุเรียนหลังให้ความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ**

**ตารางที่ 4.4** แสดงค่าเฉลี่ยของ L, a, b และ $\Delta E$ ของเนื้อทุเรียนบรรจุกระป๋องหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C และ $F_o$ = 8 นาที

| กระป๋องที่ | $\Delta E$ | L | a | b |
|---|---|---|---|---|
| * เริ่มต้น | 0 | 59.53 | -2.09 | 19.91 |
| 1 | 23.52 | 39.59 | 9.78 | 16.07 |
| 2 | 21.33 | 41.85 | 9.53 | 17.21 |
| 3 | 21.62 | 41.53 | 9.62 | 17.36 |
| 4 | 21.79 | 41.28 | 9.54 | 17.39 |
| 5 | 21.76 | 41.88 | 9.63 | 17.31 |
| 6 | 22.32 | 40.88 | 9.81 | 16.93 |
| 7 | 22.28 | 40.79 | 9.8 | 17.12 |
| 8 | 21.34 | 41.85 | 9.81 | 17.48 |
| ค่าเฉลี่ย | 22.00 | 43.24 | 8.38 | 17.42 |

* หมายเหตุ เริ่มต้นของทุเรียนบดหลังให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70 °C แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว

จากการทำนายค่าสีของทุเรียนบดบรรจุกระป๋องหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C และ $F_o$ = 8 นาที โดยใช้ Can_Cal Program โดยใช้ค่า $D_{ref}$ ,ค่า Z และอุณหภูมิจริงที่วัดได้จากการทดลอง (ผลการทำนายที่ได้จากโปรแกรมแสดงในภาคผนวกที่ ข) พบว่าค่าความสว่าง (L) ที่ทำนายได้มีค่าคงเหลือร้อยละ 73.013 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น 59.53 ซึ่งคำนวณเป็นค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 43.46 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง คือ ค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 43.24 คิดเป็นค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.52 % ซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่า $D_{ref}$ และค่า Z จากการทดลองมาใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนายสีของทุเรียนบรรจุกระป๋องได้ในสภาวะอื่น ๆ ได้ด้วยความมั่นใจ ส่วนค่าสีเหลือง (b)ที่ทำนายได้มีค่าคงเหลือร้อยละ 80.598 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น 19.91 ซึ่งคำนวณเป็นค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 16.04 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง คือ ค่าเหลือง (b) เท่ากับ 17.42 คิดเป็นค่าความผิดพลาดเท่ากับ 7.88 % ซึ่งถือว่าน้อย

**4.3 การทำนายสีของทุเรียนกระป๋องหลังให้ความร้อนที่สภาวะต่าง ๆ**

ทำนายค่าสีของทุเรียนในสภาวะการฆ่าเชื้อต่าง ๆ โดยใช้ Can_Cal Program หาสภาวะที่เหมาะสมที่จะคงรักษาสีของทุเรียนหลังการฆ่าเชื้อ โดยทำนายค่า L และ b ที่เหลืออยู่หลังการฆ่าเชื้อ ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** แสดงค่าสีที่ทำนายได้หลังการฆ่าเชื้อ ที่สภาวะต่าง ๆ

ก. กระป๋องขนาด 307 x 108 (รัศมี 44 mm. สูง 38 mm. )

| RT(°C) | Fo=4 | | Fo=8 | | Fo=12 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %retention (L) | %retention (b) | %retention (L) | %retention (b) | %retention (L) | %retention (b) |
| 110 | 79.85 | 88.56 | 68.28 | 81.22 | 58.41 | 74.49 |
| 115 | 82.89 | 89.38 | 76.02 | 84.66 | 70.06 | 80.42 |
| 120 | 82.64 | 88.12 | 77.80 | 84.46 | 73.98 | 81.49 |
| 125 | 80.65 | 85.35 | 76.50 | 81.88 | 73.56 | 79.38 |
| 130 | 77.38 | 81.05 | 73.45 | 77.46 | 70.66 | 74.87 |

ข. กระป๋องขนาด 202 x 202 (รัศมี 27 mm. สูง 54 mm. )

| RT(°C) | Fo=4 | | Fo=8 | | Fo=12 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %retention (L) | %retention (b) | %retention (L) | %retention (b) | %retention (L) | %retention (b) |
| 110 | 76.03 | 86.42 | 64.924 | 79.178 | 55.512 | 72.592 |
| 115 | 77.71 | 86.19 | 70.544 | 81.142 | 64.651 | 76.817 |
| 120 | 76.42 | 83.88 | 70.84 | 79.574 | 66.681 | 76.261 |
| 125 | 73.41 | 79.868 | 68.38 | 75.627 | 64.845 | 72.569 |
| 130 | 69.005 | 74.114 | 64.23 | 69.76 | 61.017 | 66.767 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

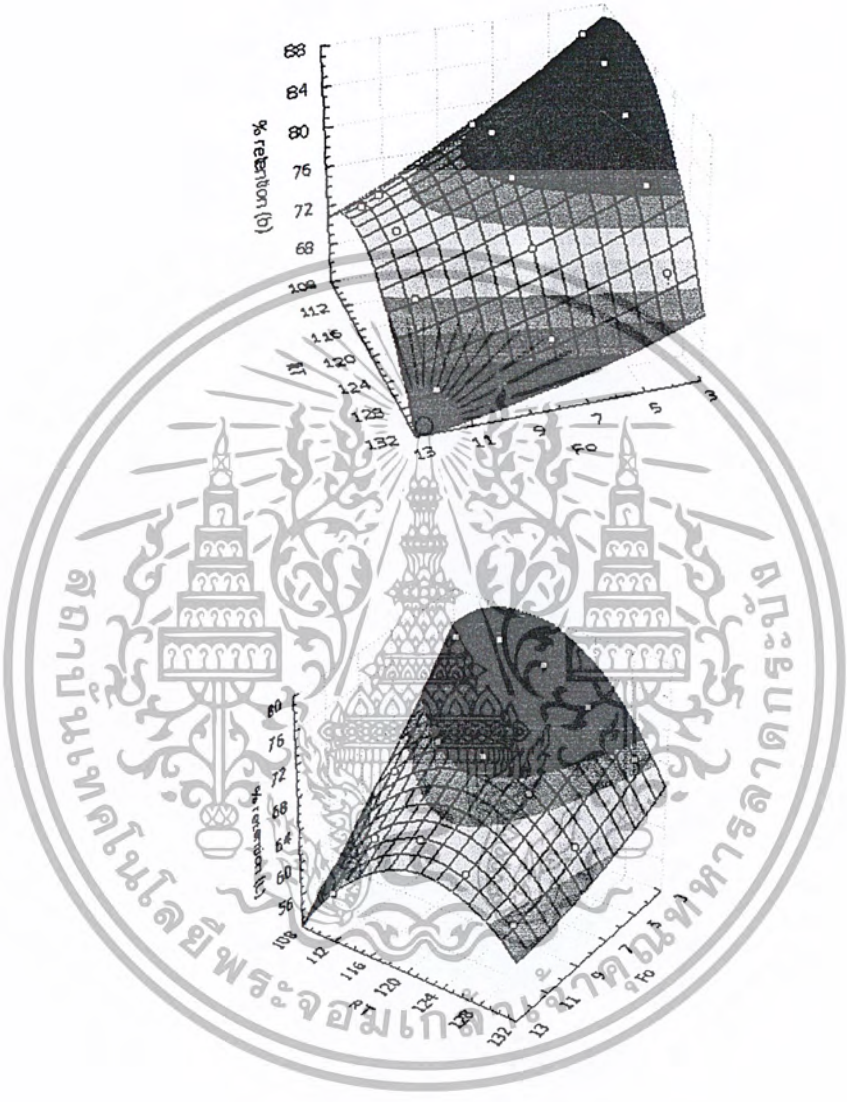
ค. กระป๋องขนาด 307 x 510 (รัศมี 44 mm. สูง 143 mm. )

| RT(°C) | Fo=4 | | Fo=8 | | Fo=12 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %retention (L) | %retention (b) | %retention (L) | %retention (b) | %retention (L) | %retention (b) |
| 110 | 70.034 | 82.951 | 59.287 | 75.63 | 50.611 | 69.281 |
| 115 | 70.129 | 81.357 | 62.422 | 75.68 | 56.605 | 71.197 |
| 120 | 67.602 | 77.641 | 61.193 | 72.489 | 56.593 | 68.658 |
| 125 | 63.475 | 72.131 | 57.564 | 66.976 | 53.582 | 63.393 |
| 130 | 58.34 | 65.22 | 52.696 | 59.967 | 49.008 | 56.436 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

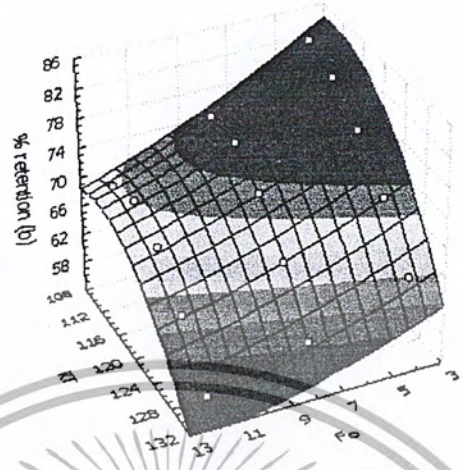
**รูปที่ 4.14** แสดงค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) ที่เหลืออยู่หลังให้ความร้อนในกระป๋องขนาด 307 x 108 ที่อุณหภูมิและ $F_o$ ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.15** แสดงค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) ที่เหลืออยู่หลังให้ความร้อนในกระป๋องขนาด 202 x 202 ที่อุณหภูมิและ $F_o$ ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.16** แสดงค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) ที่เหลืออยู่หลังให้ความร้อน ในกระป๋องขนาด 307 x 510 ที่อุณหภูมิและ $F_o$ ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** แสดงอุณหภูมิสูงสุดและค่า $F_0$ สูงสุดที่ทำให้ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) เหลืออยู่มากที่สุดในเนื้อทุเรียนบรรจุกระป๋องขนาดต่าง ๆ

| ขนาดกระป๋อง | 202 x 202 | 307 x 108 | 307 x 510 |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อที่ทำให้ค่า L คงเหลือมากสุด (°C) | 115 | 115 | 115 |
| ค่า $F_0$ ที่ทำให้ค่า L คงเหลือมากสุด | 4 | 4 | 4 |
| ค่าความสว่างที่เหลืออยู่ (% retention L) | 77.71 | 82.89 | 70.129 |
| อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อที่ทำให้ค่า b คงเหลือมากสุด (°C) | 110 | 115 | 110 |
| $F_0$ ที่ทำให้ค่า b คงเหลือมากสุด | 4 | 4 | 4 |
| ค่าสีเหลืองที่เหลืออยู่ (% retention b) | 86.42 | 89.38 | 82.951 |

จากรูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16 แสดงค่าสีเหลือง (b) และค่าความสว่าง (L) ที่เหลืออยู่หลังให้ความร้อนในกระป๋องขนาด 307 x 108, 202 x 202 และ 307 x 510 ตามลำดับ โดยใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อและ $F_0$ ต่าง ๆ พบว่าทุเรียนบดบรรจุกระป๋อง เมื่อใช้อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อที่สูงขึ้น ค่าความสว่างที่เหลือในทุเรียน คิดเป็นร้อยละของค่าความสว่างเริ่มต้น (% retention L) และค่าสีเหลืองที่เหลืออยู่ในทุเรียน คิดเป็นร้อยละของค่าสีเหลืองเริ่มต้น(% retention b) จะเปลี่ยนแปลงเป็นรูประฆังคว่ำ คือ มีค่าที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ แล้วจึงค่อย ๆ ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

พบว่าเมื่อเพิ่มค่า $F_0$ มีผลให้ค่าความสว่างที่เหลืออยู่และค่าสีเหลืองที่เหลืออยู่ของเนื้อทุเรียนมีค่าน้อยลง ในทุก ๆ อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อและในกระป๋องทุกขนาด เนื่องมาจากการใช้ค่า $F_0$ สูงต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่า จึงมีการเสื่อมลงของเม็ดสีเพิ่มมากขึ้นหลังให้ความร้อนหรือเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อทุเรียนรุนแรงขึ้น

จากตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าความสว่างเหลืออยู่มากที่สุด ในกระป๋องทุก ๆ ขนาดคือ 115 °C ที่ระดับ $F_0$ เท่ากับ 4 นาที โดยในกระป๋องขนาด 307 x 108 เหลือค่าความสว่าง (L) มากที่สุด คือ 82.89 %

อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าสีเหลืองเหลืออยู่มากที่สุด ในกระป๋องขนาด 202 x 202 และ 307 x 510 คือ 110 °C ส่วนกระป๋องขนาด 307 x 108 เท่ากับ 115 °C โดยเหลือค่าสีเหลือง (b) มากที่สุด คือ 89.38 % ที่ระดับ $F_0$ เท่ากับ 4 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่เหมาะสมจำเป็นต้องพิจารณาควบคู่กันไประหว่างคุณภาพของสีหลังการฆ่าเชื้อที่ยอมรับได้และขนาดกระป๋องที่ใช้บรรจุเนื้อทุเรียน จากการทำนายผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า กระป๋องขนาด 307x 108 ที่ใช้อุณหภูมิ 115 °C และใช้ $F_o$ เท่ากับ 4 นาที ให้ค่าความสว่างที่เหลืออยู่ (L) และค่าสีเหลืองที่เหลืออยู่ (b) หลังให้ความร้อนมีค่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
## สรุปผลการทดลอง

คุณภาพสีของทุเรียนพันธุ์หมอนทองบด มีการเปลี่ยนแปลงแบบ First order reaction จึงสามารถหาค่า D และค่า Z ได้ โดยมีค่า $D_{ref}$ ที่ 121.1 °C และค่า Z ของค่า L เท่ากับ 318.48 นาที และ 23.43 °C ตามลำดับ ค่า $D_{ref}$ ที่ 121.1 °C และค่า Z ของค่า b เท่ากับ 631.99 นาที และ 18.59 °C ตามลำดับ ค่า $D_{ref}$ ที่ 121.1 °C และค่า Z ของค่า $\Delta E$ เท่ากับ 306.89 นาที และ 31.00 °C ตามลำดับ ค่า Ea ของค่า L,b และ $\Delta E$ มีค่าเท่ากับ 27.88, 72.97 และ 21.15 kcal/mol ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของเนื้อทุเรียนหลังให้ความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ค่า $D_{ref}$ และค่า Z จากการทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (L) มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.52 % ส่วนค่าสีเหลือง (b) มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 7.88 % ซึ่งถือว่ามีค่าน้อย จึงสามารถใช้ค่า $D_{ref}$ และค่า Z ในการทำนายค่าสีของทุเรียนบรรจุกระป๋องได้

จากการทำนายคุณภาพสีโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับค่าสีที่วัดได้ พบว่า เมื่อเพิ่มค่า $F_0$ มีผลทำให้ค่าความสว่างที่เหลืออยู่และค่าสีเหลืองที่เหลืออยู่ของเนื้อทุเรียนบรรจุกระป๋อง มีค่าน้อยลง ในทุก ๆ อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อและในกระป๋องทุกขนาดโดยที่กระป๋องขนาด 307x 108 ที่ใช้อุณหภูมิ 115 °C และใช้ $F_0$ เท่ากับ 4 นาที ให้ค่าความสว่างที่เหลืออยู่ (L) และค่าสีเหลืองที่เหลืออยู่ (b) หลังให้ความร้อนมีค่ามากที่สุด ดังนั้น จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแปรรูปทุเรียนบรรจุกระป๋อง เพื่อให้ได้คุณภาพสีเหลืออยู่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## ข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้านคุณภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.1ข้อมูลคุณภาพสีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดละเอียดที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C**

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 75.56 | 4.32 | 21.10 | 3.05 | -2.54 | 0.00 |
| | | 2 | 76.74 | 4.34 | 22.44 | 3.11 | -2.38 | 0.00 |
| | | 3 | 76.15 | 4.33 | 22.78 | 3.13 | -2.27 | 0.00 |
| | | 4 | 76.71 | 4.34 | 22.59 | 3.12 | -2.28 | 0.00 |
| | | 5 | 76.32 | 4.33 | 22.25 | 3.10 | -2.26 | 0.00 |
| | 2 | 1 | 75.42 | 4.32 | 23.38 | 3.15 | -2.14 | 0.00 |
| | | 2 | 77.87 | 4.36 | 23.33 | 3.15 | -2.70 | 0.00 |
| | | 3 | 77.85 | 4.35 | 23.47 | 3.16 | -2.45 | 0.00 |
| | | 4 | 76.56 | 4.34 | 22.07 | 3.09 | -2.52 | 0.00 |
| | | 5 | 77.47 | 4.35 | 23.76 | 3.17 | -2.58 | 0.00 |
| | 3 | 1 | 75.47 | 4.32 | 21.41 | 3.06 | -2.37 | 0.00 |
| | | 2 | 76.56 | 4.34 | 22.46 | 3.11 | -2.66 | 0.00 |
| | | 3 | 75.97 | 4.33 | 22.08 | 3.09 | -2.47 | 0.00 |
| | | 4 | 75.90 | 4.33 | 21.96 | 3.09 | -2.16 | 0.00 |
| | | 5 | 75.70 | 4.33 | 22.24 | 3.10 | -2.56 | 0.00 |
| เฉลี่ย | | | 76.42 | 4.34 | 22.49 | 3.11 | -2.42 | 0.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 1 | 1 | 61.17 | 4.11 | 20.72 | 3.03 | 3.60 | 16.49 |
| | | 2 | 61.39 | 4.12 | 21.57 | 3.07 | 2.37 | 15.80 |
| | | 3 | 61.32 | 4.12 | 21.36 | 3.06 | 3.05 | 16.10 |
| | | 4 | 60.70 | 4.11 | 21.17 | 3.05 | 2.84 | 16.63 |
| | | 5 | 61.03 | 4.11 | 21.48 | 3.07 | 2.92 | 16.32 |
| | 2 | 1 | 60.30 | 4.10 | 22.19 | 3.10 | 3.31 | 17.11 |
| | | 2 | 60.11 | 4.10 | 22.42 | 3.11 | 3.46 | 17.34 |
| | | 3 | 60.50 | 4.10 | 22.38 | 3.11 | 3.46 | 16.97 |
| | | 4 | 60.32 | 4.10 | 22.52 | 3.11 | 3.34 | 17.10 |
| | | 5 | 60.53 | 4.10 | 22.48 | 3.11 | 3.22 | 16.86 |
| | 3 | 1 | 60.64 | 4.10 | 20.53 | 3.02 | 3.56 | 16.99 |
| | | 2 | 60.34 | 4.10 | 20.83 | 3.04 | 3.21 | 17.12 |
| | | 3 | 59.61 | 4.09 | 20.76 | 3.03 | 3.56 | 17.92 |
| | | 4 | 60.13 | 4.10 | 20.40 | 3.02 | 3.43 | 17.43 |
| | | 5 | 59.82 | 4.09 | 20.97 | 3.04 | 3.54 | 17.70 |
| เฉลี่ย | | | 60.53 | 4.10 | 21.45 | 3.07 | 3.26 | 16.92 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 600 | 1 | 1 | 51.41 | 3.94 | 21.97 | 3.09 | 8.53 | 27.30 |
| | | 2 | 51.24 | 3.94 | 21.87 | 3.09 | 8.55 | 27.47 |
| | | 3 | 51.14 | 3.93 | 21.89 | 3.09 | 8.54 | 27.56 |
| | | 4 | 51.23 | 3.94 | 21.94 | 3.09 | 8.59 | 27.49 |
| | | 5 | 51.47 | 3.94 | 22.06 | 3.09 | 8.54 | 27.25 |
| | 2 | 1 | 50.71 | 3.93 | 21.57 | 3.07 | 9.99 | 28.56 |
| | | 2 | 50.77 | 3.93 | 21.69 | 3.08 | 9.69 | 28.37 |
| | | 3 | 50.69 | 3.93 | 21.86 | 3.08 | 9.45 | 28.34 |
| | | 4 | 50.21 | 3.92 | 21.50 | 3.07 | 9.69 | 28.89 |
| | | 5 | 50.15 | 3.92 | 21.54 | 3.07 | 9.67 | 28.93 |
| | 3 | 1 | 49.84 | 3.91 | 21.28 | 3.06 | 8.29 | 28.68 |
| | | 2 | 49.73 | 3.91 | 20.99 | 3.04 | 8.41 | 28.84 |
| | | 3 | 49.37 | 3.90 | 21.08 | 3.05 | 8.59 | 29.24 |
| | | 4 | 49.70 | 3.91 | 21.16 | 3.05 | 8.45 | 28.87 |
| | | 5 | 49.56 | 3.90 | 21.11 | 3.05 | 8.45 | 29.01 |
| เฉลี่ย | | | 50.48 | 3.92 | 21.57 | 3.07 | 8.90 | 28.32 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 900 | 1 | 1 | 45.56 | 3.82 | 20.24 | 3.01 | 11.07 | 33.75 |
| | | 2 | 45.51 | 3.82 | 20.44 | 3.02 | 10.74 | 33.66 |
| | | 3 | 45.42 | 3.82 | 20.07 | 3.00 | 10.98 | 33.86 |
| | | 4 | 45.20 | 3.81 | 20.30 | 3.01 | 10.80 | 33.97 |
| | | 5 | 45.18 | 3.81 | 20.29 | 3.01 | 10.86 | 34.01 |
| | 2 | 1 | 44.21 | 3.79 | 19.87 | 2.99 | 10.68 | 34.87 |
| | | 2 | 44.55 | 3.80 | 20.03 | 3.00 | 10.81 | 34.59 |
| | | 3 | 44.04 | 3.79 | 19.74 | 2.98 | 11.04 | 35.17 |
| | | 4 | 44.25 | 3.79 | 20.11 | 3.00 | 10.85 | 34.88 |
| | | 5 | 44.15 | 3.79 | 19.71 | 2.98 | 10.89 | 35.02 |
| | 3 | 1 | 45.02 | 3.81 | 19.65 | 2.98 | 9.69 | 33.77 |
| | | 2 | 44.64 | 3.80 | 19.51 | 2.97 | 9.56 | 34.09 |
| | | 3 | 44.77 | 3.80 | 19.72 | 2.98 | 9.70 | 34.00 |
| | | 4 | 44.77 | 3.80 | 19.51 | 2.97 | 9.91 | 34.10 |
| | | 5 | 44.98 | 3.81 | 19.66 | 2.98 | 9.78 | 33.84 |
| เฉลี่ย | | | 44.82 | 3.80 | 19.92 | 2.99 | 10.49 | 34.24 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1200 | 1 | 1 | 41.76 | 3.73 | 17.81 | 2.88 | 11.15 | 37.51 |
| | | 2 | 41.40 | 3.72 | 18.55 | 2.92 | 11.41 | 37.86 |
| | | 3 | 41.95 | 3.74 | 17.80 | 2.88 | 11.40 | 37.43 |
| | | 4 | 42.37 | 3.75 | 17.66 | 2.87 | 12.24 | 37.38 |
| | | 5 | 42.03 | 3.74 | 17.83 | 2.88 | 11.36 | 37.34 |
| | 2 | 1 | 41.56 | 3.73 | 17.81 | 2.88 | 11.01 | 37.65 |
| | | 2 | 41.66 | 3.73 | 17.90 | 2.88 | 11.37 | 37.67 |
| | | 3 | 41.69 | 3.73 | 17.93 | 2.89 | 11.09 | 37.54 |
| | | 4 | 41.29 | 3.72 | 17.78 | 2.88 | 10.86 | 37.85 |
| | | 5 | 41.41 | 3.72 | 17.79 | 2.88 | 10.18 | 37.50 |
| | 3 | 1 | 41.25 | 3.72 | 17.78 | 2.88 | 9.35 | 37.38 |
| | | 2 | 41.38 | 3.72 | 17.96 | 2.89 | 10.22 | 37.52 |
| | | 3 | 40.89 | 3.71 | 17.95 | 2.89 | 9.66 | 37.80 |
| | | 4 | 41.12 | 3.72 | 18.00 | 2.89 | 9.32 | 37.47 |
| | | 5 | 41.04 | 3.71 | 18.04 | 2.89 | 9.56 | 37.61 |
| เฉลี่ย | | | 41.52 | 3.73 | 17.91 | 2.89 | 10.68 | 37.57 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1500 | 1 | 1 | 39.14 | 3.67 | 17.36 | 2.85 | 11.32 | 40.06 |
| | | 2 | 38.89 | 3.66 | 17.14 | 2.84 | 11.53 | 40.39 |
| | | 3 | 39.21 | 3.67 | 17.30 | 2.85 | 11.75 | 40.15 |
| | | 4 | 39.62 | 3.68 | 17.80 | 2.88 | 11.57 | 39.65 |
| | | 5 | 39.24 | 3.67 | 17.68 | 2.87 | 11.89 | 40.13 |
| | 2 | 1 | 39.89 | 3.69 | 17.87 | 2.88 | 11.59 | 39.39 |
| | | 2 | 40.29 | 3.70 | 18.07 | 2.89 | 11.61 | 39.01 |
| | | 3 | 39.67 | 3.68 | 17.66 | 2.87 | 11.53 | 39.60 |
| | | 4 | 40.06 | 3.69 | 17.84 | 2.88 | 12.12 | 39.43 |
| | | 5 | 39.75 | 3.68 | 17.61 | 2.87 | 11.48 | 39.52 |
| | 3 | 1 | 37.58 | 3.63 | 16.79 | 2.82 | 10.65 | 41.37 |
| | | 2 | 37.49 | 3.62 | 17.21 | 2.85 | 10.32 | 41.30 |
| | | 3 | 37.52 | 3.62 | 17.07 | 2.84 | 10.76 | 41.43 |
| | | 4 | 37.49 | 3.62 | 16.95 | 2.83 | 10.21 | 41.30 |
| | | 5 | 37.09 | 3.61 | 17.02 | 2.83 | 10.51 | 41.76 |
| เฉลี่ย | | | 38.86 | 3.66 | 17.42 | 2.86 | 11.26 | 40.30 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.2** ข้อมูลคุณภาพสีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดละเอียดซึ่งให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 75.56 | 4.32 | 21.10 | 3.05 | -2.54 | 0.00 |
| | | 2 | 76.74 | 4.34 | 22.44 | 3.11 | -2.38 | 0.00 |
| | | 3 | 76.15 | 4.33 | 22.78 | 3.13 | -2.27 | 0.00 |
| | | 4 | 76.71 | 4.34 | 22.59 | 3.12 | -2.28 | 0.00 |
| | | 5 | 76.32 | 4.33 | 22.25 | 3.10 | -2.26 | 0.00 |
| | 2 | 1 | 75.42 | 4.32 | 23.38 | 3.15 | -2.14 | 0.00 |
| | | 2 | 77.87 | 4.36 | 23.33 | 3.15 | -2.70 | 0.00 |
| | | 3 | 77.85 | 4.35 | 23.47 | 3.16 | -2.45 | 0.00 |
| | | 4 | 76.56 | 4.34 | 22.07 | 3.09 | -2.52 | 0.00 |
| | | 5 | 77.47 | 4.35 | 23.76 | 3.17 | -2.58 | 0.00 |
| | 3 | 1 | 75.47 | 4.32 | 21.41 | 3.06 | -2.37 | 0.00 |
| | | 2 | 76.56 | 4.34 | 22.46 | 3.11 | -2.66 | 0.00 |
| | | 3 | 75.97 | 4.33 | 22.08 | 3.09 | -2.47 | 0.00 |
| | | 4 | 75.90 | 4.33 | 21.96 | 3.09 | -2.16 | 0.00 |
| | | 5 | 75.70 | 4.33 | 22.24 | 3.10 | -2.56 | 0.00 |
| เฉลี่ย | | | 76.42 | 4.34 | 22.49 | 3.11 | -2.42 | 0.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 1 | 1 | 61.55 | 4.12 | 22.79 | 3.13 | 5.19 | 16.71 |
| | | 2 | 61.64 | 4.12 | 22.67 | 3.12 | 5.19 | 16.62 |
| | | 3 | 62.38 | 4.13 | 22.95 | 3.13 | 4.80 | 15.79 |
| | | 4 | 61.89 | 4.13 | 22.84 | 3.13 | 4.92 | 16.28 |
| | | 5 | 61.90 | 4.13 | 22.35 | 3.11 | 5.43 | 16.51 |
| | 2 | 1 | 59.50 | 4.09 | 21.68 | 3.08 | 4.61 | 18.34 |
| | | 2 | 59.42 | 4.08 | 21.80 | 3.08 | 4.50 | 18.37 |
| | | 3 | 59.34 | 4.08 | 21.57 | 3.07 | 4.92 | 18.61 |
| | | 4 | 59.34 | 4.08 | 21.81 | 3.08 | 4.79 | 18.55 |
| | | 5 | 59.38 | 4.08 | 21.45 | 3.07 | 4.47 | 18.41 |
| | 3 | 1 | 61.24 | 4.11 | 22.76 | 3.13 | 5.79 | 17.26 |
| | | 2 | 61.04 | 4.11 | 22.29 | 3.10 | 5.72 | 17.40 |
| | | 3 | 60.85 | 4.11 | 22.60 | 3.12 | 5.73 | 17.57 |
| | | 4 | 60.49 | 4.10 | 22.28 | 3.10 | 5.36 | 17.73 |
| | | 5 | 60.57 | 4.10 | 21.77 | 3.08 | 5.61 | 17.78 |
| เฉลี่ย | | | 60.70 | 4.11 | 22.24 | 3.10 | 5.14 | 17.46 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 1 | 1 | 55.72 | 4.02 | 23.05 | 3.14 | 10.41 | 24.36 |
| | | 2 | 55.81 | 4.02 | 23.34 | 3.15 | 10.41 | 24.29 |
| | | 3 | 55.29 | 4.01 | 22.63 | 3.12 | 10.83 | 24.94 |
| | | 4 | 55.76 | 4.02 | 22.85 | 3.13 | 10.73 | 24.49 |
| | | 5 | 54.60 | 4.00 | 22.42 | 3.11 | 10.49 | 25.35 |
| | 2 | 1 | 53.42 | 3.98 | 22.76 | 3.13 | 10.05 | 26.16 |
| | | 2 | 53.22 | 3.97 | 22.78 | 3.13 | 10.02 | 26.32 |
| | | 3 | 53.07 | 3.97 | 22.61 | 3.12 | 9.79 | 26.35 |
| | | 4 | 53.36 | 3.98 | 22.69 | 3.12 | 10.05 | 26.21 |
| | | 5 | 53.58 | 3.98 | 22.85 | 3.13 | 10.09 | 26.04 |
| | 3 | 1 | 55.81 | 4.02 | 23.38 | 3.15 | 10.78 | 24.49 |
| | | 2 | 56.08 | 4.03 | 23.34 | 3.15 | 10.64 | 24.19 |
| | | 3 | 55.85 | 4.02 | 23.80 | 3.17 | 10.06 | 24.09 |
| | | 4 | 55.42 | 4.01 | 23.06 | 3.14 | 10.62 | 24.72 |
| | | 5 | 55.76 | 4.02 | 23.22 | 3.15 | 10.61 | 24.44 |
| เฉลี่ย | | | 54.85 | 4.00 | 22.99 | 3.13 | 10.37 | 25.10 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 360 | 1 | 1 | 47.10 | 3.85 | 20.01 | 3.00 | 10.04 | 31.95 |
| | | 2 | 46.93 | 3.85 | 19.90 | 2.99 | 9.99 | 32.10 |
| | | 3 | 46.92 | 3.85 | 19.67 | 2.98 | 10.03 | 32.14 |
| | | 4 | 46.68 | 3.84 | 19.44 | 2.97 | 10.20 | 32.45 |
| | | 5 | 47.08 | 3.85 | 19.71 | 2.98 | 10.10 | 32.02 |
| | 2 | 1 | 44.97 | 3.81 | 18.70 | 2.93 | 10.36 | 34.16 |
| | | 2 | 44.71 | 3.80 | 18.76 | 2.93 | 10.56 | 34.46 |
| | | 3 | 45.17 | 3.81 | 18.98 | 2.94 | 10.69 | 34.07 |
| | | 4 | 45.20 | 3.81 | 18.99 | 2.94 | 10.58 | 34.00 |
| | | 5 | 45.03 | 3.81 | 19.09 | 2.95 | 10.47 | 34.10 |
| | 3 | 1 | 46.63 | 3.84 | 20.14 | 3.00 | 10.44 | 32.53 |
| | | 2 | 46.99 | 3.85 | 19.92 | 2.99 | 10.59 | 32.28 |
| | | 3 | 47.06 | 3.85 | 20.36 | 3.01 | 11.01 | 32.35 |
| | | 4 | 46.88 | 3.85 | 20.08 | 3.00 | 11.36 | 32.68 |
| | | 5 | 46.81 | 3.85 | 20.14 | 3.00 | 11.05 | 32.61 |
| เฉลี่ย | | | 46.28 | 3.83 | 19.59 | 2.97 | 10.50 | 32.93 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 480 | 1 | 1 | 45.50 | 3.82 | 20.10 | 3.00 | 11.93 | 34.17 |
| | | 2 | 45.56 | 3.82 | 20.05 | 3.00 | 11.73 | 34.03 |
| | | 3 | 45.23 | 3.81 | 20.03 | 3.00 | 11.98 | 34.44 |
| | | 4 | 45.20 | 3.81 | 19.95 | 2.99 | 12.30 | 34.61 |
| | | 5 | 45.21 | 3.81 | 19.73 | 2.98 | 12.20 | 34.57 |
| | 2 | 1 | 45.92 | 3.83 | 19.67 | 2.98 | 12.02 | 33.86 |
| | | 2 | 46.01 | 3.83 | 19.84 | 2.99 | 11.99 | 33.75 |
| | | 3 | 46.07 | 3.83 | 19.92 | 2.99 | 11.86 | 33.64 |
| | | 4 | 46.07 | 3.83 | 19.89 | 2.99 | 11.96 | 33.68 |
| | | 5 | 45.83 | 3.82 | 20.11 | 3.00 | 11.73 | 33.79 |
| | 3 | 1 | 46.63 | 3.84 | 20.85 | 3.04 | 12.63 | 33.41 |
| | | 2 | 46.35 | 3.84 | 20.82 | 3.04 | 12.52 | 33.62 |
| | | 3 | 46.22 | 3.83 | 20.76 | 3.03 | 13.06 | 33.98 |
| | | 4 | 46.47 | 3.84 | 21.05 | 3.05 | 13.01 | 33.72 |
| | | 5 | 45.93 | 3.83 | 20.93 | 3.04 | 13.08 | 34.24 |
| เฉลี่ย | | | 45.88 | 3.83 | 20.25 | 3.01 | 12.27 | 33.97 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 600 | 1 | 1 | 43.43 | 3.77 | 19.45 | 2.97 | 12.03 | 36.14 |
| | | 2 | 43.62 | 3.78 | 19.46 | 2.97 | 12.49 | 36.15 |
| | | 3 | 43.34 | 3.77 | 19.67 | 2.98 | 12.16 | 36.26 |
| | | 4 | 43.83 | 3.78 | 19.46 | 2.97 | 12.54 | 35.99 |
| | | 5 | 42.93 | 3.76 | 18.94 | 2.94 | 12.46 | 36.82 |
| | 2 | 1 | 42.38 | 3.75 | 18.94 | 2.94 | 12.71 | 37.42 |
| | | 2 | 42.31 | 3.75 | 19.02 | 2.95 | 12.58 | 37.42 |
| | | 3 | 45.27 | 3.81 | 19.05 | 2.95 | 12.19 | 34.58 |
| | | 4 | 42.23 | 3.74 | 18.88 | 2.94 | 12.45 | 37.46 |
| | | 5 | 42.27 | 3.74 | 18.60 | 2.92 | 12.31 | 37.39 |
| | 3 | 1 | 44.97 | 3.81 | 20.05 | 3.00 | 12.77 | 35.01 |
| | | 2 | 44.52 | 3.80 | 20.34 | 3.01 | 12.76 | 35.39 |
| | | 3 | 44.58 | 3.80 | 20.46 | 3.02 | 12.70 | 35.30 |
| | | 4 | 44.93 | 3.81 | 19.83 | 2.99 | 12.66 | 35.01 |
| | | 5 | 44.43 | 3.79 | 20.05 | 3.00 | 12.80 | 35.51 |
| เฉลี่ย | | | 43.67 | 3.78 | 19.48 | 2.97 | 12.51 | 36.12 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.3** ข้อมูลคุณภาพสีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดละเอียดซึ่งให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 75.56 | 4.32 | 21.10 | 3.05 | -2.54 | 0.00 |
| | | 2 | 76.74 | 4.34 | 22.44 | 3.11 | -2.38 | 0.00 |
| | | 3 | 76.15 | 4.33 | 22.78 | 3.13 | -2.27 | 0.00 |
| | | 4 | 76.71 | 4.34 | 22.59 | 3.12 | -2.28 | 0.00 |
| | | 5 | 76.32 | 4.33 | 22.25 | 3.10 | -2.26 | 0.00 |
| | 2 | 1 | 75.42 | 4.32 | 23.38 | 3.15 | -2.14 | 0.00 |
| | | 2 | 77.87 | 4.36 | 23.33 | 3.15 | -2.70 | 0.00 |
| | | 3 | 77.85 | 4.35 | 23.47 | 3.16 | -2.45 | 0.00 |
| | | 4 | 76.56 | 4.34 | 22.07 | 3.09 | -2.52 | 0.00 |
| | | 5 | 77.47 | 4.35 | 23.76 | 3.17 | -2.58 | 0.00 |
| | 3 | 1 | 75.47 | 4.32 | 21.41 | 3.06 | -2.37 | 0.00 |
| | | 2 | 76.56 | 4.34 | 22.46 | 3.11 | -2.66 | 0.00 |
| | | 3 | 75.97 | 4.33 | 22.08 | 3.09 | -2.47 | 0.00 |
| | | 4 | 75.90 | 4.33 | 21.96 | 3.09 | -2.16 | 0.00 |
| | | 5 | 75.70 | 4.33 | 22.24 | 3.10 | -2.56 | 0.00 |
| เฉลี่ย | | | 76.42 | 4.34 | 22.49 | 3.11 | -2.42 | 0.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 1 | 1 | 56.87 | 4.04 | 21.48 | 3.07 | 2.41 | 20.16 |
| | | 2 | 56.31 | 4.03 | 21.33 | 3.06 | 2.56 | 20.75 |
| | | 3 | 56.85 | 4.04 | 21.59 | 3.07 | 2.38 | 20.17 |
| | | 4 | 56.59 | 4.04 | 21.24 | 3.06 | 2.55 | 20.48 |
| | | 5 | 56.57 | 4.04 | 21.38 | 3.06 | 2.31 | 20.43 |
| | 2 | 1 | 56.86 | 4.04 | 21.32 | 3.06 | 2.81 | 20.28 |
| | | 2 | 56.59 | 4.04 | 21.25 | 3.06 | 2.95 | 20.58 |
| | | 3 | 56.71 | 4.04 | 21.39 | 3.06 | 2.53 | 20.35 |
| | | 4 | 55.86 | 4.02 | 20.91 | 3.04 | 2.40 | 21.17 |
| | | 5 | 55.88 | 4.02 | 20.94 | 3.04 | 2.91 | 21.27 |
| | 3 | 1 | 56.15 | 4.03 | 21.15 | 3.05 | 2.50 | 20.90 |
| | | 2 | 55.86 | 4.02 | 21.19 | 3.05 | 2.32 | 21.14 |
| | | 3 | 55.83 | 4.02 | 21.20 | 3.05 | 2.37 | 21.18 |
| | | 4 | 56.08 | 4.03 | 21.20 | 3.05 | 2.12 | 20.88 |
| | | 5 | 55.91 | 4.02 | 21.20 | 3.05 | 2.24 | 21.07 |
| เฉลี่ย | | | 56.33 | 4.03 | 21.25 | 3.06 | 2.49 | 20.72 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 70 | 1 | 1 | 49.27 | 3.90 | 20.75 | 3.03 | 7.61 | 28.99 |
| | | 2 | 49.46 | 3.90 | 20.93 | 3.04 | 7.70 | 28.84 |
| | | 3 | 49.57 | 3.90 | 20.71 | 3.03 | 7.91 | 28.82 |
| | | 4 | 49.49 | 3.90 | 20.48 | 3.02 | 8.02 | 28.95 |
| | | 5 | 49.38 | 3.90 | 20.63 | 3.03 | 7.57 | 28.88 |
| | 2 | 1 | 48.67 | 3.89 | 20.28 | 3.01 | 7.54 | 29.56 |
| | | 2 | 48.61 | 3.88 | 20.35 | 3.01 | 7.41 | 29.57 |
| | | 3 | 48.73 | 3.89 | 20.68 | 3.03 | 7.43 | 29.44 |
| | | 4 | 48.89 | 3.89 | 20.47 | 3.02 | 7.24 | 29.24 |
| | | 5 | 48.22 | 3.88 | 20.43 | 3.02 | 7.43 | 29.94 |
| | 3 | 1 | 49.95 | 3.91 | 20.76 | 3.03 | 7.68 | 28.38 |
| | | 2 | 49.24 | 3.90 | 20.99 | 3.04 | 7.50 | 28.97 |
| | | 3 | 49.79 | 3.91 | 21.09 | 3.05 | 7.29 | 28.38 |
| | | 4 | 49.41 | 3.90 | 21.71 | 3.08 | 7.68 | 28.84 |
| | | 5 | 49.27 | 3.90 | 20.47 | 3.02 | 7.66 | 29.03 |
| เฉลี่ย | | | 49.20 | 3.90 | 20.72 | 3.03 | 7.58 | 29.06 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 105 | 1 | 1 | 41.59 | 3.73 | 17.77 | 2.88 | 9.47 | 37.10 |
| | | 2 | 41.32 | 3.72 | 18.20 | 2.90 | 9.25 | 37.23 |
| | | 3 | 41.63 | 3.73 | 18.38 | 2.91 | 9.39 | 36.97 |
| | | 4 | 41.59 | 3.73 | 18.27 | 2.91 | 9.11 | 36.93 |
| | | 5 | 41.30 | 3.72 | 18.23 | 2.90 | 9.94 | 37.47 |
| | 2 | 1 | 41.09 | 3.72 | 17.31 | 2.85 | 9.29 | 37.58 |
| | | 2 | 40.85 | 3.71 | 17.08 | 2.84 | 9.71 | 37.97 |
| | | 3 | 41.00 | 3.71 | 17.69 | 2.87 | 9.48 | 37.67 |
| | | 4 | 40.90 | 3.71 | 17.59 | 2.87 | 9.15 | 37.67 |
| | | 5 | 41.10 | 3.72 | 17.59 | 2.87 | 9.13 | 37.48 |
| | 3 | 1 | 40.25 | 3.70 | 17.67 | 2.87 | 9.80 | 38.48 |
| | | 2 | 40.25 | 3.70 | 17.71 | 2.87 | 9.36 | 38.34 |
| | | 3 | 40.25 | 3.70 | 17.71 | 2.87 | 9.59 | 38.41 |
| | | 4 | 40.65 | 3.70 | 17.84 | 2.88 | 9.47 | 37.98 |
| | | 5 | 40.56 | 3.70 | 17.71 | 2.87 | 9.34 | 38.04 |
| เฉลี่ย | | | 40.96 | 3.71 | 17.78 | 2.88 | 9.43 | 37.69 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 140 | 1 | 1 | 41.27 | 3.72 | 17.05 | 2.84 | 10.43 | 37.82 |
| | | 2 | 41.12 | 3.72 | 17.18 | 2.84 | 10.00 | 37.79 |
| | | 3 | 41.07 | 3.72 | 17.55 | 2.87 | 9.57 | 37.65 |
| | | 4 | 41.37 | 3.72 | 17.95 | 2.89 | 9.85 | 37.41 |
| | | 5 | 41.15 | 3.72 | 17.86 | 2.88 | 9.93 | 37.65 |
| | 2 | 1 | 39.76 | 3.68 | 17.75 | 2.88 | 9.82 | 38.94 |
| | | 2 | 39.96 | 3.69 | 16.44 | 2.80 | 9.44 | 38.81 |
| | | 3 | 39.32 | 3.67 | 16.48 | 2.80 | 9.80 | 39.52 |
| | | 4 | 39.76 | 3.68 | 16.31 | 2.79 | 9.94 | 39.18 |
| | | 5 | 39.81 | 3.68 | 17.00 | 2.83 | 9.65 | 38.93 |
| | 3 | 1 | 39.90 | 3.69 | 16.88 | 2.83 | 9.84 | 38.93 |
| | | 2 | 39.39 | 3.67 | 16.64 | 2.81 | 9.73 | 39.41 |
| | | 3 | 38.69 | 3.66 | 16.82 | 2.82 | 9.85 | 40.08 |
| | | 4 | 40.01 | 3.69 | 16.63 | 2.81 | 9.93 | 38.89 |
| | | 5 | 39.70 | 3.68 | 16.66 | 2.81 | 9.57 | 39.06 |
| เฉลี่ย | | | 40.15 | 3.69 | 17.01 | 2.83 | 9.82 | 38.67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 175 | 1 | 1 | 36.03 | 3.58 | 15.04 | 2.71 | 9.28 | 42.70 |
| | | 2 | 35.63 | 3.57 | 14.37 | 2.67 | 9.31 | 43.21 |
| | | 3 | 36.13 | 3.59 | 14.87 | 2.70 | 9.19 | 42.61 |
| | | 4 | 35.96 | 3.58 | 14.84 | 2.70 | 9.74 | 42.93 |
| | | 5 | 35.93 | 3.58 | 14.99 | 2.71 | 9.42 | 42.84 |
| | 2 | 1 | 35.13 | 3.56 | 14.74 | 2.69 | 9.58 | 43.69 |
| | | 2 | 34.54 | 3.54 | 17.16 | 2.84 | 9.83 | 43.96 |
| | | 3 | 35.23 | 3.56 | 14.49 | 2.67 | 9.67 | 43.66 |
| | | 4 | 35.38 | 3.57 | 14.53 | 2.68 | 9.34 | 43.42 |
| | | 5 | 35.27 | 3.56 | 14.38 | 2.67 | 9.27 | 43.54 |
| | 3 | 1 | 35.27 | 3.56 | 14.16 | 2.65 | 9.60 | 43.67 |
| | | 2 | 35.36 | 3.57 | 14.18 | 2.65 | 9.46 | 43.54 |
| | | 3 | 35.09 | 3.56 | 13.37 | 2.59 | 9.53 | 43.98 |
| | | 4 | 35.23 | 3.56 | 14.41 | 2.67 | 9.65 | 43.67 |
| | | 5 | 35.23 | 3.56 | 13.18 | 2.58 | 9.74 | 43.94 |
| เฉลี่ย | | | 35.43 | 3.57 | 14.58 | 2.68 | 9.51 | 43.43 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.4** ข้อมูลคุณภาพสีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองบดละเอียดซึ่งให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 75.56 | 4.32 | 21.10 | 3.05 | -2.54 | 0.00 |
| | | 2 | 76.74 | 4.34 | 22.44 | 3.11 | -2.38 | 0.00 |
| | | 3 | 76.15 | 4.33 | 22.78 | 3.13 | -2.27 | 0.00 |
| | | 4 | 76.71 | 4.34 | 22.59 | 3.12 | -2.28 | 0.00 |
| | | 5 | 76.32 | 4.33 | 22.25 | 3.10 | -2.26 | 0.00 |
| | 2 | 1 | 75.42 | 4.32 | 23.38 | 3.15 | -2.14 | 0.00 |
| | | 2 | 77.87 | 4.36 | 23.33 | 3.15 | -2.70 | 0.00 |
| | | 3 | 77.85 | 4.35 | 23.47 | 3.16 | -2.45 | 0.00 |
| | | 4 | 76.56 | 4.34 | 22.07 | 3.09 | -2.52 | 0.00 |
| | | 5 | 77.47 | 4.35 | 23.76 | 3.17 | -2.58 | 0.00 |
| | 3 | 1 | 75.47 | 4.32 | 21.41 | 3.06 | -2.37 | 0.00 |
| | | 2 | 76.56 | 4.34 | 22.46 | 3.11 | -2.66 | 0.00 |
| | | 3 | 75.97 | 4.33 | 22.08 | 3.09 | -2.47 | 0.00 |
| | | 4 | 75.90 | 4.33 | 21.96 | 3.09 | -2.16 | 0.00 |
| | | 5 | 75.70 | 4.33 | 22.24 | 3.10 | -2.56 | 0.00 |
| เฉลี่ย | | | 76.42 | 4.34 | 22.49 | 3.11 | -2.42 | 0.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 1 | 1 | 51.67 | 3.94 | 21.68 | 3.08 | 7.36 | 26.62 |
| | | 2 | 51.64 | 3.94 | 21.20 | 3.05 | 7.53 | 26.73 |
| | | 3 | 51.82 | 3.95 | 20.99 | 3.04 | 7.40 | 26.53 |
| | | 4 | 51.20 | 3.94 | 21.50 | 3.07 | 6.51 | 26.77 |
| | | 5 | 51.71 | 3.95 | 21.47 | 3.07 | 7.30 | 26.57 |
| | 2 | 1 | 49.81 | 3.91 | 21.29 | 3.06 | 7.08 | 28.28 |
| | | 2 | 49.85 | 3.91 | 20.98 | 3.04 | 7.59 | 28.43 |
| | | 3 | 49.55 | 3.90 | 21.30 | 3.06 | 8.15 | 28.90 |
| | | 4 | 49.85 | 3.91 | 21.45 | 3.07 | 6.84 | 28.15 |
| | | 5 | 49.65 | 3.90 | 21.42 | 3.06 | 6.91 | 28.37 |
| | 3 | 1 | 48.64 | 3.88 | 20.52 | 3.02 | 8.16 | 29.79 |
| | | 2 | 48.64 | 3.88 | 20.47 | 3.02 | 7.34 | 29.51 |
| | | 3 | 48.69 | 3.89 | 20.32 | 3.01 | 7.61 | 29.57 |
| | | 4 | 48.83 | 3.89 | 20.29 | 3.01 | 7.39 | 29.36 |
| | | 5 | 48.33 | 3.88 | 20.54 | 3.02 | 7.53 | 29.86 |
| เฉลี่ย | | | 49.99 | 3.91 | 21.03 | 3.05 | 7.38 | 28.23 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 1 | 1 | 42.06 | 3.74 | 18.32 | 2.91 | 10.15 | 36.82 |
| | | 2 | 42.43 | 3.75 | 17.65 | 2.87 | 10.11 | 36.55 |
| | | 3 | 41.95 | 3.74 | 17.07 | 2.84 | 10.11 | 37.07 |
| | | 4 | 42.11 | 3.74 | 17.67 | 2.87 | 10.29 | 36.90 |
| | | 5 | 42.42 | 3.75 | 17.77 | 2.88 | 9.92 | 36.47 |
| | 2 | 1 | 43.43 | 3.77 | 19.04 | 2.95 | 9.76 | 35.33 |
| | | 2 | 43.64 | 3.78 | 18.98 | 2.94 | 9.41 | 35.02 |
| | | 3 | 43.34 | 3.77 | 19.07 | 2.95 | 9.87 | 35.45 |
| | | 4 | 43.86 | 3.78 | 19.41 | 2.97 | 8.85 | 34.59 |
| | | 5 | 43.52 | 3.77 | 19.31 | 2.96 | 8.81 | 34.91 |
| | 3 | 1 | 42.54 | 3.75 | 18.09 | 2.90 | 9.82 | 36.29 |
| | | 2 | 42.77 | 3.76 | 18.64 | 2.93 | 10.05 | 36.09 |
| | | 3 | 42.36 | 3.75 | 18.19 | 2.90 | 10.25 | 36.59 |
| | | 4 | 42.89 | 3.76 | 18.19 | 2.90 | 10.09 | 36.04 |
| | | 5 | 42.44 | 3.75 | 18.30 | 2.91 | 10.18 | 36.48 |
| เฉลี่ย | | | 42.78 | 3.76 | 18.38 | 2.91 | 9.84 | 36.04 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 | 1 | 1 | 35.47 | 3.57 | 14.98 | 2.71 | 9.40 | 43.28 |
| | | 2 | 35.63 | 3.57 | 15.65 | 2.75 | 9.53 | 43.05 |
| | | 3 | 35.65 | 3.57 | 15.30 | 2.73 | 9.74 | 43.15 |
| | | 4 | 35.47 | 3.57 | 15.43 | 2.74 | 9.73 | 43.29 |
| | | 5 | 35.42 | 3.57 | 15.07 | 2.71 | 9.42 | 43.31 |
| | 2 | 1 | 35.38 | 3.57 | 14.72 | 2.69 | 9.64 | 43.47 |
| | | 2 | 35.35 | 3.57 | 15.07 | 2.71 | 9.39 | 43.37 |
| | | 3 | 35.47 | 3.57 | 15.37 | 2.73 | 10.03 | 43.39 |
| | | 4 | 35.20 | 3.56 | 15.20 | 2.72 | 9.33 | 43.47 |
| | | 5 | 35.57 | 3.57 | 15.63 | 2.75 | 9.55 | 43.11 |
| | 3 | 1 | 35.68 | 3.57 | 15.62 | 2.75 | 9.21 | 42.92 |
| | | 2 | 35.74 | 3.58 | 16.00 | 2.77 | 9.49 | 42.88 |
| | | 3 | 35.57 | 3.57 | 15.70 | 2.75 | 9.64 | 43.13 |
| | | 4 | 36.07 | 3.59 | 15.24 | 2.72 | 9.43 | 42.67 |
| | | 5 | 35.71 | 3.58 | 15.45 | 2.74 | 9.66 | 43.04 |
| เฉลี่ย | | | 35.56 | 3.57 | 15.36 | 2.73 | 9.55 | 43.17 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 1 | 1 | 30.71 | 3.42 | 12.24 | 2.50 | 7.81 | 47.95 |
| | | 2 | 30.86 | 3.43 | 11.68 | 2.46 | 7.82 | 47.93 |
| | | 3 | 30.81 | 3.43 | 11.97 | 2.48 | 7.92 | 47.93 |
| | | 4 | 30.71 | 3.42 | 11.93 | 2.48 | 7.78 | 48.01 |
| | | 5 | 30.74 | 3.43 | 12.23 | 2.50 | 7.76 | 47.91 |
| | 2 | 1 | 31.25 | 3.44 | 13.19 | 2.58 | 8.01 | 47.28 |
| | | 2 | 31.07 | 3.44 | 12.88 | 2.56 | 8.22 | 47.56 |
| | | 3 | 31.36 | 3.45 | 12.62 | 2.54 | 8.02 | 47.29 |
| | | 4 | 31.25 | 3.44 | 12.82 | 2.55 | 7.73 | 47.29 |
| | | 5 | 31.07 | 3.44 | 12.71 | 2.54 | 7.83 | 47.51 |
| | 3 | 1 | 31.76 | 3.46 | 12.62 | 2.54 | 8.01 | 46.91 |
| | | 2 | 31.37 | 3.45 | 12.74 | 2.54 | 8.23 | 47.30 |
| | | 3 | 31.44 | 3.45 | 12.73 | 2.54 | 8.38 | 47.27 |
| | | 4 | 31.28 | 3.44 | 13.07 | 2.57 | 8.28 | 47.33 |
| | | 5 | 31.62 | 3.45 | 12.06 | 2.49 | 8.82 | 47.35 |
| เฉลี่ย | | | 31.15 | 3.44 | 12.50 | 2.53 | 8.04 | 47.52 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time(min) | ชุดที่ | ซ้ำที่ | L | lnL | b | ln(b) | a | ΔE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 125 | 1 | 1 | 31.16 | 3.44 | 12.50 | 2.53 | 8.03 | 47.51 |
| | | 2 | 31.54 | 3.45 | 12.38 | 2.52 | 7.96 | 47.16 |
| | | 3 | 31.58 | 3.45 | 13.00 | 2.56 | 7.79 | 46.95 |
| | | 4 | 31.70 | 3.46 | 12.17 | 2.50 | 8.09 | 47.08 |
| | | 5 | 31.29 | 3.44 | 12.51 | 2.53 | 8.15 | 47.41 |
| | 2 | 1 | 30.09 | 3.40 | 12.19 | 2.50 | 7.70 | 48.53 |
| | | 2 | 30.05 | 3.40 | 12.31 | 2.51 | 7.75 | 48.55 |
| | | 3 | 30.07 | 3.40 | 12.03 | 2.49 | 7.90 | 48.62 |
| | | 4 | 29.99 | 3.40 | 12.19 | 2.50 | 7.92 | 48.67 |
| | | 5 | 30.05 | 3.40 | 12.37 | 2.52 | 7.90 | 48.57 |
| | 3 | 1 | 30.54 | 3.42 | 12.26 | 2.51 | 7.64 | 48.07 |
| | | 2 | 30.51 | 3.42 | 12.25 | 2.51 | 7.59 | 48.09 |
| | | 3 | 30.60 | 3.42 | 12.18 | 2.50 | 8.40 | 48.19 |
| | | 4 | 30.38 | 3.41 | 12.33 | 2.51 | 8.10 | 48.30 |
| | | 5 | 30.30 | 3.41 | 12.19 | 2.50 | 8.36 | 48.47 |
| เฉลี่ย | | | 30.66 | 3.42 | 12.32 | 2.51 | 7.95 | 48.01 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข** ตารางแสดงค่าอุณหภูมิใจกลาง ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ที่ทำนายได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ
= 121.1 °C

z(L) = 23.43 °C  z(b) = 18.59 °C

D(L) = 255.4 นาที  D(b) = 346.67 นาที

| Time | อุณหภูมิ หม้อฆ่าเชื้อ (°C) | อุณหภูมิ ใจกลาง (°C) | Let.Rate | Fo | % ค่า L ที่เหลือ | % ค่า b ที่เหลือ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 31.09 | 63 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 1 | 30.406 | 62.994 | 0 | 0 | 99.998 | 100 |
| 2 | 29.92 | 62.668 | 0 | 0 | 99.997 | 100 |
| 3 | 29.66 | 61.505 | 0 | 0 | 99.997 | 100 |
| 4 | 29.95 | 59.781 | 0 | 0 | 99.996 | 99.999 |
| 5 | 71.482 | 57.619 | 0 | 0 | 99.994 | 99.999 |
| 6 | 94.909 | 55.804 | 0 | 0 | 99.98 | 99.994 |
| 7 | 103.2 | 55.014 | 0 | 0 | 99.948 | 99.981 |
| 8 | 104.078 | 55.705 | 0 | 0 | 99.907 | 99.963 |
| 9 | 103.04 | 57.597 | 0 | 0 | 99.863 | 99.946 |
| 10 | 102.836 | 60.158 | 0 | 0 | 99.815 | 99.926 |
| 11 | 103.498 | 62.965 | 0 | 0 | 99.76 | 99.904 |
| 12 | 104.084 | 65.803 | 0 | 0 | 99.698 | 99.878 |
| 13 | 103.814 | 68.596 | 0 | 0 | 99.631 | 99.85 |
| 14 | 103.452 | 71.318 | 0 | 0 | 99.56 | 99.821 |
| 15 | 103.076 | 73.936 | 0 | 0 | 99.486 | 99.79 |
| 16 | 102.8 | 76.419 | 0 | 0 | 99.408 | 99.758 |
| 17 | 103.962 | 78.746 | 0 | 0 | 99.323 | 99.722 |
| 18 | 112.515 | 80.912 | 0 | 0 | 99.182 | 99.65 |
| 19 | 117.24 | 82.764 | 0 | 0 | 98.994 | 99.542 |
| 20 | 118.44 | 84.883 | 0 | 0 | 98.737 | 99.388 |
| 21 | 121.68 | 87.166 | 0 | 0.001 | 98.394 | 99.166 |
| 22 | 123.03 | 89.559 | 0.001 | 0.001 | 97.981 | 98.885 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 119.73 | 92.004 | 0.001 | 0.002 | 97.592 | 98.635 |
| 24 | 118.57 | 94.437 | 0.002 | 0.004 | 97.208 | 98.392 |
| 25 | 119.98 | 96.73 | 0.004 | 0.007 | 96.786 | 98.118 |
| 26 | 120.85 | 98.815 | 0.006 | 0.012 | 96.323 | 97.811 |
| 27 | 121.45 | 100.73 | 0.009 | 0.019 | 95.82 | 97.47 |
| 28 | 119.79 | 102.526 | 0.014 | 0.031 | 95.322 | 97.136 |
| 29 | 120.81 | 104.213 | 0.02 | 0.048 | 94.793 | 96.775 |
| 30 | 120.67 | 105.761 | 0.029 | 0.073 | 94.244 | 96.398 |
| 31 | 120.42 | 107.178 | 0.041 | 0.108 | 93.682 | 96.01 |
| 32 | 120.21 | 108.479 | 0.055 | 0.155 | 93.11 | 95.613 |
| 33 | 120.35 | 109.663 | 0.072 | 0.219 | 92.524 | 95.203 |
| 34 | 121.33 | 110.732 | 0.092 | 0.3 | 91.906 | 94.763 |
| 35 | 120.42 | 111.702 | 0.115 | 0.404 | 91.287 | 94.322 |
| 36 | 120.77 | 112.598 | 0.141 | 0.532 | 90.654 | 93.867 |
| 37 | 120.21 | 113.413 | 0.17 | 0.688 | 90.021 | 93.412 |
| 38 | 119.67 | 114.148 | 0.202 | 0.874 | 89.395 | 92.961 |
| 39 | 120.48 | 114.8 | 0.234 | 1.092 | 88.754 | 92.495 |
| 40 | 120.87 | 115.369 | 0.267 | 1.343 | 88.097 | 92.013 |
| 41 | 120.21 | 115.879 | 0.301 | 1.627 | 87.444 | 91.533 |
| 42 | 119.61 | 116.352 | 0.335 | 1.944 | 86.802 | 91.062 |
| 43 | 119.55 | 116.774 | 0.369 | 2.297 | 86.165 | 90.594 |
| 44 | 121.66 | 117.134 | 0.401 | 2.682 | 85.492 | 90.088 |
| 45 | 121.31 | 117.444 | 0.431 | 3.098 | 84.809 | 89.572 |
| 46 | 120.67 | 117.751 | 0.462 | 3.545 | 84.133 | 89.061 |
| 47 | 120.5 | 118.059 | 0.496 | 4.024 | 83.462 | 88.552 |
| 48 | 120.69 | 118.34 | 0.53 | 4.537 | 82.79 | 88.039 |
| 49 | 120.58 | 118.584 | 0.56 | 5.082 | 82.12 | 87.527 |
| 50 | 120.42 | 118.798 | 0.589 | 5.657 | 81.455 | 87.018 |
| 51 | 120.5 | 118.988 | 0.615 | 6.258 | 80.792 | 86.509 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 121.2 | 119.153 | 0.639 | 6.885 | 80.12 | 85.987 |
| 53 | 120.42 | 119.301 | 0.661 | 7.535 | 79.458 | 85.475 |
| 54 | 120.46 | 119.444 | 0.683 | 8.207 | 78.802 | 84.965 |
| 55 | 121 | 119.573 | 0.704 | 8.9 | 78.141 | 84.448 |
| 56 | 120.75 | 119.683 | 0.722 | 9.613 | 77.484 | 83.933 |
| 57 | 120.31 | 119.787 | 0.739 | 10.343 | 76.838 | 83.427 |
| 58 | 119.96 | 119.883 | 0.756 | 11.09 | 76.206 | 82.932 |
| 59 | 120.77 | 119.958 | 0.769 | 11.853 | 75.569 | 82.43 |
| 60 | 118.24 | 119.997 | 0.776 | 12.625 | 74.969 | 81.962 |
| 61 | 110.2 | 120.03 | 0.782 | 13.404 | 74.464 | 81.581 |
| 62 | 102.92 | 120.044 | 0.784 | 14.187 | 74.049 | 81.278 |
| 63 | 100.55 | 119.977 | 0.772 | 14.965 | 73.7 | 81.03 |
| 64 | 35.07 | 119.738 | 0.731 | 15.716 | 73.467 | 80.866 |
| 65 | 32.13 | 119.251 | 0.653 | 16.408 | 73.312 | 80.761 |
| 66 | 31.72 | 118.185 | 0.511 | 16.99 | 73.209 | 80.695 |
| 67 | 31.57 | 116.187 | 0.323 | 17.407 | 73.142 | 80.655 |
| 68 | 31.53 | 113.373 | 0.169 | 17.653 | 73.099 | 80.632 |
| 69 | 31.45 | 110.04 | 0.078 | 17.776 | 73.072 | 80.618 |
| 70 | 31.4 | 106.437 | 0.034 | 17.833 | 73.054 | 80.611 |
| 71 | 31.36 | 102.73 | 0.015 | 17.857 | 73.042 | 80.606 |
| 72 | 31.31 | 99.019 | 0.006 | 17.867 | 73.034 | 80.603 |
| 73 | 31.26 | 95.362 | 0.003 | 17.872 | 73.029 | 80.601 |
| 74 | 31.23 | 91.794 | 0.001 | 17.874 | 73.025 | 80.6 |
| 75 | 31.19 | 88.333 | 0.001 | 17.875 | 73.022 | 80.6 |
| 76 | 31.158 | 84.664 | 0 | 17.875 | 73.02 | 80.599 |
| 77 | 31.14 | 81.461 | 0 | 17.875 | 73.019 | 80.599 |
| 78 | 31.137 | 78.39 | 0 | 17.875 | 73.018 | 80.599 |
| 79 | 31.108 | 75.452 | 0 | 17.875 | 73.017 | 80.598 |
| 80 | 31.09 | 72.649 | 0 | 17.875 | 73.016 | 80.598 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 81 | 31.09 | 69.982 | 0 | 17.875 | 73.016 | 80.598 |
| 82 | 31.085 | 67.45 | 0 | 17.875 | 73.015 | 80.598 |
| 83 | 31.04 | 65.05 | 0 | 17.875 | 73.015 | 80.598 |
| 84 | 31.038 | 62.782 | 0 | 17.875 | 73.014 | 80.598 |
| 85 | 31.02 | 60.641 | 0 | 17.875 | 73.014 | 80.598 |
| 86 | 31.022 | 58.624 | 0 | 17.875 | 73.014 | 80.598 |
| 87 | 31.04 | 56.727 | 0 | 17.875 | 73.013 | 80.598 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค** ตารางแสดงปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือนของทุเรียนสด – แช่แข็ง

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้านบาท

| เดือน | ปี พ.ศ. 2540 | | ปี พ.ศ. 2541 | | ปี พ.ศ. 2542 | | ปี พ.ศ. 2543 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า |
| มกราคม | 400 | 10.30 | 658 | 29.73 | 3,901 | 74.38 | 11,279 | 186.78 |
| กุมภาพันธ์ | 385 | 9.10 | 1,396 | 45.16 | 2,121 | 49.34 | 5,307 | 81.35 |
| มีนาคม | 1,715 | 36.17 | 7,263 | 187.06 | 9,131 | 184.66 | 3,979 | 84.38 |
| เมษายน | 7,672 | 152.97 | 31,699 | 780.09 | 33,530 | 667.47 | 5,995 | 128.49 |
| พฤษภาคม | 23,278 | 436.18 | 23,485 | 609.70 | 39,443 | 799.08 | 27,921 | 557.85 |
| มิถุนายน | 19,877 | 419.21 | 8,732 | 266.69 | 17,527 | 367.46 | 26,327 | 619.50 |
| กรกฎาคม | 14,602 | 343.68 | 7,441 | 233.13 | 9,477 | 214.42 | 14,476 | 292.19 |
| กันยายน | 2,366 | 81.99 | 5,318 | 133.09 | 6,805 | 127.83 | 2,655 | 66.99 |
| ตุลาคม | 1,732 | 46.41 | 1,721 | 41.86 | 1,429 | 36.24 | 1,344 | 41.50 |
| พฤศจิกายน | 1,311 | 43.00 | 480 | 13.20 | 1,198 | 32.12 | 1,976 | 49.47 |
| ธันวาคม | 1,017 | 33.66 | 1,207 | 35.90 | 2,891 | 51.72 | 3,034 | 60.60 |
| **รวม** | **78,480** | **1,733.65** | **130,758** | **2,605.02** | **132,843** | **2,724.74** | **112,178** | **2,321.51** |

(ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (www.oae.go.th) โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร ปรับปรุงครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 29 ม.ค. 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ เสมอมา จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สจล. ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์รวมทั้งให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ดูแลช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านตลอดมา

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมอาหารและภาควิชาอื่น ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่คณะผู้วิจัย

และท้ายที่สุด คุณประโยชน์ของงานวิจัยนี้ที่พึงมี คณะผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า.2530. ทุเรียน. รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.กรุงเทพฯ

ดารณี ปานขลิบ.2544.วิทยานิพนธ์เรื่อง การปอกผลและการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ

นิรมล ปัญญบุศยกุล.2539.วิทยานิพนธ์เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพของทุเรียนด้วยคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.หน้า 53 –87

ปราณี รัตนวลีดิโรจน์.2543. เครื่องมือวิจัยทางวัสดุศาสตร์: ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น.โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ.หน้า 158 –170

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ,พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และสาทิป รัตนภาสกร.สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ.ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร.คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.หน้า 167 – 199

ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหะการเกษตร.2538.การทำสวนทุเรียน-เงาะ และเทคนิคต่าง ๆ เกี่ยวกับ ทุเรียน-เงาะ.เจริญรัฐการพิมพ์.กรุงเทพฯ

เพ็ญศิริ อนันต์รักสกุล,วิบูลย์เกียรติ โฆษิตานนท์,พรภัทรา ปฏิทัศน์,อัจฉริยา จาระพันธ์ และอินทราวุธ ฉัตรเกษ.2531.เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการวิจัยและพัฒนาวิธีการแช่เย็นทุเรียนสด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สมทรง ปวีณการณ์.2531.เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง การพัฒนาทุเรียนกวนเพื่อการส่งออกและการแช่แข็งทุเรียนสด. หน้า 72 –81

สมทรง ปวีณการณ์. 2530. การยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนสดโดยการแช่แข็ง.รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2529 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สุวรรณา ศรีสวัสดิ์,สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ และศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล.2540. การผลิตและใช้ประโยชน์ทุเรียนดิบบดแห้ง.สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สุดารัตน์ สุดาพันธ์ .2536. วิทยานิพนธ์เรื่อง การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทองภายหลังการเก็บเกี่ยว.หน้า 12 –24

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์. 2541. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตร. หน้า 54-57

Avila,I.M.L.B. and Silva, C.L.M. 1998. Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree.Journal of Food Engineering. 39. 161 –166

Barreiro, J.A., Milano, M., and Sandoval, A.J. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. Journal of Food Engineering. 33. 359 –371

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hayakawa K.I. and Timbers G.E.1997. Influence of heat treatment on the quality of vegetables : Changes in visual green color. Journal of Food Science. 42. 778 - 712

Hunt, M.C., Sorheim, O. and Slinde,E. 2001. Colour and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. Journal of Food Science. 64. 847 –851

Lozano, J.E. and Ibarz, A. 1995. Colour change in concentreated fruit pulp during heating at high temperature.Journal of Food Engineering. 31. 365 –373

Shin,S. and Bhowmilk,S.R. 1995. Thermal Kinetics of color changes in pea puree. Journal of Food Engineering. 24. 77 – 86

Singh,R.P.1996.Computer applications in food technology. Department of Food Science and Tecnology.Academic Press,Inc.london.91 – 137

Singh,R.P and Heldman,D.R. 1993. Introduction to Food Engineering.second edition.Academic Press ,Inc. New York. 225 – 235

Stumbo,C.R.1973. Thermobacteriolgy in Food Processing.2nd edition.Academic Press.

http://www.panmai.com/Direction/ Tree_NE_1htm

http://www.culture.go.th/thai/thaifruit/noina.htm

http://www.ittm.or.th/articles/direct_tree/directtree14.htm

http://www.thai.to /seri/kdvill /kd01.htm

http://www.oae.go.th

http://www.eng.auburn.edu/users/wfgale/usda_coures/section0_5_page_3.htm

http://www.anamai.moph.go.th/nutri/goodnuti/Html/m25.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้