

จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการให้ความร้อนแครอท

2 สายพันธุ์

KINETICS OF TEXTURE DEGRADATION OF 2 VARIETIES  
OF CARROT DURING HEAT TREATMENT



กาญจนา เหล่าศรีวิจิตร  
จิรภา สิมะเสถียร โสภณ  
วรางคณา ณ พัทลุง

๒๒

ก 427 จ

๒547

เลขหมู่.....๒547

เลขทะเบียน.....61965

วัน,เดือน,ปี.....25 ก.ค. 2549

b.....11๗๘3๘๑๗  
i.....

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการให้ความร้อนแครอท  
2 สายพันธุ์

KINETICS OF TEXTURE DEGRADATION OF 2 VARIETIES  
OF CARROT DURING HEAT TREATMENT



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการให้ความร้อนแครอท 2 สายพันธุ์

KINETICS OF TEXTURE DEGRADATION OF 2 VARIETIES OF CARROT  
DURING HEAT TREATMENT

ผู้จัดทำ

- |                  |                |              |          |
|------------------|----------------|--------------|----------|
| 1. นางสาวกาญจนา  | เหล่าศรีวิจิตร | รหัสประจำตัว | 44010641 |
| 2. นางสาวจิรภา   | สีมะเสถียรโสภณ | รหัสประจำตัว | 44010661 |
| 3. นางสาววรางคณา | ณ พัทลุง       | รหัสประจำตัว | 44010820 |

พิมพ์เพ็ญ นร (ณิฉิมวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เอกสิทธิ์ ศรีธรรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการให้ความร้อนแครอท 2 สายพันธุ์

นางสาวกาญจนา	เหล่าศรีวิจิตร	44010641
นางสาวจิรภา	สีมะเสถียร โสภณ	44010661
นางสาวรวงคณา	ณ พัทลุง	44010820
ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ	พรเฉลิมพงศ์	
อาจารย์ที่ปรึกษา		
อ.เอกสิทธิ์	ศรีธรรม	
อาจารย์ที่ปรึกษา		
ปีการศึกษาที่ 2547		

### บทคัดย่อ

การให้ความร้อนเป็นการเตรียมวัตถุดิบประเภทผักและผลไม้ก่อนการแปรรูป จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ 60, 70, 80, 90 และ 100°C โดยใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนต่างๆ ต่อเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ คือแครอทพันธุ์ทางการค้าในประเทศ (โครงการหลวงค้อยคำ) และแครอทพันธุ์ทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ (จากจีน) พบว่าที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของแครอททั้งสองพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงแบบปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ขั้นตอน คือ ความแข็งลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการให้ความร้อน หลังจากนั้นความแข็งจะลดลงอย่างช้าๆ โดยค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา(k) ของพันธุ์การค้าที่นำเข้า เท่ากับ 0.4291, 0.5476 min<sup>-1</sup> และพันธุ์การค้าในประเทศ เท่ากับ 0.0906, 0.4402 min<sup>-1</sup> ตามลำดับ ในขณะที่การลวกที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C พบการเปลี่ยนแปลงความแข็งแบบขั้นตอนเดียว โดยมีค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา(k) ของพันธุ์การค้าที่นำเข้า เท่ากับ 0.0118, 0.0229 และ 0.0488 min<sup>-1</sup> และพันธุ์การค้าในประเทศ เท่ากับ 0.0088, 0.0184 และ 0.0382 min<sup>-1</sup> ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# KINETICS OF TEXTURE DEGRADATION OF 2 VARIETIES OF CARROT DURING HEAT TREATMENT

Kanjana Laosrivichit

Jirapa Simasatiensophon

Warangkana Na Phatthalung

Asst. Prof. Dr. Pimpen Pornchalermpong

Advisor

Mr. Eakasit Sritham

Advisor

## ABSTRACT

Fresh vegetables and fruits are normally pre-treated with heat before processing. The effects of temperature used in heat treatment on textural change of two commercial varieties of carrots were investigated in this study. It was found that the kinetics of textural change could be divided into two ranges - low temperature (60-70°C) and high temperature (80-100°C). A fractional conversion model was suitable for analysis of textural change in the low temperature range. The reaction constants (k) at temperature of 60°C and 70°C of imported carrots were 0.4291 and 0.5475 min<sup>-1</sup>. Those values of carrots from the Doikham Royal project were found to be 0.0906 and 0.4402 min<sup>-1</sup>. In the high temperature range, the kinetics of textural change could be satisfactorily described by the first order reaction. The reaction rates (k) at the temperature of 80°C, 90°C and 100°C were 0.0118, 0.0229 and 0.0488 min<sup>-1</sup> for imported carrots and 0.0088, 0.0184 and 0.0382 min<sup>-1</sup> for Doikham carrots, respectively. The activation energy (E<sub>a</sub>) of imported and Doikham carrots in this temperature range were 77.63 kJ/mol (R<sup>2</sup>= 0.9971) and 80.27 kJ/mol (R<sup>2</sup> = 0.9998). The results indicated that the texture of Doikham carrot is harder and has a higher heat resistance as compared to that of an imported carrot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และอาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้ความรู้, ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆ เสมอมา จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สจล.ทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์รวมทั้งให้ความช่วยเหลือต่างๆ

พี่แมนและพี่น้ำ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์การทดลองรวมทั้งให้คำแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือการทดลองที่เหมาะสม

บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ดูแลช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดมา เพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมอาหารและภาควิชาอื่นๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่ผู้วิจัย

และท้ายสุดคุณประโยชน์ของงานวิจัยนี้ที่พึงมี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณดีทั้งหมดนี้ให้แก่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแคโรท	3
2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการลวก	4
2.3 ผลของเอนไซม์ Pectin methylesterase (PME) ต่อคุณภาพของแคโรท	10
2.4 ค่าพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์ทางเคมี	10
2.5 ค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการให้ความร้อน	11
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	16
3.1 วัสดุดิบ	16
3.2 การให้ความร้อน	17
3.3 การวัดคุณภาพหลังให้ความร้อน	17
3.4 การนำผลการทดลองมาวิเคราะห์	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	20
ตอนที่ 1 คุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อผ่านการให้ความร้อน	20
ตอนที่ 2 คุณภาพด้านสีระหว่างเมื่อผ่านให้ความร้อน	27
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	28
บรรณานุกรม	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ภาคผนวก ก.	34
ภาคผนวก ข.	34
ภาคผนวก ค.	48
ภาคผนวก ง.	75
ภาคผนวก จ.	77
	82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เอนไซม์ที่ส่งผลต่อคุณภาพในผักที่ยังไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน	6
2.2 แสดงความคงทนอุณหภูมิของเอนไซม์ในผักชนิดต่างๆ	7
2.3 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่อย่างเหมาะสมหลังจากการลวกในผักชนิดต่างๆ	7
2.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ความร้อนในแครอท	15
4.1 แสดงค่าคงที่ (k) ที่หาได้จากสมการความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C	23
4.2 แสดงค่าคงที่ (k) และค่าสหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ที่หาได้จากสมการความสัมพันธ์แบบ fractional conversion model ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C	24
4.3 แสดงค่าคงที่ (k) และค่าสหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ที่หาได้จากสมการความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C	26
ก.1 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C	35
ก.2 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C	38
ก.3 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C	41
ก.4 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C	45
ก.5 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C	47
ข.1 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทนำเข้าไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C	49
ข.2 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทนำเข้าไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C	52
ข.3 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทนำเข้าไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C	55
ข.4 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทนำเข้าไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C	59
ข.5 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทนำเข้าไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C	61
ข.6 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทจากคอยคำให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C	62
ข.7 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทจากคอยคำให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
ข.8	ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกายทำให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C	68
ข.9	ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกายทำให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C	72
ข.10	ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกายทำให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C	74
ค.1	แสดงค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่อุณหภูมิต่างๆ โดยวิธีวิเคราะห์จากความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง	76
ค.2	แสดงค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C โดยวิธีวิเคราะห์แบบ fractional conversion model	76
จ.1	แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ความร้อนในผักชนิดต่าง ๆ	83
จ.2	แสดงค่าคุณสมบัติทางความร้อนของแคโรทีน	84

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	พันธุ์แคโรทต่างๆ	3
2.2	โครงสร้างของเบต้า-แคโรทีน	4
2.3	ตัวอย่างการเขียนกราฟ semilog เพื่อหาค่า D-value	12
2.4	ตัวอย่างการเขียนกราฟ semilog เพื่อหาค่า Z-value	12
3.1	การเตรียมตัวอย่างแคโรทสำหรับการทดลอง	16
3.2	กราฟแสดงค่าแรงกดกับเวลา	17
3.3	แผนภูมิแสดงวิธีการทดลอง	18
4.1	ค่าแรงกดสูงสุดของแคโรทในระหว่างการให้ความร้อนเปรียบเทียบกับเส้นกราฟจากการทำนาย	21
4.2	ความสัมพันธ์ของ $\ln(F_t/F_0)$ กับเวลา ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C	22
4.3	ความสัมพันธ์ของ $\ln(F_t/F_0)$ กับเวลา ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C	25
4.4	กราฟแสดงค่า $\ln(k)$ กับ $1/T$ เปรียบเทียบระหว่างแคโรทนำเข้าและแคโรทจากคอกค้า ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C	26
ง.1	แคโรทที่นำมาใช้ในการทดลอง	78
ง.2	เครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-Xtplus, Stable Micro System, UK)	79
ง.3	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, รุ่น W 350, Germany)	79
ง.4	หัวเจาะท่อสแตนเลส	80
ง.5	อุปกรณ์สำหรับการตัดชิ้นตัวอย่างแคโรท	80
ง.6	ตะแกรงสำหรับใส่ตัวอย่างชิ้นแคโรท	81
ง.7	ชิ้นตัวอย่างแคโรท	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

เครื่องปรับอากาศที่สามารถนำมาแปรรูปหลายแบบ เช่น บรรจุกะป๋อง, แชนจ์และทำแห้ง ก่อนการแปรรูปนิยมนำเครื่องทำความเย็นน้ำร้อนหรือไอน้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 70-100°C เพื่อยับยั้ง เอนไซม์เปอร็อกซิเดสและเอนไซม์ไลพอกซิเนสที่มีอยู่ในเครื่อง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ เช่น สี, กลิ่น และรสชาติ ความร้อนมีผลกระทบต่อคุณภาพของเครื่องในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค การให้ระดับความร้อนที่ต่างกันก็ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 50-70°C จะกระตุ้นเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรส(PME) ในเนื้อเครื่อง ส่งผลให้เครื่องมีเนื้อแข็งขึ้นและทนต่อความร้อนมากขึ้น(Van Buren, 1979 ; Chang et al., 1996 ; Hou and Chang, 1996) ความร้อนช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 80°C จะยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PME และส่งผลให้เนื้อเครื่องเสียสภาพการคงตัว (Bartolome and Hoff, 1972 ; Steinbuch, 1976) นอกจากนี้สายพันธุ์ของเครื่องที่แตกต่างกันอาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเครื่องที่ต่างกันด้วย ซึ่งเครื่องที่ใช้บริโภคและแปรรูปในประเทศไทยในปัจจุบันมีทั้งที่ปลูกได้ภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศโดยเฉพาะจากประเทศจีน ระหว่างการให้ความร้อน เช่น การลวก เนื้อเครื่องซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งแน่น มีการส่งถ่ายความร้อนในรูปแบบการนำ จึงทำให้การกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในชั้นเครื่องแตกต่างกัน ค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเครื่องจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการให้ความร้อน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังไม่มีการศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ดังกล่าวในช่วงอุณหภูมิซึ่งครอบคลุมทั้งช่วงอุณหภูมิต่ำและช่วงอุณหภูมิสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเครื่องระหว่างการให้ความร้อน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสเครื่อง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทางการค้าที่ปลูกในประเทศจากโครงการหลวงดอยคำและพันธุ์ทางการค้าที่นำเข้าจากประเทศจีน

### 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาการให้ความร้อนแก่แครอท 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ทางการค้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (ประเทศจีน) และพันธุ์ทางการค้าที่ปลูกในประเทศไทย (โครงการหลวงคอยคำ)
2. ศึกษาการให้ความร้อนแก่แครอทด้วยน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100°C เก็บตัวอย่างแรกที่ 1 นาทีแรก จากนั้นเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 นาทีจนครบชั่วโมงที่ 2 ในชั่วโมงที่ 3 เก็บตัวอย่างทุกๆ 5 นาที ในชั่วโมงที่ 4-5 เก็บตัวอย่างทุกๆ 10 นาที และในชั่วโมงที่ 6-7 เก็บตัวอย่างทุกๆ 20 นาที

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและสีของแครอทระหว่างการให้ความร้อน
2. สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างในการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและสีหลังให้ความร้อนระหว่างสายพันธุ์



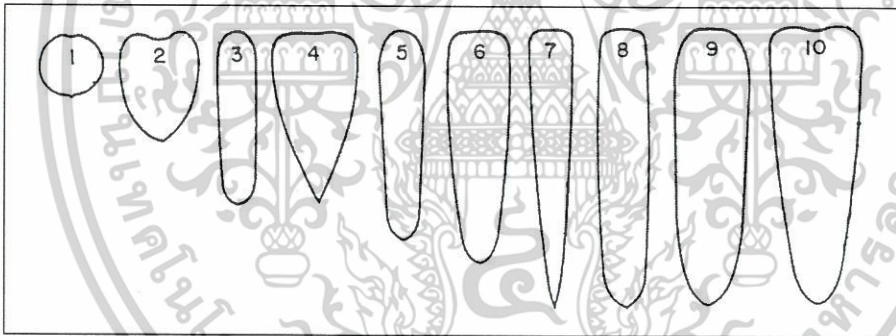
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

#### 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแครอท

แครอท(Carrot) เป็นพืชที่ใช้บริโภคส่วนหัว(root) หัวมีลักษณะเป็นสีส้มถึงสีส้มอมแดง มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Daucus carota* Linn Var.*sativa* Hoffin อยู่ในตระกูล Apiaceae(Umbelliferae) มีชื่อเรียกทั่วไปว่า ผักกาดแดง, ผักกาดหัวแครอท(นิพนธ์, 2545) มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบเอเชียกลาง ในประเทศไทยนิยมปลูกพันธุ์ชานเทนเน่ (Chantenay) ซึ่งมีลักษณะของรากอ้วนและสั้น เมื่อรากหรือหัวแครอทโตจะมีความยาว 5-6 นิ้ว แล้วแต่พันธุ์ ส่วนกว้างที่สุดของรากซึ่งอยู่ชิดกับลำต้นมีขนาด 1.5-2 นิ้ว รากมีสีส้มเข้ม ส่วนแครอทที่มีลักษณะผอมและมีขนาดยาวได้แก่ พวกดานเวอร์(Danver) และอิมเพอเรเตอร์(Inperator) ไม่นิยมปลูกในประเทศไทยเพราะจะหักง่ายขณะขนส่ง และแครอทที่มีรากขนาดเล็กมากคือมีความยาวประมาณ 6-8 เซนติเมตร ได้แก่ พวกแนนเทส(Nantes) แครอทที่มีขนาดเล็กนี้ จะเรียกอีกชื่อว่า เบบี้แครอท (baby carrot) (ยาใจ, 2542)



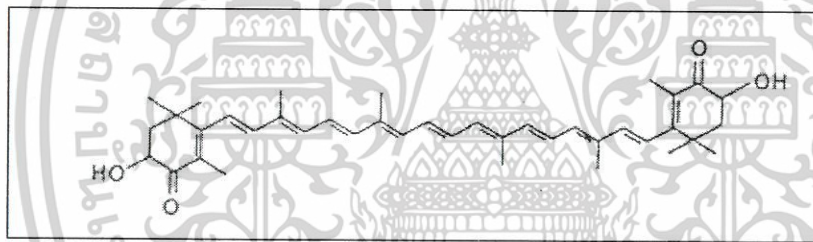
รูปที่ 2.1 Carrot, *Daucus carota*, types : 1– Parisian market; 2 – Oxheart; 3 – Amsterdam forcing; 4 – Chantenay; 5 – Nantes; 6 – Danvers; 7 – Imperator; 8 – Flakkee; 9 – Berlikum; 10 – Kuroda

ที่มา : Kochhar(1981)

สารให้สีในแครอท คือ แคโรทีนอยด์ เป็นสารที่ให้สีเหลือง สีส้ม และสีแดง สารให้สีพวกแคโรทีนอยด์นี้ จัดเป็นสารช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยทำหน้าที่ช่วยดูดกลืนพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อไปยังคลอโรฟิลล์ (เทียนศักดิ์, 2536) แคโรทีนอยด์เป็นสารธรรมชาติที่ละลายในไขมันแต่มีเทคนิคหลายอย่างที่ทำให้สามารถละลายในน้ำได้ แคโรทีนอยด์บางชนิด เช่น ฟัยโตฟลูอิน และนิวโรสโปริน เกิดขึ้นมาเพื่อที่จะเปลี่ยนไปเป็นแคโรทีนอยด์ที่สำคัญตัวอื่น พบแคโรทีนอยด์ชนิดเอกสำรนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนเวียนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เฒ่าได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนิวโรสปอริน เกิดขึ้นมาเพื่อที่จะเปลี่ยนไปเป็นแคโรทีนอยด์ที่สำคัญตัวอื่น พบแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ อยู่เป็นจำนวนมากในอาหาร มีอยู่ 5 ชนิดที่พบอยู่เป็นประจำ คือ เบต้า-แคโรทีน(พบในผักผลไม้ที่มีสีเหลือง ส้ม หรือพืชใบเขียว), ลูเทออิน(พบในผักผลไม้เช่นเดียวกับเบต้า-แคโรทีน แต่จะไม่พบในแครอทหรือน้ำมันปาล์มแดง), ไลโคพีน(พบส่วนใหญ่ในมะเขือเทศ กับผลไม้หลายชนิดเมื่อผลไม้สุก เช่น พริกชี้หนู แดงโม) และแอลฟา-แคโรทีน(จะพบในผักใบเขียวและจำนวนเล็กน้อยในแครอท) แคโรทีนอยด์ที่พบได้น้อย ได้แก่ ซีแซนธิน (พบในข้าวโพดหวานและผลไม้) และแคปแซนธิน (เม็ดสีที่ให้กับพริกหยวกและพริกต่างๆ และพบในกลุ่มผลไม้สีส้ม เช่น ลูกพลับ มะละกอ)

เบต้า-แคโรทีนและแซนโทฟิลล์ จัดเป็นสารที่เด่นที่สุดที่ให้สีเหลือง ในแครอทจะพบแอลฟา-แคโรทีนอยู่น้อย ส่วนมากจะเป็นเบต้า-แคโรทีน(เทียนศักดิ์, 2536) เบต้า-แคโรทีน เป็นไอโซเมอร์ของแคโรทีน ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ ได้มากที่สุด โดยจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ในขณะผ่านระบบการย่อยอาหาร เบต้า-แคโรทีน มีคุณสมบัติดังนี้ จุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 183°C ไม่ละลายในเอทานอล ละลายได้น้อยในตัวทำละลายอินทรีย์ ไม่คงตัวต่ออากาศ แสง และอุณหภูมิสูงประมาณ 45°C แสดงโครงสร้างเบต้า-แคโรทีน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเบต้า-แคโรทีน

ที่มา : Hutchings(1994)

การสูญเสียแคโรทีนอยด์ในอาหารส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน(รัชนี, 2532) เนื่องจากโมเลกุลของแคโรทีนอยด์เป็นระบบไม่อิ่มตัว เมื่อทิ้งไว้ให้ถูกอากาศนานๆ มันจะถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นกับแสง ความร้อน การหุงต้ม ธรรมดาไม่มีผลต่อสีและคุณค่าทางโภชนาการของแคโรทีนอยด์ สีของแคโรทีนอยด์ทนกรดค้างและไม่ถูกชะออกโดยน้ำ ในผักและผลไม้ที่มีแคโรทีนอยด์สูงจะยังคงมีสีสวยสดหลังหุงต้มแล้ว แต่แคโรทีนอยด์ในอาหารที่ตากแห้งอาจเปลี่ยนสีได้เมื่อทิ้งไว้ในอากาศนานๆ

## 2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการลวก

การลวก หมายถึง การถ่ายเทความร้อนโดยการพาและแผ่รังสีจากน้ำร้อนหรือน้ำไอน้ำไปยังวัตถุดิบ โดยปกติอุณหภูมิที่ใช้ลวกประมาณ 70–110°C (วิล, 2546) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผักบางชนิด เช่น หัวหอมใหญ่ ที่ไม่ต้องผ่านการลวก แต่ผักผลไม้ส่วนใหญ่จะเสื่อมสภาพได้โดยง่าย ถ้าไม่ผ่านการลวกเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ การลวกทำได้โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่ตั้งไว้ และทำให้เย็นโดยเร็วที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการลวกได้แก่

- 1) ชนิดของผักและผลไม้
- 2) ขนาดของชิ้นอาหาร
- 3) อุณหภูมิของการลวก
- 4) วิธีการให้ความร้อน

#### 2.2.1 วัตถุประสงค์ของการลวก

1. การทำลายเอนไซม์ อุณหภูมิสูงสุดของกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การแช่เยือกแข็งและการทำแห้งนั้นไม่เพียงพอต่อการทำลายเอนไซม์ หากไม่ลวกอาหารก่อนอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการในระหว่างการเก็บรักษาได้ ส่วนในกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูง เช่น การสเตอริไลซ์อาหารกระป๋องขนาดใหญ่ นั้น ถ้าไม่มีการลวกอาหารก่อนอาจเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ขึ้น เพราะต้องใช้เวลานานพอสมควรกว่าอุณหภูมิภายในกระป๋องจะเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการ การลวกอาหารอย่างไม่สมบูรณ์อาจทำให้เกิดผลเสียว่าการไม่ลวก เนื่องจากอาจเป็นการให้ความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายเนื้อเยื่อของอาหาร แต่ไม่สามารถทำลายเอนไซม์ได้ จึงทำให้เอนไซม์กับสารตั้งต้นรวมตัวกันได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้การทำลายเอนไซม์ชนิดหนึ่งอาจจะไปเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ชนิดอื่นและเร่งให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียมากยิ่งขึ้น

เนื่องจากในผักผลไม้มีเอนไซม์หลายชนิด จึงมีการถกเถียงถึงการเลือกชนิดของเอนไซม์ที่ใช้เป็นดัชนีในการลวก โดยเอนไซม์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพในผักทั่วไปแสดงในตารางที่ 2.1 โดยในระยะเริ่มแรกมีการเสนอให้ใช้คะตะเลสเป็นดัชนีในการลวกโดยเฉพาะในพวกลั่ว เนื่องจากพบมากและตรวจวัดกิจกรรมได้ง่าย หลังจากนั้นเอนไซม์คะตะเลสก็ถูกแนะนำให้ใช้ในผักชนิดอื่นอีกด้วย(Williams et al., 1986) มีการศึกษาพบว่าคะตะเลสเป็นเอนไซม์ที่ไม่ทนความร้อนโดยในการทำลายกิจกรรมอย่างสมบูรณ์จะใช้เวลาเพียงร้อยละ 50-70 ของเวลาที่ใช้ในการทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสอย่างสมบูรณ์ (USDA, 1975)

ตารางที่ 2.1 เอนไซม์ที่ส่งผลต่อคุณภาพในผักที่ยังไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

Quality defect	Responsible enzymes
Off-flavor development	Lipoxygenase Lipase Protease
Textural changes	Pectic enzymes Cellulose
Color changes	Polyphenol oxidase Chlorophyllase Peroxidase Lipoxygenase
Nutritional changes	Ascorbic acid oxidase thiaminase

ที่มา : Williams et al.(1986)

มีการศึกษาการใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เพื่อใช้เป็นดัชนีในการลวกที่เหมาะสม จากการศึกษพบว่ากิจกรรมของเปอร์ออกซิเดสจะแปรผันโดยตรงกับกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลิ่นรสผิดปกติมากกว่าเอนไซม์อะเลส (Joslyn, 1944) นอกจากนี้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่ทนความร้อนได้สูงมากตัวหนึ่ง หากเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสถูกทำลายลงแล้ว เอนไซม์อื่นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ควรถูกทำลายหมดด้วย (Burnette, 1977) และยังมีเอนไซม์ชนิดอื่นที่ถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดการลวกแต่พบได้น้อย ดังแสดงในตารางที่ 2.2 เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส สำหรับป้องกันการเปลี่ยนสีในผักผลไม้, โลพอกซิเจเนสในถั่วเหลือง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงความคงทนอุณหภูมิของเอนไซม์ในผักชนิดต่างๆ

Enzyme	Food	z-Value(avg.) (°F)
Ascorbate oxidase	Peach and vegetable	59
Catalase	Vegetables	28
Chlorophyllase	Spinach	22
Lipoxygenase	Peas	16
Pectin esterase	Citrus Juice	14
Peroxidase	Peas	48
Phosphatase	Orange Juice	9
	Milk	13
Polyphenol oxidase	Several fruits	12

ที่มา : Williams et al.(1986)

จากคุณสมบัติของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ทำให้ต้องใช้ความร้อนสูงในการทำลายกิจกรรมเปอร์ออกซิเดสได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการลวกที่เกินพอดี Bottcher(1975)เสนอว่าถ้าต้องการผักที่มีคุณภาพดีหลังจากผ่านการลวกแล้ว ควรมีกิจกรรมของเปอร์ออกซิเดสเหลืออยู่บ้าง ซึ่งปริมาณเอนไซม์ที่เหลืออยู่อย่างเหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของผัก พิจารณาในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่อย่างเหมาะสมหลังจากการลวกในผักชนิดต่างๆ

ชนิดของผัก	กิจกรรมเปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ (ร้อยละ)
ถั่ว	2.0-6.3
ถั่วเขียว	0.7-3.2
ดอกกะหล่ำ	2.9-8.2
ถั่วงอก	7.5-11.5

ที่มา : Williams et al. (1986)

มีการศึกษาการใช้เอนไซม์ไลพอกซิเจเนสเป็นดัชนีบ่งชี้การลวกของผักพบว่า การลวกเมื่อใช้เอนไซม์ไลพอกซิเจเนสเป็นตัวชี้วัดจุดสุดท้ายของการลวกจะช่วยในการประหยัดพลังงานและคุณภาพของผักยังคงอยู่ ดังนั้นจึงมีการนำเอาเอนไซม์ไลพอกซิเจเนสมาเป็นดัชนีชี้วัดการลวกของถั่วเขียวและถั่วลันเตาในทางการค้า มีผักและผลไม้หลายชนิดที่สามารถตรวจวัดกิจกรรมไลพอกซิเจเนสได้ แต่ก็มีบางชนิดที่ไม่สามารถตรวจวัดกิจกรรมได้ เช่น แครอท ข้าวโพดเหลือง ผักโขม และมะเขือเทศ เป็นต้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Williams et al., 1986) ซึ่งการตรวจไม่พบเอนไซม์ไลพอกซิเจเนสในแคโรท เป็นเพราะไม่มีเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ในเนื้อเยื่อหรือมีอยู่น้อยเกินไปที่จะสามารถตรวจพบได้ (Morales et al., 2002)

2. การลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวของอาหาร

3. การทำให้เนื้อเยื่อของผลไม้นุ่มขึ้นและมีปริมาณลดลง ช่วยให้บรรจุกาหารลงในภาชนะได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการไล่อากาศที่มีในช่องว่างระหว่างเซลล์ ช่วยทำให้เกิดสุญญากาศในกระป๋องได้ง่ายขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์ก่อนเข้ากระบวนการแปรรูปต่อไป การลวกมีผลทำให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นและทำให้ปกเปลือกได้ง่ายขึ้นอย่างไรก็ตามการลวก มีข้อเสียคือทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารโดยเฉพาะวิตามินต่างๆ

### 2.2.2 วิธีการลวก

วิธีการลวกอาจทำโดยใช้ไอน้ำร้อน, จุ่มลงในน้ำเดือด หรือลวกในไมโครเวฟ (นิธิยา, 2544) อุปกรณ์ที่ใช้ลวกในระดับอุตสาหกรรม เรียกว่า blancher ที่ใช้พลังงานต่ำและลดการสูญเสียส่วนที่ละลายน้ำได้ของอาหาร ช่วยลดชนิดและปริมาณสารต่างๆ ที่จะละลายออกมา และช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารอาหารสูงขึ้นด้วย

#### 2.2.2.1 การลวกโดยใช้น้ำร้อน

การลวกโดยวิธีนี้เป็นการใช้น้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 70-110°C แช่วัตถุดิบไว้ระยะเวลาหนึ่ง แล้วเอาไปทำให้เย็นทันที

#### 2.2.2.2 การลวกโดยใช้อุณหภูมิ

การลวกโดยใช้อุณหภูมิ วิธีนี้จะวางวัตถุดิบไว้บนสายพานที่มีบรรยากาศของไอน้ำตลอดระยะเวลาที่สายพานเคลื่อนที่ ซึ่งควบคุมโดยความเร็วของสายพาน ข้อเสีย คือ ถ้ามีวัตถุดิบวางซ้อนกันจะทำให้ได้รับความร้อนไม่ทั่วถึง ต้องควบคุมไอน้ำให้เหมาะสมทั้งเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ เพื่อให้แน่ใจว่าเอนไซม์ถูกทำลายอย่างสมบูรณ์และไม่ทำให้วัตถุดิบสุกมากเกินไป เพราะจะมีผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส การทำให้วัตถุดิบภายหลังการลวกเย็นลง นิยมใช้วิธีการฉีดพ่นฝอยด้วยละอองน้ำเข้าไปในอากาศเย็นจนอิมตัว

### 2.2.3 ผลของการลวกต่ออาหาร

ความร้อนที่ใช้ในการลวกอาหารมีผลต่อคุณสมบัติด้านโภชนาการและกลิ่นรสของอาหาร โดยทั่วไปจะมีการควบคุมเวลาและอุณหภูมิในการลวกให้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้อย่างเพียงพอเพื่อให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสหรือลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด

#### 2.2.3.1 การสูญเสียสารอาหาร

มีสารอาหารหลายชนิด เช่น วิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารที่ละลายน้ำเกิดการสูญเสียระหว่างการลวก การสูญเสียวิตามินส่วนใหญ่เกิดจากการถูกชะล้าง การถูกทำลายโดยความร้อน และเกิดการสูญเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในปริมาณที่ไม่มากนัก การสูญเสียดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

เยื่อกระดาษเป็นเยื่อกระดาษที่สวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) ชนิด สายพันธุ์ ความบริสุทธิ์ของวัตถุดิบ
- 2) วิธีการเตรียมอาหาร เช่น การตัด การผานเป็นแผ่นบางๆ หรือการตัดเป็นรูปเต๋า
- 3) อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของชิ้นอาหาร
- 4) วิธีการลวก
- 5) อุณหภูมิและเวลาในการลวก การลวกโดยอุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาสั้นกว่าทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินน้อยกว่าการลวกที่อุณหภูมิต่ำกว่าแต่ใช้เวลานานกว่า
- 6) วิธีทำให้เย็น
- 7) อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต่ออาหาร ทั้งในการลวกและการทำให้เย็น

### 2.2.3.2 สีและกลิ่น

การลวกทำให้อาหารบางชนิดมีสีสดใสขึ้นเนื่องจากอากาศและฝุ่นบนผิวถูกกำจัดออกไป ทำให้ค่าความยาวคลื่นของแสงสะท้อนเปลี่ยนไป อุณหภูมิและเวลาก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุในอาหาร นิยมเติมโซเดียมคาร์บอเนต (0.125 % w/w) หรือแคลเซียมออกไซด์ลงในน้ำที่ใช้ในการลวก เพื่อป้องกันการทำลายคลอโรฟิลล์ ผักจึงยังคงเขียวไว้ได้ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลโดยเอนไซม์ของชิ้นแอปเปิลหรือมันฝรั่งได้โดยการแช่อาหารลงในน้ำเกลือเจือจาง (2% w/w) ก่อนการลวก ถ้าทำการลวกอย่างเหมาะสมจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสอย่างเด่นชัด

มีการศึกษาในการลวกผักทอง, ข้าวโพดอ่อนและดอกกะหล่ำ ที่อุณหภูมิ 100°C พบว่าผักทั้ง 3 ชนิด เมื่อผ่านการลวกแล้วจะไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากนักเมื่อเทียบกับค่าของสีเริ่มต้น โดยพบว่าข้าวโพดอ่อนและดอกกะหล่ำเมื่อผ่านการลวกจะให้ความสว่างเพิ่มขึ้น แต่สำหรับผักทองเมื่อผ่านการลวกจะให้ความสว่างที่ลดลง สำหรับสีเหลืองที่แสดงในผักทั้งสามชนิดจะให้ความลดลงซึ่งเป็นผลจากปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลง (รวินันท์ และคณะ, 2544) Barrett et al.(2000) ศึกษาพบว่าในการลวกข้าวโพดด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ถ้าใช้เวลาน้อยกว่า 8 นาที จะยังคงรักษาสีเหลืองไว้ได้

### 2.2.3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

การใช้เวลาและอุณหภูมิที่สูงเพียงพอที่จะทำลายการทำงานของเอนไซม์ในอาหารระหว่างการแช่เยือกแข็งหรือการทำให้แห้ง อาจส่งผลให้อาหารสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสได้ การลวกผักส่วนใหญ่จะใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำ แต่สำหรับผลไม้ นิยมเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงในน้ำสำหรับลวกเพื่อทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนแคลเซียมเพกเตทซึ่งไม่ละลายน้ำ ทำให้เนื้อเยื่อพืชคงความแน่นกรอบได้ หรืออาจใช้สารเพิ่มความข้นประเภทคอลลอยด์เช่น เพกติน, คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและแอลจินเนท เพื่อให้ผลไม้อย่างกรอบแน่นหลังการลวก

Barrett et al.(2000) ศึกษาถึงผลของเวลาที่ใช้ในการลวกต่อคุณภาพของผักแช่แข็ง โดยได้นำบล็อกโคลีและข้าวโพดมาลวกด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ที่เวลาต่างกัน และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 9 เดือน พบว่าค่าความแข็งในข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาที่ใช้ในการลวก 18 นาที หลังจากนั้นอีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลวก 6 นาที จากนั้นค่าความแข็งจะค่อยๆ ลดลง ส่วนค่าความแข็งในบดลือกโคลีจะเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาใช้ในการลวก 90 วินาที จากนั้นค่าความแข็งจะค่อยๆ ลดลง

### 2.3 ผลของเอนไซม์ Pectin methylesterase (PME) ต่อคุณภาพของแครอท

การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ มีผลโดยตรงต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Pectin methylesterase (PME) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สำคัญในโครงสร้างของเพกติน เอนไซม์ Pectin methylesterase (PME) จะถูกกระตุ้นให้ทำงานที่อุณหภูมิระหว่าง 50 ถึง 70°C (Van Buren, 1979 ; Chang et al., 1996 ; Hou and Chang, 1996) และจะถูกยับยั้งก่อนจะถึงอุณหภูมิ 80°C (Bartolome and Hoff, 1972 ; Steinbuch, 1976) Puri et al. (1982) ซึ่งให้เห็นว่ากิจกรรมของเอนไซม์ Pectin methylesterase (PME) ในกระบวนการขั้นแรกจะช่วยให้สารตั้งต้นที่ก่อให้เกิด polygalacturonase (PG) ขึ้น ซึ่ง PG นี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผักเน่า แต่ถ้าเอนไซม์ PME ถูกกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมมากกว่า จะทำให้ เอนไซม์ PME ส่งผลกระทบบต่อค่าความแข็งของผักและผลไม้ได้มากกว่า Ni et al. (2004) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส(PME) มีคุณสมบัติที่จะส่งผลให้ผักเกิดการคงรูปได้ดี

Tijskens et al.(1997) พบว่าเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อเซลล์พืชในเนื้อแครอท คือ เอนไซม์ PME แบ่งได้ 2 ไอโซเมอร์ ไอโซเมอร์แรกเป็นชนิดที่มีพันธะเหนียวแน่น(bound) ส่วนอีกชนิดหนึ่งเป็นชนิดที่มีพันธะอิสระ(free) เมื่อให้ความร้อนสูงกว่า 70°C เอนไซม์แบบพันธะเหนียวแน่น(bound) จะถูกเปลี่ยนเป็นเอนไซม์แบบพันธะอิสระ(free)

### 2.4 ค่าพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์ทางเคมี (constant : k, activation energy : E<sub>a</sub>)

#### 1. ค่าคงที่ปฏิกิริยา (constant : k)

##### 1.1 หาค่าคงที่ปฏิกิริยาจากความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

$$\frac{dN}{dt} = -kt$$

$$\ln N = -kt + \ln N_0$$

โดย N = ค่าที่ต้องการศึกษาที่เวลาใดๆ

N<sub>0</sub> = ค่าที่ต้องการศึกษาที่เวลาเริ่มต้น

t = เวลาใดๆ (min)

k = ค่าคงที่ของปฏิกิริยา (min<sup>-1</sup>)

##### 1.2 การหาค่าคงที่ปฏิกิริยาด้วยวิธี fractional conversion model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สำหรับหาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อสัมผัสในผักที่มีลักษณะกราฟแบบ 2 ช่วง (Rizvi and Tong, 1997) ซึ่งค่าที่บอกถึงคุณสมบัติของความแข็ง เรียกว่า ค่าสัดส่วนการเปลี่ยนไปของเนื้อสัมผัส (fractional of texture change, f)

โดยกำหนด

$$f = \frac{F_0 - F_t}{F_0 - F_\infty}$$

เมื่อนำค่า  $1-f$  มาพล็อตเทียบกับเวลาตามความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง จะได้สมการดังนี้

$$\ln(1-f) = \ln\left(\frac{F_t - F_\infty}{F_0 - F_\infty}\right) = -kt$$

โดย

$F_t$  = ค่าแรงกดสูงสุดที่เวลาใดๆ

$F_\infty$  = ค่าแรงกดสูงสุดที่สภาวะสมดุล

$F_0$  = ค่าแรงกดสูงสุดที่สภาวะเริ่มต้น

$t$  = เวลาใดๆ (min)

$k$  = ค่าคงที่ของปฏิกิริยา ( $\text{min}^{-1}$ )

จากสมการข้างต้นสามารถจัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$F_t = F_\infty + (F_0 - F_\infty) \exp(-kt)$$

2. ค่าพลังงานกระตุ้น (activation energy,  $E_a$ ) หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $k$  กับ อุณหภูมิโดยสามารถอธิบายได้จากสมการ Arrhenius (Singh and Heldmen, 1993)

$$\ln k = \ln A_0 - \frac{E_a}{RT}$$

โดย

$k$  = ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา

$E_a$  = พลังงานกระตุ้น (kJ/mol)

$R$  = ค่าคงที่ของแก๊ส (8.314 kJ / kmol.K)

$T$  = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

$A_0$  = ค่าคงที่

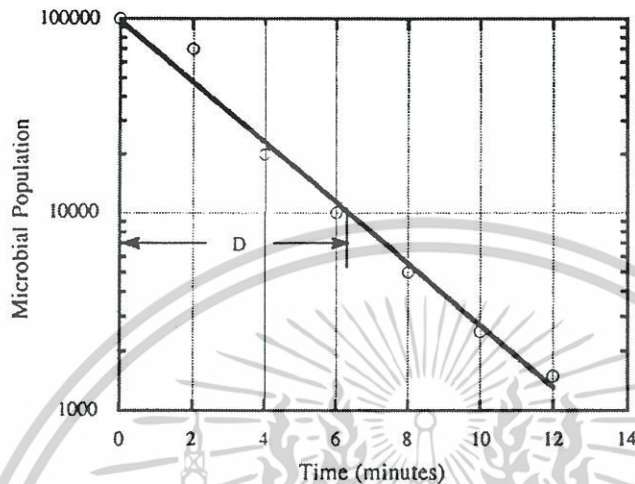
## 2.5 ค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการให้ความร้อน (D-value และ Z-value)

เราสามารถศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆของอาหาร โดยอธิบายเป็นค่าพารามิเตอร์ D-value และ Z-value ซึ่งสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

### 2.5.1 D-value (Decimal Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลาที่ใช้ในการลดค่าปัจจัยคุณภาพลงไป 1 log-cycle ซึ่งสามารถหาได้จากการนำค่าปัจจัยคุณภาพที่วัดได้ในแต่ละช่วงมาเขียนบนกราฟ semilog ส่วนกลับของความชันของกราฟ คือ D-value

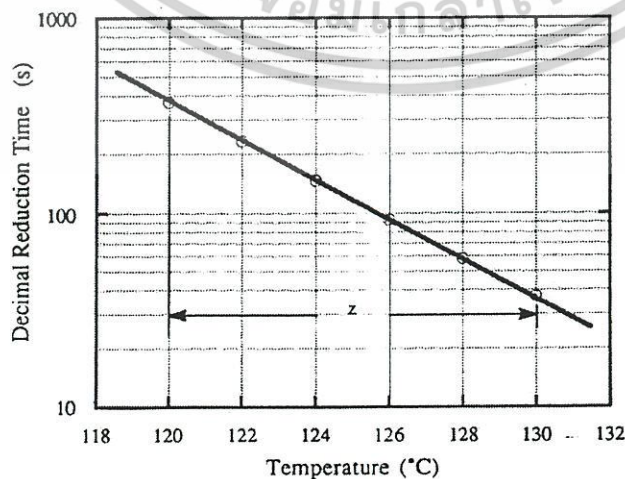


รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการเขียนกราฟ semilog เพื่อหาค่า D-value

ซึ่งค่า D-value เป็นเวลาที่บอกให้เราเห็นว่าปัจจัยคุณภาพลดลงเร็วมากน้อยเพียงใด ถ้า D-value น้อยแสดงว่าใช้เวลาเพียงเล็กน้อยก็ทำให้ค่าปัจจัยคุณภาพลดลงไป 10 เท่าจากค่าคุณภาพเริ่มต้น แต่ถ้า D-value มากแสดงว่าเราต้องใช้เวลาในการลดค่าปัจจัยคุณภาพลงไป 10 เท่า

#### 2.5.2 Z-value (Thermal Constant)

เป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการลดค่า D-value ลงไป 1 log-cycle หาได้จากค่าลบของส่วนกลับของความชันของค่า D-value ที่อุณหภูมิต่างๆ ที่เขียนบนกราฟ semilog ตัวอย่าง การพล็อตกราฟเพื่อหาค่า Z แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเขียนกราฟ semilog เพื่อหาค่า Z-value

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนจะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นทั้งที่ต้องการและไม่ต้องการ ปฏิกิริยาที่เราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้นั้น คือการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร และโครงสร้างทางกายภาพ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียโครงสร้างของอนุภาคในโมเลกุลอาหารที่ผ่านความร้อนซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยค่า Z-value

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Vu et al.(2004) ศึกษาจลนพลศาสตร์ทางความร้อนต่อเนื้อสัมผัสของแครอท โดยมีความยาวตัวอย่างรูปทรงกระบอกซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. ความหนา 10 มม. ให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80-110°C พบว่า ค่า k มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และค่า  $E_a$  เท่ากับ  $117.56 \pm 10.55$  kJ/mol

2. รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่ศึกษาถึงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ความร้อนของเอนไซม์และเนื้อสัมผัสในแครอท ดังแสดงในตารางที่ 2.4

3. Rizvi and Tong(1997) ศึกษาโดยใช้แบบจำลอง fractional conversion model เพื่อใช้ในการหาค่าทางจลนพลศาสตร์ทางความร้อนของเนื้อสัมผัสในผัก ซึ่งแบบจำลองนี้เหมาะสำหรับอธิบายกราฟที่มีลักษณะเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ช่วง (biphasic model)

4. Bourne (1987) ศึกษาค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสในแครอทและถั่วลิสงโดยการลวกที่อุณหภูมิ 74 และ 100°C จากนั้นจึงไปผ่านกระบวนการแปรรูปทางกระป๋อง พบว่าการลวกที่อุณหภูมิต่างกันส่งผลต่อเนื้อสัมผัสต่างกันและมีลักษณะการเปลี่ยนของเนื้อสัมผัสเป็นแบบการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ช่วง

5. Paulus and Saguy (1980) ศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพของแครอทเมื่อผ่านความร้อนโดยทดลองใน 3 สายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์ Rothild, Kundulus และ Rubika โดยให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 90-120°C พบว่า ค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส(k) จะมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงขึ้น และมีค่าพลังงานกระตุ้น( $E_a$ ) เท่ากับ 113.4 kJ/mol สำหรับพันธุ์ Rothild, 92.4 kJ/mol สำหรับพันธุ์ Kundulus และ 117.6 kJ/mol สำหรับพันธุ์ Rubika

6. Ramesh et al.(1998) ศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ทางความร้อนของเนื้อสัมผัสในผักที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ช่วง(biphasic model) ที่อุณหภูมิ 100°C โดยใน แครอท, ถั่วเขียว และ Knol-khol พบว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ช่วง ซึ่งมีจุดแบ่งของการเปลี่ยนแปลงที่เวลา 8, 6 และ 10 นาที ตามลำดับ แต่ในเรดคิซพบว่าการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสแบบช่วงเดียว

7. Stanley et al. (1995) ศึกษาผลของการลวกต่อค่าความแข็งและโครงสร้างของแครอทและถั่วลิสงบรรจุกระป๋องที่ระดับอุณหภูมิต่ำ พบว่าเมื่อค่า pH ลดลงและเมื่อเมื่อเติมแคลเซียมลงไปใต้น้ำที่ใช้ลวกจะส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Ramos et al. (1992) ศึกษาผลของการลวกที่อุณหภูมิต่ำต่อค่าความแข็งในแคโรทพบว่า การลวกแบบ LTLT (Long Time - Low Temperature) เมื่อใช้เวลาในการลวก 45 นาทีขึ้นไป ที่อุณหภูมิในการลวก 60°C จะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

9. Fuchigami et al. (1995) ศึกษาผลของการลวกที่อุณหภูมิต่ำต่อค่าความแข็งในแคโรทแช่แข็งพบว่าเมื่อแคโรทถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลานาน 30 นาทีก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการแช่แข็งพบว่าค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแคโรทที่อุณหภูมิสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ความร้อนในแครอท

ชนิดของผัก	ชนิดของปัจจัยที่ศึกษา	อุณหภูมิ (°C)	k (min) <sup>-1</sup>	E <sub>a</sub> (kJ/mol)	Reference	
แครอท ( <i>Daucus carota</i> )	texture	80-110	$k_{100^{\circ}\text{C}} = 0.2220 \pm 0.0219$	117.56 ± 10.55	Vu et al., 2004	
แครอท ( <i>Daucus carota</i> )	texture	100	$k_{1(100^{\circ}\text{C})} = 0.089$ $k_{2(100^{\circ}\text{C})} = 0.025$	-	Ramesh et al., 1998	
แครอท ( <i>Daucus carota</i> L., cv Chantenay)	cortex  core	- Labile peroxidase isoenzyme - Resistant peroxidase isoenzyme  - Labile peroxidase isoenzyme - Resistant peroxidase isoenzyme	70-95 70-95  70-95 70-95	$k_{L(95^{\circ}\text{C})} = 17.28$ $k_{R(95^{\circ}\text{C})} = 0.0276$  $k_{L(95^{\circ}\text{C})} = 19.188$ $k_{R(95^{\circ}\text{C})} = 0.01188$	E <sub>aL</sub> = 95 E <sub>aR</sub> = 86  E <sub>aL</sub> = 97 E <sub>aR</sub> = 83	Morales-Blancas et al., 2002
แครอท ( <i>Daucus carota</i> L., cv Chantenay)	- Labile peroxidase isoenzyme - Resistant peroxidase isoenzyme	35-65 35-75	$k_{L(65^{\circ}\text{C})} = 0.107 \pm 0.00109$ $k_{R(65^{\circ}\text{C})} = 0.015 \pm 0.00035$	E <sub>aL</sub> = 89.6 E <sub>aR</sub> = 148	Soysal and Söylemez, 2004	
แครอท	- Labile peroxidase isoenzyme - Resistant peroxidase isoenzyme	70-96 70-96	-	E <sub>aL</sub> = 52 E <sub>aR</sub> = 57	Günes and Baymdirh, 1993	

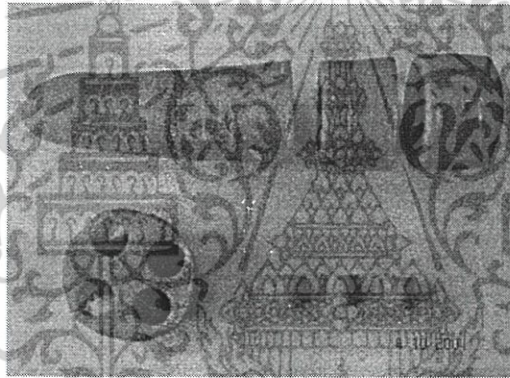
หมายเหตุ  $k_L$  คือ reaction rate constant of labile peroxidase (min<sup>-1</sup>),  $k_R$  คือ reaction rate constant of resistant peroxidase (min<sup>-1</sup>), E<sub>aL</sub> คือ activation energy of labile peroxidase (kJ mol<sup>-1</sup>), E<sub>aR</sub> คือ activation energy of resistant peroxidase (kJ mol<sup>-1</sup>)

## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการ

### 3.1 วัสดุดิบ

สุ่มตัวอย่างแคโรท 2 สายพันธุ์ โดยพันธุ์ทางการค้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ(จากจีน) ทำการสุ่มมาจากซูเปอร์มาร์เก็ต ส่วนพันธุ์ทางการค้าที่ปลูกในประเทศไทยนำมาจากโครงการหลวงคอยคำ นำแคโรทมาตัดเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.5 มม. สูง 14 มม. โดยใช้หัวเจาะที่ทำมาเป็นพิเศษจากท่อสแตนเลส เลือกลัดบริเวณส่วนหัวของแคโรทซึ่งเป็นส่วนที่มีความกว้างมากที่สุด เพื่อนำมาคดให้ได้จำนวนชิ้นตัวอย่างมากที่สุด โดยเลือกเจาะเนื้อแคโรทบริเวณรอบนอกเท่านั้นและพยายามคดให้ผ่านแกนกลาง(cortex) น้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเตรียมตัวอย่างแคโรทสำหรับการทดลอง

### 3.2 การให้ความร้อน

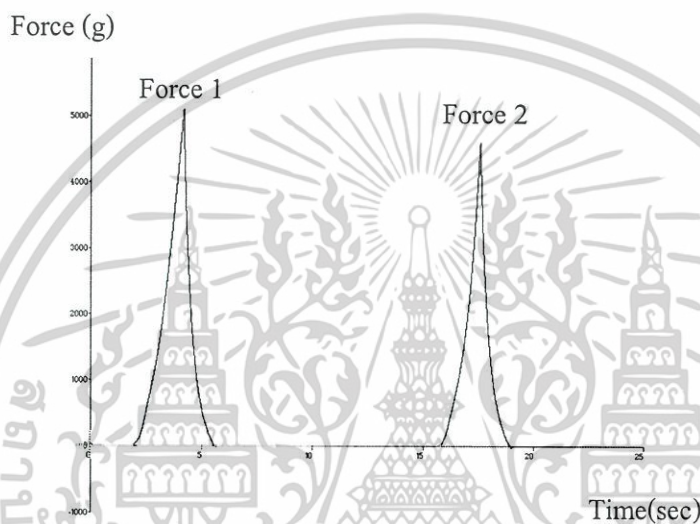
ทำการทดลองโดยนำชิ้นแคโรทใส่ลงในตะแกรงแล้วทำการให้ความร้อนด้วยน้ำร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ(Memmert, รุ่น W 350, Germany) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 60, 70, 80, 90 และ 100°C โดยเริ่มเก็บตัวอย่างแรกที่เวลา 1 นาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 นาทีจนครบ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างทุก 5 นาทีจนครบ 3 ชั่วโมง และในชั่วโมงที่ 4 และชั่วโมงที่ 5 จะเก็บตัวอย่างทุก 10 นาทีและในชั่วโมงที่ 6 และชั่วโมงที่ 7 จะเก็บตัวอย่างทุก 20 นาที หลังเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะนำไปแช่ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 1 นาที และพักในอุณหภูมิห้องนาน 1 นาที แล้วใส่ในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นหรือการสัมผัสอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การวัดคุณภาพหลังให้ความร้อน

#### 3.3.1 เนื้อสัมผัส

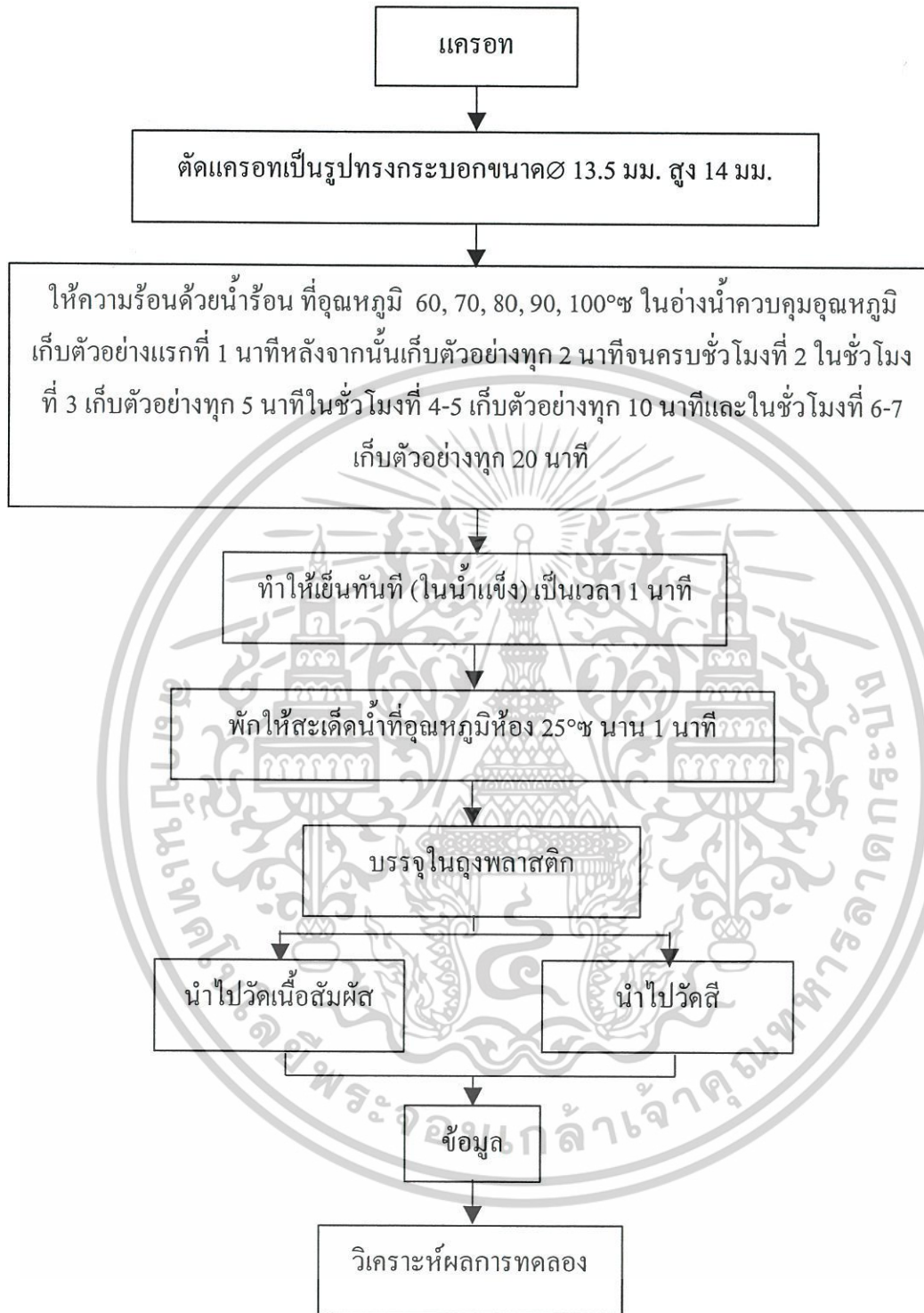
ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ Texture Analyser (TA-Xtplus, Stable Micro System, UK) เพื่อหาค่าความแข็ง ดังรูปที่ 3.2 โดยใช้หัววัดคอลลูมิเนียมทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. (P/50) กำหนดสภาวะต่างๆ ดังนี้ ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้อแครอท (test speed) 1 มม./วินาที และระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้อแครอท 30 % ของความสูงของชิ้นแครอท บันทึกค่าแรงกดที่มากที่สุด



รูปที่ 3.2 กราฟค่าแรงกดกับเวลา

#### 3.3.2 สี

ชิ้นแครอทจะถูกสับให้ละเอียด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก 3 กรัม ใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter, รุ่น JC-801) วัดค่า L (ความสว่าง), ค่า a (สีแดง) และค่า b (สีเหลือง)



รูปที่ 3.3 แผนภูมิแสดงวิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การนำผลการทดลองมาวิเคราะห์

ค่า  $k$  และ  $E_a$  เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัส(texture) และสีทางกระบวนการให้ความร้อน

#### 3.4.1 วิธีการหาค่าคงที่ของปฏิกิริยา ( $k$ )

##### 3.4.1.1 การวิเคราะห์หาค่าคงที่ของปฏิกิริยาทางคุณลักษณะของเนื้อสัมผัส

1. วิธีการหาค่าคงที่ของปฏิกิริยา ( $k$ ) จากความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง  
เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln(F_t/F_0)$  กับ เวลา( $t$ ) โดย  $F_t$  คือค่าแรงกดสูงสุดที่เวลาใดๆ  $F_0$  คือ ค่าแรงกดสูงสุดที่เวลาเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม เพื่อหาค่า constant ( $k$ ) โดยความชันของกราฟที่ได้คือค่า  $-k$

##### 2. วิธีการหาค่าคงที่ของปฏิกิริยา ( $k$ ) ด้วยวิธี fractional conversion model

ทำการหาค่า  $F_\infty$  และ  $k$  โดย  $F_\infty$  คือ ค่าแรงกดสูงสุดที่สภาวะสมดุล ที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100°C โดยใช้วิธีวิเคราะห์หาค่าคงที่แบบไม่เชิงเส้น ซึ่งเป็นลำดับกระบวนการแก้ปัญหอย่างเป็นขั้นตอนของ Levenberg-Marquardt จากสมการ

$$F_t = F_\infty + (F_0 - F_\infty)\exp(-k t)$$

##### 3.4.1.2 การวิเคราะห์หาค่าคงที่ของปฏิกิริยาทางคุณลักษณะของสี

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\ln y$  กับ เวลา(นาที) โดย  $y$  คือ ค่าสี  $L, a, b$  ที่เวลาใดๆ เพื่อหาค่า constant ( $k$ ) ที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100°C โดยความชันของกราฟที่ได้คือค่า  $-k$

#### 3.4.2 วิธีการหาค่า Activation Energy ( $E_a$ ) จากสมการ Arrhenius

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln k$  กับ  $1/T$  เพื่อหาค่า Activation Energy ( $E_a$ ) โดยค่าความชันที่ได้จากกราฟ คือ  $-E_a/R$

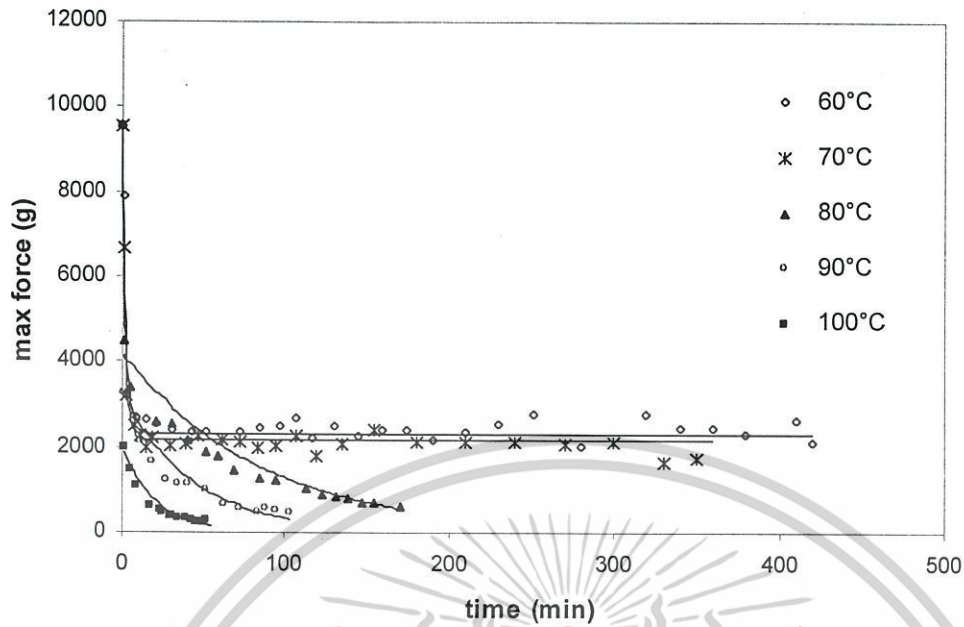
## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผล

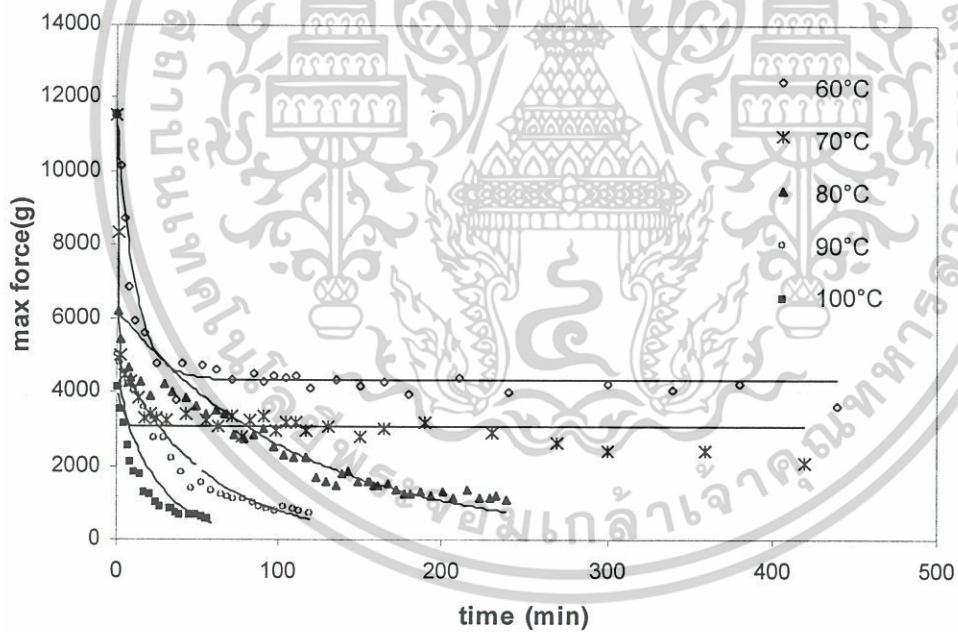
#### ตอนที่ 1 คุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อผ่านการให้ความร้อน

แครอท 2 สายพันธุ์ที่นำมาศึกษามีค่าความแข็งเริ่มต้นแตกต่างกัน โดยแครอทพันธุ์ทางการค้าที่ปลูกภายในประเทศจากโครงการหลวงคอยคำ มีค่าความแข็งมากกว่าแครอทพันธุ์ทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test,  $p < 0.01$ ) ค่าแรงกดวัดได้เท่ากับ  $11,524.13 \pm 986.13$  กรัม และ  $9,524.71 \pm 486.73$  กรัม ค่าความแข็งที่แตกต่างกันของแครอทสองสายพันธุ์นี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการจัดเรียงตัวของเซลล์ที่แตกต่างกัน และความแตกต่างของปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของชั้นผนังเซลล์ โดยเฉพาะปริมาณสารประกอบเพกตินที่แตกต่างกัน

เมื่อนำแครอทมาให้ความร้อนด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100°C ที่เวลาต่างๆ พบว่า ความแข็งของเนื้อแครอทลดลงในรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยที่ระดับอุณหภูมิ 60 และ 70°C ค่าความแข็งของแครอทจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกแต่หลังจากนั้นค่าความแข็งของแครอทจะคงที่ แม้ว่าจะใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่แครอทไปนานถึง 7 ชั่วโมง โดยรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวพบคล้ายกัน ในแครอททั้งสองสายพันธุ์ แตกต่างกันที่ค่าความแข็งของแครอทจากคอยคำจะคงที่ในระดับที่สูงกว่าแครอทนำเข้า โดยระดับค่าความแข็งของแครอทที่คงที่ สำหรับแครอทจากคอยคำมีค่าประมาณ  $4,170 \pm 360$  กรัม ที่อุณหภูมิ 60°C และ  $2,470 \pm 217$  กรัม ที่อุณหภูมิ 70°C ส่วนแครอทนำเข้ามีค่าประมาณ  $2,250 \pm 312$  กรัม ที่อุณหภูมิ 60°C และ  $1,800 \pm 357$  กรัม ที่อุณหภูมิ 70°C การที่ค่าความแข็งคงที่นี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะของเอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (PME) ที่พบได้ในผักและผลไม้สด ซึ่งจะถูกระงับให้ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 50-70°C (Van Buren, 1979 ; Chang et al., 1996 ; Hou and Chang, 1996) กล่าวคือเอนไซม์ PME จะทำปฏิกิริยาโดยการไฮโดรไลซ์โครงสร้างของสารประกอบเพกตินในเนื้อเยื่อแครอท ส่งผลให้เกิดหมู่คาร์บอกซิลอิสระ ซึ่งเมื่อคาร์บอกซิลอิสระไปจับพันธะกับ  $Ca^{2+}$  ในเนื้อแครอท จะทำให้เนื้อเยื่อของแครอทเกิดการคงตัว (Ni et al., 2004)



(a)

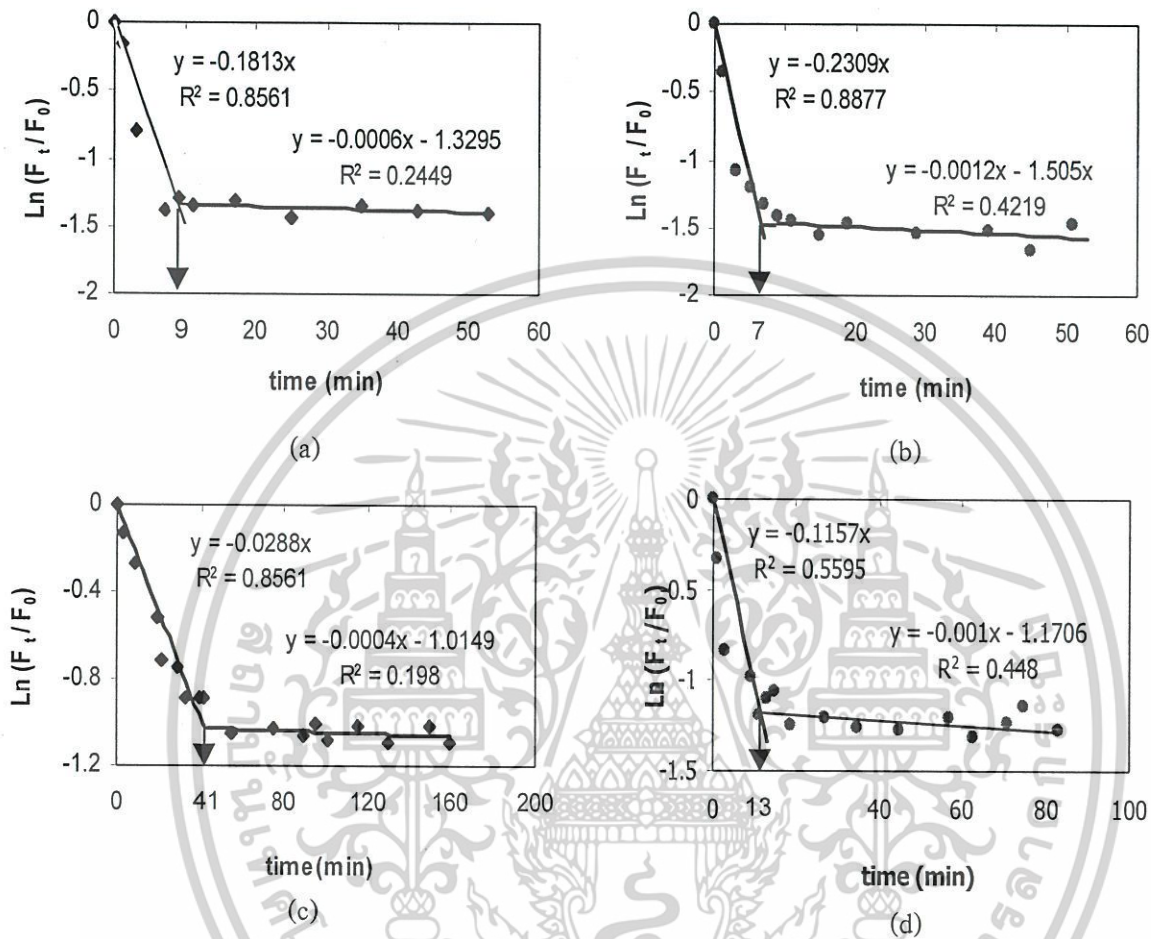


(b)

รูปที่ 4.1 ค่าแรงกดสูงสุดของแครอทในระหว่างการให้ความร้อนเปรียบเทียบกับเส้นกราฟจากการทำนาย : แครอทพันธุ์น้ำเช่า(a); แครอทจากคอยคำ(b)

ผลของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของแครอททำให้เนื้อแครอทไม่นิ่มและ ได้ถูกนำมาประยุกต์ในทางปฏิบัติ กล่าวคือให้ความร้อนต่ำเป็นเวลานาน (Low เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature-Long Time, LTLT) แก่แครอทก่อนการนำไปแปรรูปต่อด้วยการบรรจุกระป๋อง (Bourne, 1987 ; Lee et al., 1979) และการแช่แข็ง (Fuchigami et al., 1995) พบว่าแครอทที่ผ่านการให้ความร้อนแบบ LTLT ช่วยรักษาเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของ  $\ln(F_t/F_0)$  กับเวลา (a), (b) ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C ของแครอทนำเข้า; (c), (d) ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C ของแครอทจากคอกยคำ

(หมายเหตุ : สมการที่แสดงในรูปที่ 4.2 ได้มาจากการให้ความร้อนระยะเวลา 420 นาที)

ได้ใช้รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงตามความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง(first-order reaction) ที่นิยมใช้เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้เมื่อผ่านความร้อน (Paulus and Saguy, 1980 ; Bourne, 1987; Ramesh et. al., 1998) มาอธิบายการเปลี่ยนแปลงความแข็งของแครอทเมื่อผ่านการให้ความร้อน ดังสมการที่ 4.1

$$\ln(F_t/F_0) = -k t \quad \text{————— (4.1)}$$

เมื่อ  $F_t$  คือ ค่าความแข็งที่เวลาใดๆ(g),  $F_0$  คือ ค่าความแข็งที่เวลาเริ่มต้น(g),  $k$  คือ ค่าคงที่ของการเปลี่ยนแปลง( $\text{min}^{-1}$ ) และ  $t$  คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน(min) โดยเขียนกราฟเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง  $\ln(F_t/F_0)$  กับเวลา แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 จากรูปที่ 4.2 พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C ได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันแบ่งเป็น 2 ช่วงอย่างชัดเจน โดยกราฟช่วงแรกมีความชันมากกว่ากราฟช่วงสอง และที่อุณหภูมิ 60°C จะใช้เวลาจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดแบ่งกราฟนานกว่าที่อุณหภูมิ 70°C อาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ PME ได้ดีกว่า (Verlinden and Baerdemaeder, 1997) และเมื่อเปรียบเทียบสองสายพันธุ์ พบว่าแครอทจากคอกค้า จะใช้เวลาจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดแบ่งกราฟนานกว่าอาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในสารประกอบเพกตินที่อยู่ในเนื้อเยื่อแครอท ค่า  $k$  ที่หาได้จากกราฟ แสดงดังตารางที่ 4.1 ค่า  $R^2$  ดังแสดงในรูป 4.2 พบว่ามีค่า  $R^2$  น้อยมาก โดยเฉพาะกราฟช่วงที่ 2 ดังนั้นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของแครอทเมื่อผ่านความร้อนที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ช่วง (biphasic model) อาจไม่เหมาะสมในการใช้สมการความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่งมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่พบ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคงที่ ( $k$ ) ที่หาได้จากสมการความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C ของแครอทนำเข้าและแครอทจากคอกค้า

อุณหภูมิ (°C)	พันธุ์นำเข้า		พันธุ์คอกค้า	
	$k$ (min <sup>-1</sup> )	ช่วงเวลา	$k$ (min <sup>-1</sup> )	ช่วงเวลา
60	$k_1 = 0.18800 \pm 0.00962$	0-9 min	$k_1 = 0.02930 \pm 0.00071$	0-4 min
	$k_2 = 0.00055 \pm 0.00007$	9-420 min	$k_2 = 0.00035 \pm 0.00007$	41-420 min
70	$k_1 = 0.45260 \pm 0.00650$	0-7 min	$k_1 = 0.22540 \pm 0.00424$	0-13 min
	$k_2 = 0.00110 \pm 0.00014$	7-420 min	$k_2 = 0.00095 \pm 0.00007$	13-420 min

มีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามอธิบายการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบ 2 ช่วง (biphasic model) โดยเสนอวิธีการแบบ fractional conversion model ในการอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสในผักหลายชนิด (Rizvi and Tong, 1997 ; Stoneham et al., 2000) ซึ่งประยุกต์มาจากสมการความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ตามสมการดังนี้

$$\ln(1-f) = \ln\left(\frac{F_t - F_\infty}{F_0 - F_\infty}\right) = -kt \quad (4.2)$$

จากสมการที่ (4.2) ค่าแรงกดที่เวลาใดๆ หาได้โดยการจัดรูปแบบสมการใหม่ ดังสมการ

$$F_t = F_\infty + (F_0 - F_\infty) \exp(-kt) \quad (4.3)$$

เมื่อ  $f$  คือ ค่า fractional conversion,  $F_t$  คือ ค่าแรงกดสูงสุดที่เวลาใดๆ (กรัม),  $F_0$  คือ ค่าแรงกดที่เวลาเริ่มต้น (g),  $F_\infty$  คือ ค่าแรงกดที่สภาวะสมดุล (g),  $k$  คือ ค่าคงที่ของการเปลี่ยนแปลง (min<sup>-1</sup>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

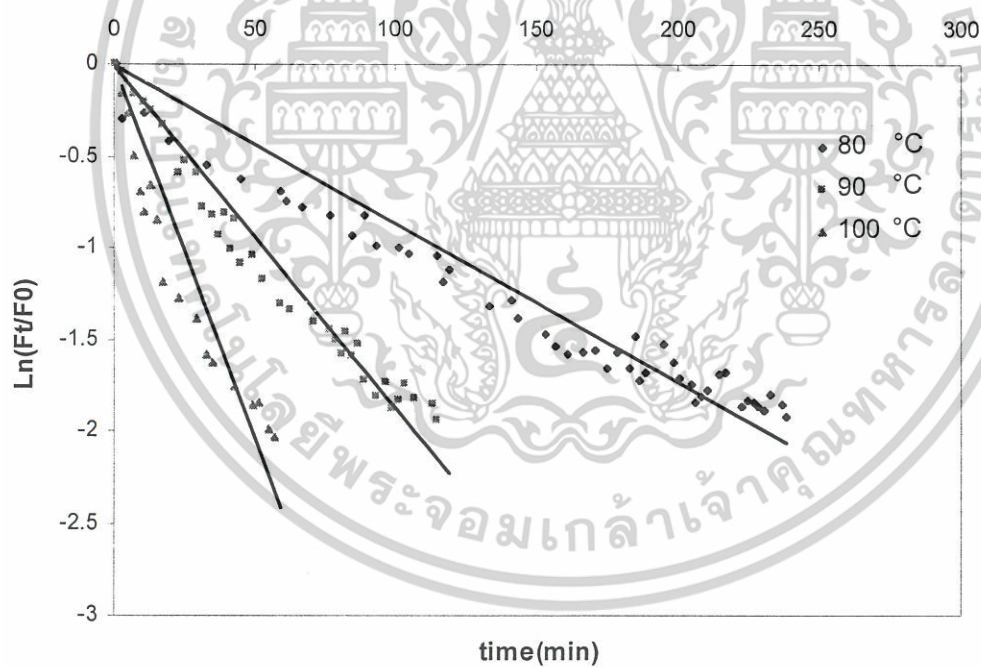
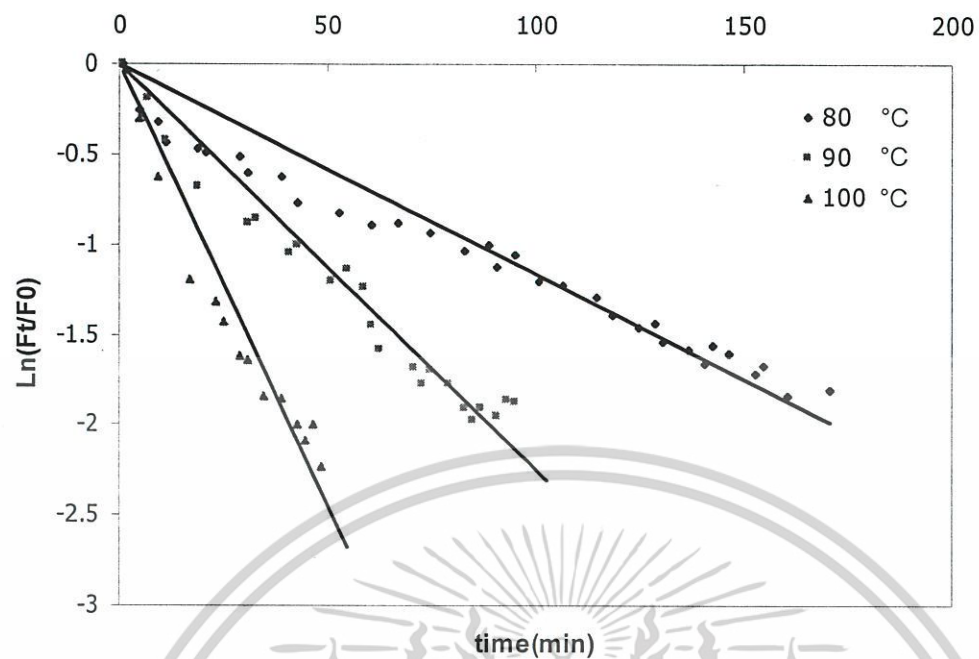
และ  $t$  คือ ระยะเวลาในการให้ความร้อน(min) ซึ่งค่า  $k$  และ  $F_{\infty}$  หาได้จากสมการ(4.3) พบว่ามีค่า  $k$  ค่าเดียวสำหรับอธิบายการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสทางความร้อน และค่า  $R^2$  มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากสมการความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคงที่( $k$ ) และค่าสหสัมพันธ์( $R^2$ ) ที่หาได้จากสมการความสัมพันธ์แบบ fractional conversion model ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C ของแครอทนำเข้าและแครอทจากคอกค้า

พันธุ์	อุณหภูมิ (°C)	$k$ (min <sup>-1</sup> )	$F_{\infty}$ (g)	$R^2$
นำเข้า	60	0.4291±0.13704	2,312.816±179.18	0.7380
	70	0.5475±0.00064	2,185.064±34.510	0.8981
คอกค้า	60	0.0906±0.00092	4,327.838±266.97	0.8802
	70	0.4402±0.00645	3,058.750±31.460	0.8615

สำหรับการให้ความร้อนแก่แครอทที่อุณหภูมิสูง คือในช่วงอุณหภูมิ 80-100°C มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่แตกต่างจากช่วงอุณหภูมิ 60-70°C กล่าวคือ ค่าความแข็งจะลดลงเมื่อเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น การนุ่มลงของเนื้อแครอทอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณเพกตินในแครอท ซึ่งมีผลต่อความคงตัวของเนื้อแครอทโดยการที่เพกตินละลายจากผนังเซลล์ จะส่งผลให้เซลล์สูญเสียการจัดเรียงตัว ดังนั้นค่าความแข็งจึงลดลงเมื่อใช้เวลาให้ความร้อนนานขึ้น(Greve et al., 1994 ; Stolle-Smits et al., 1997) และที่อุณหภูมิสูงกว่า 80°C เอนไซม์ PME จะถูกทำลาย (Bartolome and Hoff, 1972 ; Steinbuch, 1976) ส่งผลให้เนื้อแครอทเสียสภาพการคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

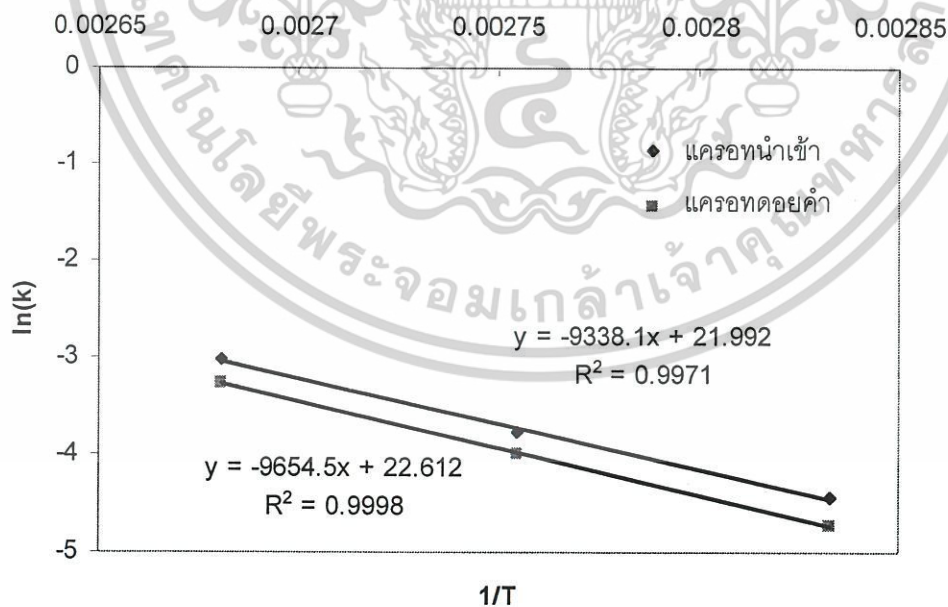
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของ  $\ln(F_t/F_0)$  กับเวลา ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C (a) แครอทหน้าเข้้า;  
(b) แครอทจากคอกย่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าคงที่ ( $k$ ) และค่าสหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ที่หาได้จากสมการความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C ของแคโรทน่าเข้าและแคโรทจากคอยคำ

อุณหภูมิ (°C)	พันธุ์นำเข้า		พันธุ์คอยคำ	
	$k$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$R^2$	$k$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$R^2$
80	0.1180±0.0023	0.7400	0.0088±0.0035	0.8027
90	0.0229±0.0016	0.8487	0.0184±0.0001	0.8995
100	0.0488±0.0022	0.9206	0.0382±0.0020	0.7584

การหาค่า  $k$  ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-100°C ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้สมการความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ดังแสดงในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่า  $k$  จะมีค่ามากขึ้นด้วย กล่าวคือ เนื้อสัมผัสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแคโรททั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าแคโรทนำเข้า มีค่า  $k$  มากกว่าแคโรทจากคอยคำทุกอุณหภูมิ หมายความว่า แคโรทนำเข้ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสเร็วกว่าแคโรทจากคอยคำ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมของสถานที่ในการปลูก



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า  $\ln(k)$  กับ  $1/T$  เปรียบเทียบระหว่างแคโรทนำเข้าและแคโรทจากคอยคำ ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาในช่วงอุณหภูมิ 80-100°ซ มาเขียนกราฟระหว่าง  $\ln(k)$  กับส่วนกลับของอุณหภูมิ(1/T) เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานกระตุ้นตามสมการ Arrhenius (สมการที่ 4.4)

$$\ln k = \ln A_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (4.4)$$

เมื่อ  $k$  คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา( $\text{min}^{-1}$ ),  $E_a$  คือ พลังงานกระตุ้น( $\text{kJ/mol}$ ),  $R$  คือ ค่าคงที่ของแก๊ส( $8.314 \text{ kJ/kmol.K}$ ),  $T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์( $\text{K}$ ),  $A_0$  คือ ค่าคงที่ แสดงดังรูปที่ 15 พบว่า ค่าพลังงานกระตุ้น( $E_a$ ) ของแคโรทจากคอยค้ำและแคโรทหน้าเข้า มีค่าเท่ากับ  $80.27 \text{ kJ/mol}$  ( $R^2 = 0.9998$ ) และ  $77.63 \text{ kJ/mol}$  ( $R^2 = 0.9971$ ) ตามลำดับ ค่า  $R^2$  ของความสัมพันธ์สมการที่ได้มีค่าสูงกว่า 0.99 แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ที่ได้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของแคโรทหลังการให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ ดังกล่าวอย่างดียิ่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า  $E_a$  ที่ศึกษามาจากการให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิใกล้เคียงกันโดย Paulus and Saguy (1980) ศึกษาการให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 90-120°ซ ของแคโรท สายพันธุ์ Rothild และสายพันธุ์ Kundulus มีค่า  $E_a$  เท่ากับ  $113.4 \text{ kJ/mol}$  และ  $92.4 \text{ kJ/mol}$  ตามลำดับ และ Vu et al. (2004) ศึกษาการให้ความร้อนที่ 80-110°ซ มีค่า  $E_a$  เท่ากับ  $117.56 \text{ kJ/mol}$  จะเห็นได้ว่าค่า  $E_a$  ที่ได้ต่างกัน อาจเนื่องจากช่วงอุณหภูมิและสายพันธุ์ของแคโรทที่นำมาทดลองมีความแตกต่างกัน

## ตอนที่ 2 คุณภาพด้านสีเมื่อผ่านการให้ความร้อน

แคโรท 2 สายพันธุ์ที่นำมาศึกษา มีค่าสีเริ่มต้น  $L$ ,  $a$  และ  $b$  ดังนี้  $53.904 \pm 1.146$ ,  $29.766 \pm 2.93$  และ  $27.229 \pm 1.0056$  สำหรับแคโรทจากคอยค้ำ และ  $49.582 \pm 1.984$ ,  $29.655 \pm 5.055$  และ  $24.209 \pm 1.4156$  สำหรับแคโรทหน้าเข้า ตามลำดับ

เมื่อนำแคโรทมาให้ความร้อนด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 90 และ 100°ซ ที่เวลาต่างๆ มาวัดค่าสี และนำค่าสี  $L$ ,  $a$  และ  $b$  ที่ได้ไปพล็อตกราฟกับเวลา พบว่าไม่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน อาจเนื่องจากค่าสีเริ่มต้นของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองมีความแปรปรวนมาก จึงอาจสรุปได้ว่าค่าสีของแคโรททั้ง 2 สายพันธุ์ไม่มีนัยสำคัญกับการให้ความร้อน

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### ตอนที่ 1 คุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

ค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของแครอทจากความร้อน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วงคือ ในช่วงอุณหภูมิต่ำ (60-70°C) และในช่วงอุณหภูมิสูง(80-100°C) การวิเคราะห์ค่าทางจลนพลศาสตร์แบบ fractional conversion model เหมาะกับการเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิต่ำ โดยค่าคงที่ของปฏิกิริยา (k) ที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C สำหรับแครอทนำเข้าเป็น 0.4291 และ 0.5475 min<sup>-1</sup> ส่วนแครอทจากคอกมีค่าเท่ากับ 0.0906 และ 0.4402 min<sup>-1</sup> ในช่วงอุณหภูมิสูง การเปลี่ยนแปลงทางจลนพลศาสตร์อยู่ในรูปแบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ค่า k ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100°C สำหรับแครอทนำเข้ามีค่า 0.0118, 0.0229 และ 0.0488 min<sup>-1</sup> ส่วนแครอทจากคอกมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.0088, 0.0184 และ 0.03815 min<sup>-1</sup> ในช่วงอุณหภูมิสูงนี้พลังงานกระตุ้น (E<sub>a</sub>) ของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ 80.27 kJ/mol (R<sup>2</sup> = 0.9998) สำหรับแครอทจากคอกมีค่าและ 77.63 kJ/mol (R<sup>2</sup> = 0.9971) สำหรับแครอทนำเข้า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแครอทจากคอกมีค่าความแข็งและทนทานต่อความร้อนมากกว่า

#### ตอนที่ 2 คุณภาพด้านลักษณะสี

ค่าสีของแครอททั้ง 2 สายพันธุ์ไม่มีนัยสำคัญกับการให้ความร้อน

## บรรณานุกรม

เทียนศักดิ์ เมฆพรรณ โอภาส, “สารให้สีของพืช”, วารสารวิทยาศาสตร์, ปีที่ 47, ฉบับที่ 2 , หน้าที่ 118 -124.

นิธิยา รัตนานพนธ์, 2544, หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ยาใจ ระวีวงษ์, 2542, กรรมวิธีการผลิตซอสแครอท, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์ เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รวินันท์ บวรสันติสุทธิ์, รักชนก วิริยะนิธิกรณ และรุ่งทิพา รongสวัสดิ์, 2544, ผลของการลวก ต่อปริมาณวิตามินซีและเบต้าแคโรทีนในผักชนิดต่าง ๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขา เทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชณี ตันทะพานิชกุล, 2532, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วิลัย รังสาดทอง, 2546, เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พิมพ์ครั้งที่ 3, บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลส์ จำกัด.

Barrett, D.M., Garcel, E.L., Russell, G.F., Ramirez, E., and Shirazi, A., 2000, “Blanch time and cultivars effects on quality of frozen and stored corn and broccoli”, *Journal of Food Science*, Vol. 64, pp. 929-936.

Bartolome, L.G. and Hoff, J.E., 1972, “Firming of potatoes : Biochemical effects of preheating”, In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, “Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables”, *Journal of Food Engineering*.

Böttcher, H., 1975, “Enzyme activity and quality of frozen vegetables. I. Remaining residual activity of peroxidase ”, In Williams, D.C., Lim, M.H., Chen, A.O., Pangborn, R.M., and Whitager, J.R., 1986, “Blanching of vegetables for freezing which indicator enzyme to choose”, *Food Techno*, Vol. 40, No. 6, pp. 130-140.

Bourne, M.C., 1987, “Effect of Blanch Temperature on Kinetics of Thermal Softening of Carrots and Green Beans”, *Journal of Food Science*, Vol. 52, No. 3, pp. 667-668, 690.

Burnette, F.S., 1977, “Peroxidase and its relationship to food flavor quality : a review”, In วรวิณี ชอบพัฒนา, 2537, ผลของพันธุ์อายุการเก็บเกี่ยวและเวลาในการลวกต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานแห้งแข็ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Chang, C.Y., Liao, H.J. and Wu, T.P., 1996, “Relationships between the textural changes and the contents of calcium, magnesium ions, and non-freezing water in the alcohol-insoluble solids

of snap bean pods during cooking processes”, In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- “Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables”, **Journal of Food Engineering**.
- Chang, S.Y. and Toledo, R.T., 1990, “Simultaneous determination of thermal diffusivity and heat transfer coefficient during sterilization of carrot dices in a packed bed”, **Journal of Food Science**, Vol. 55, pp. 199-205.
- Fuchigami, M., Miyazaki, K., and Hyakumoto, N., 1995, “Frozen Carrots Texture and Pectic Components as Affected by Low-Temperature-Blanching and Quick Freezing”, **Journal of Food Science**, Vol. 60, No. 1, pp. 132-136.
- Garrote, R.L., Silva, E.R., and Bertone, R.A., 1995, “Two-stage water blanching of asparagus”, **J. Refrig.**, Vol. 18, pp. 148-152.
- Garrote, R.L., Silva, E.R., and Bertone, R.A., 2001, “Kinetics parameters for thermal inactivation of cut green beans lipoxygenase calculated using unsteady-state methods”, **International Journal of Food Science and Technology**, Vol. 36, pp. 377-385.
- Greve, L.C., Mcardle, R.N., Gohlke, J., and Labavitch, J.M., 1994, “The impact of heating on carrot firmness: Changes in cell wall components”, In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, “Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables”, **Journal of Food Engineering**.
- Günes, B., and Bayindirli, A., 1993, “Peroxidase and lipoxygenase inactivation during blanching of green beans, green peas and carrots”, In Garrote, R.L., Silva, E.R., Bertone, R.A., and Roa, R.D., 2004, “Predicting the end point of a blanching process”, **Lebensmittel-Wissenschaft und Technology**, Vol. 37, pp. 309-315.
- Hou, W.C. and Chang, W.H., 1996, “Pectinesterase-catalyzed firming effects during precooking of vegetables”, In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, “Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables”, **Journal of Food Engineering**.
- Hutchings, J.B., 1994, **Food Colour And Appearance**. Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman and Hall.
- Joslyn, M.A., 1944, “Enzyme activity in frozen vegetable tissue”, In Williams, D.C., Lim, M.H., Chen, A.O., Pangborn, R.M., and Whitager, J.R., 1986, “Blanching of vegetables for freezing which indicator enzyme to choose” **Food Techno**, Vol. 40, pp. 130-140.
- Kochhar, S.L., 1981, **Tropical crops : a Text book of economic botany**, Hongkong : Macmillan Publisher Co., pp 424.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lee, C.Y., Bourne, M.C., and Van Buren, J.P., 1979, "Effect of blanching treatments of the firmness of carrots", **Journal of Food Science**, Vol. 44, pp. 615-616.
- Lewis, M.J., 1987, **Physical properties of foods and food processing systems**, The Camelot Press, South ampton, Great Britain.
- Ling, A.C., and Lund, D.B., 1978, "Determining kinetic parameters for thermal inactivation of heat-resistant and heat-labile isozymes from thermal destruction curves", In Garrote, R.L., Silva, E.R., Bertone, R.A., and Roa, R.D., 2004, "Predicting the end point of a blanching process", **Lebensmittel-Wissenschaft und Technology**, Vol. 37, pp. 309-315.
- Luna, J.A., Garrote, R.L., Bressan, J.A., 1986, "Thermo-Kinetic Modeling of Peroxidase Inactivation during Blanching-Cooling of Corn on the Cob", **Journal of Food Science**, Vol. 51, No. 1, pp. 141-145.
- Morales, E.F., Chandia, V.E., and Cisneros-Zevallos, L., 2002, "Thermal Inactivation kinetics of peroxidase and lipoxygenase from broccoli, green asparagus and carrots", **Journal of Food Science**, Vol. 67, pp. 146-154.
- Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, "Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables", **Journal of Food Engineering**.
- Paulus, K., and Saguy, I., 1980, "Effect of Heat Treatment of the Quality of Cooked Carrots", **Journal of Food Science**, Vol. 45, pp. 239-241.
- Puri, A., Solomos, T. and Kramer, A., "Partial purification and characterization of potato pectinesterase", In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, "Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables", **Journal of Food Engineering**.
- Ramesh, M.N., Sathyanarayana, K., and Girish, A.B., 1998, "Biphasic model for the kinetics of vegetable cooking at 100 C", **Journal of Food Engineering**, Vol. 35, pp. 127-133.
- Rizvi, A.F., and Tong, C.H., 1997, "Fraction Conversion for Determining Texture Degradation Kinetics of Vegetables", Vol. 62, pp. 1-7.
- Ramos, A.Q., Bourne, M.C., and Morales, A., 1992, "Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching", **Journal of Food Science**, Vol. 57, pp. 1127-1128.
- Siebel, J.E., 1918, **Compend of mechanical refrigeration and engineering**, 9<sup>th</sup> ed., Chicago: Nickerson and Collins.
- Singh, R.P., and Heldmen, D.R., 1993, **Introduction to Food Engineering**, Academic Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Soysal, C., and Soylemez, Z., 2004, "Kinetics and inactivation of carrot peroxidase by heat treatment", **Journal of Food Engineering**.
- Stanley, D.W., Bourne, M.C., Stone, A.P., and Wismer, W.V., 1995, "Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots", **Journal of Food Science**, Vol. 60, pp. 327-332.
- Steinbuch, E., 1976, "Technical note: Improvement of texture of frozen vegetables by stepwise blanching treatment", In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, "Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables", **Journal of Food Engineering**.
- Stolle-Smits, T., Beekhuizen, J.G., Recourt, K., Voragen, A.G.J., and Van, D.C., 1997, "Changes in pectin and hemicellulosic polymers of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during industrial processing", In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, "Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables", **Journal of Food Engineering**.
- Stoneham, T.R., Lund, D.B., and Tong, C.H., 2000, "The use of Fractional conversion technique to investigate the effects of testing parameters on texture degradation kinetics", **Journal of Food Science**, Vol. 65, No. 6, pp. 968-973.
- Tijskens, L.M.M., Waldron, K.W., Ng, A., Ingham, L., and Dijk, C., 1997, "The kinetics of pectin methyl esterase in potatoes and carrots during blanching", **Journal of Food Engineering**.
- USDA, 1975, "Technical inspection procedures for the use of USDA inspectors", In Williams, D.C., Lim, M.H., Chen, A.O., Pangborn, R.M., and Whitager, J.R., 1986, "Blanching of vegetables for freezing which indicator enzyme to choose", **Food Techno**, Vol. 40, pp. 130-140.
- blanched vegetables", **Journal of Food Engineering**.
- Van Buren, J.P., 1979, "The chemistry of texture in fruits and vegetables", In Ni, L., Lin, D. and Barret, D.M., 2004, "Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables", **Journal of Food Engineering**.
- Verlinden, B.E., and Baerdemeker, J.D., 1997, "Modeling low temperature blanched carrot firmness based on heat induced processes and enzyme activity", **Journal of Food Science**, Vol. 62, No. 2, pp. 213-218.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Vu et al., 2004, "Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture", **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Vol. 5, pp. 37-44.
- Williams, D.C., Lim, M.H., Chen, A.O., Pangborn, R.M., and Whitager, J.R., 1986, "Blanching of vegetables for freezing which indicator enzyme to choose", **Food Techno**, Vol. 40, No 6, pp. 130- 140.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

- คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 60 °C

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
0	9888.365	0	9971.015	0	11216.87	0	12243.69
1	7901.8405	1	8202.5815	1	11050.69	1	10905.68
3	3210.761	3	5325.8865	3	9874.439	3	10395.4545
5	2116.7725	5	2522.3175	5	9116.4505	5	8355.975
7	2350.1515	7	2463.0255	7	7663.941	7	6015.7595
9	2684.4365	9	2538.1835	9	7828.924	9	9791.951
11	2347.077	11	2628.6035	11	6259.4715	11	5560.0155
13	3062.257	13	3062.257	13	5485.781	13	7427.2465
15	2655.7785	15	2819.5995	15	5678.106	15	5486.8225
17	2581.9385	17	2528.686	17	5177.172	17	6062.871
19	3549.7125	19	2083.8325	19	6871.3635	19	6819.351
21	2534.56	21	2690.256	21	4615.4065	21	6632.99
23	2245.4575	23	2048.751	23	3674.2075	23	3830.6615
25	2130.9915	25	2445.403	25	4781.927	25	2788.6015
27	2756.355	27	2706.177	27	5367.85	27	4776.2465
29	2646.7205	29	2841.395	29	5492.973	29	3483.9665
31	2414.1645	31	2286.1385	31	4290.9855	31	4545.465
33	2174.856	33	2031.678	33	3941.639	33	5516.3635
35	2826.023	35	2179.5225	35	4015.977	35	3877.1695
37	2225.9135	37	2225.9135	37	8066.4885	37	3792.1705
39	3069.7235	39	1963.3275	39	5299.6055	39	4201.461
41	3314.9605	41	1718.364	41	4756.0675	41	4779.212
43	2377.711	43	2377.711	43	4020.0955	43	3315.287
45	2379.962	45	2162.2845	45	4518.503	45	5148.0345
47	2165.9625	47	1760.747	47	3407.2695	47	4907.534
49	2568.543	49	2005.5455	49	4184.0895	49	3830.6615
51	2366.237	51	1957.8925	51	4734.106	51	5523.941
53	2158.2765	53	2570.9035	53	4485.836	53	4986.8775
55	2848.916	55	1708.647	55	4404.6345	55	3674.9945
57	1998.189	57	2563.8765	57	5251.84	57	5950.3085
59	2873.621	59	2741.587	59	4180.7955	59	4552.658
61	2779.6875	61	2030.36	61	4662.678	61	4566.605
63	3388.362	63	2318.529	63	4210.8825	63	4530.2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารงานวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปี 2565 เพื่อการศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการแปรรูปผลไม้สดให้เป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพที่มีคุณภาพและปลอดภัย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 60 °C (ต่อ)

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
67	2804.777	67	2394.181	67	4769.848	67	5804.6895
69	2559.265	69	2603.349	69	7261.8875	69	5849.2205
71	2442.6575	71	2100.3025	71	3526.1345	71	5196.4095
73	2356.794	73	1849.3005	73	4385.3635	73	4495.8275
75	2145.979	75	1445.2925	75	3689.251	75	4596.53
77	1713.753	77	1558.057	77	5962.6125	77	3123.765
79	2500.9065	79	2049.191	79	4427.474	79	4946.08
81	2709.5805	81	2375.46	81	4738.334	81	5467.4395
83	2703.7615	83	2951.469	83	4362.1395	83	5051.67
85	2460.061	85	1988.746	85	3937.4115	85	5106.6885
87	2866.3195	87	2931.4855	87	4278.1385	87	4714.749
89	2411.969	89	2461.2685	89	3560.943	89	4467.5495
91	2500.2475	91	2415.2625	91	4312.453	91	4229.3
93	2534.1755	93	2595.6085	93	4453.9925	93	4081.3755
95	2874.28	95	2513.4235	95	4150.3245	95	4325.3355
97	2488.5535	97	2351.414	97	3909.2465	97	5013.8925
99	2144.4415	99	1924.1835	99	3757.0005	99	3619.592
101	1806.5885	101	2483.4485	101	3992.0395	101	3805.8425
103	2697.722	103	2320.011	103	4174.262	103	5131.727
105	2608.949	105	2303.047	105	3589.8765	105	5188.0085
107	2674.0055	107	2043.646	107	5022.676	107	4663.3545
109	3375.79	109	2666.155	109	4425.6075	109	4237.426
111	1849.026	111	2592.534	111	3824.861	111	5040.633
113	1958.551	113	2480.154	113	4336.1155	113	4289.6445
115	2636.399	115	2597.3105	115	5311.19	115	4192.511
117	2209.1135	117	2190.064	117	4022.511	117	5575.3355
119	2229.811	119	2104.5295	119	4095.2025	119	6274.4355
125	2592.884	125	1433.8735	125	6990.7775	125	3701.055
130	2502.883	130	2282.954	130	3848.579	130	6276.5465
135	1772.171	135	2202.087	135	4241.134	135	4451.5765
140	1531.5475	140	2682.076	140	4920.2815	140	5115.4065
145	2288.727	145	1977.9855	145	5317.1745	145	5043.868
150	2171.2155	150	1542.5205	150	4174.921	150	4163.5015

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับบุคลากรเพื่อการศึกษาเท่านั้นไปอยู่ภายใต้การคุ้มครองของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 60 °C (ต่อ)

แครอทพันธุ์น้ำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
155	1797.65	155	1999.506	155	5673.384	155	4551.664
160	2432.047	160	2502.553	160	4212.2	160	3519.1065
165	1923.618	165	2149.5475	165	4125.1245	165	4468.3215
170	2317.8855	170	1586.495	170	7017.68	170	4469.914
175	2415.5185	175	2245.842	175	4637.093	175	4595.9705
180	2819.89	180	1728.0815	180	3747.173	180	4104.7005
190	2164.461	190	2260.7195	190	4032.174	190	3814.7585
200	2447.532	200	1590.777	200	6666.247	200	3920.721
210	2376.9155	210	2152.4025	210	4218.1845	210	4579.061
220	3044.479	220	1881.197	220	3955.804	220	4069.0685
230	2532.0415	230	2183.86	230	4341.4965	230	3923.2465
240	1846.412	240	2891.958	240	3616.724	240	4426.376
250	2785.954	250	2278.946	260	4164.1055	260	4213.0785
260	2569.162	260	2060.6645	280	6289.7235	280	3784.946
280	2043.0515	280	2023.4975	300	4107.1165	300	4317.8335
300	1798.968	300	2978.315	320	4191.2825	320	4648.7325
320	2803.032	320	2586.001	340	3643.956	340	4478.1495
340	2436.3305	340	1777.937	360	3658.505	360	5768.476
360	2450.992	360	1679.04	380	4423.1915	380	3983.5295
380	2303.883	380	1644.007	400	4042.6055	400	4186.0115
400	1766.735	400	1668.882	420	4305.9195	420	4574.504
420	2105.98	420	2212.345	440	3402.2185	440	3886.4065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 70 °C

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
0	9386.599	0	8750.63	0	10987.16	0	9576.968
1	6467.524	1	6828.7035	1	8205.47	1	8432.52
3	3662.659	3	2799.3745	3	5027.7845	3	4952.36
5	2533.85	5	3141.3125	5	4480.673	5	4362.589
7	2445.561	7	2606.3825	7	3100.4835	7	3100.4835
9	2299.2375	9	3381.976	9	4502.087	9	4100.987
11	2276.7255	11	2221.936	11	3259.5545	11	3689.54
13	2748.6415	13	2601.4395	13	3732.6495	13	3951.2335
15	2175.0405	15	1826.3955	15	2783.275	15	4008.458
17	2327.294	17	2268.7835	17	3610.806	17	3006.87
19	2289.1345	19	2123.9025	19	3312.4315	19	3289.5275
21	2580.0805	21	3568.323	21	3598.068	21	3172.4425
23	2673.64	23	3944.2015	23	3359.9275	23	3287.85
25	2390.1615	25	2448.0455	25	3167.198	25	3467.956
27	2502.718	27	2299.1	27	3863.662	27	3050.853
29	3065.448	29	2051.5165	29	3196.3545	29	3455.8185
31	2438.6435	31	3316.565	31	3504.338	31	2935.911
33	2541.0425	33	2351.4395	33	3176.807	33	3542.4795
35	2405.26	35	2902.1315	35	2439.4905	35	3259.2125
37	1966.288	37	2806.4595	37	2988.25	37	2988.25
39	2091.089	39	1549.484	39	2458.379	39	2640.7275
41	2500.7415	41	2947.771	41	2827.916	41	3487.232
43	2571.7895	43	2732.371	43	3874.8635	43	2885.3865
45	2125.1855	45	1804.9765	45	3530.0905	45	2945.467
47	2271.1255	47	3158.448	47	3858.665	47	3925.147
49	2674.134	49	3252.9665	49	2757.2485	49	2780.5485
51	2669.467	51	1699.3635	51	2853.668	51	2926.795
53	2543.7875	53	1984.513	53	3276.851	53	3188.259
55	2371.603	55	1786.029	55	2869.976	55	3572.3545
57	2571.515	57	2613.797	57	3359.818	57	3547.971
59	2348.0485	59	2130.493	59	3815.891	59	3351.1455
61	2390.6555	61	1967.6605	61	2574.002	61	2918.722
63	2304.3435	63	2391.589	63	3480.916	63	2693.6135
65	2369.242	65	2209.027	65	3856.665	65	3210.0615

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้เชิงพาณิชย์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 70 °C (ต่อ)

แครอทพันธุ์น้ำเข้า				แครอทพันธุ์ค้อยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
67	2504.3105	67	2210.2345	67	2865.4515	67	2865.4515
69	2653.819	69	2580.1905	69	2647.9215	69	2647.9215
71	2226.816	71	2239.3895	71	3848.317	71	2829.59
73	2390.161	73	1815.0775	73	3909.386	73	3869.0215
75	2523.143	75	2509.197	75	3877.1495	75	3508.3755
77	1865.4265	77	2628.5075	77	2881.982	77	2765.8855
79	2158.6235	79	1524.0215	79	3408.37	79	3020.5395
81	2352.4955	81	1526.1625	81	2971.2785	81	2659.5095
83	1930.8735	83	2021.798	83	3260.97	83	3196.6065
85	2043.925	85	2141.7675	85	3545.445	85	3403.2075
87	1712.733	87	2246.692	87	3156.4615	87	3074.4145
89	2122.2205	89	2469.5005	89	3586.7435	89	3586.7435
91	2127.6565	91	1404.546	91	3498.9295	91	3223.4615
93	2653.929	93	1994.455	93	3370.9705	93	3489.923
95	2017.3505	95	2053.259	95	2882.2015	95	2950.4095
97	2211.0035	97	1581.618	97	3555.1105	97	3555.1105
99	1820.458	99	1553.89	99	2900.654	99	2989.9505
101	2339.9775	101	2446.22	101	3166.0175	101	2750.563
103	1754.3515	103	1992.643	103	3135.6475	103	3083.146
105	1869.983	105	2127.821	105	2808.6665	105	3595.8045
107	1402.6795	107	2284.797	107	3404.361	107	3495.909
109	1872.454	109	1575.853	109	3251.25	109	3834.478
111	2381.8705	111	1936.3645	111	2315.888	111	3200.5055
113	2729.9735	113	1555.208	113	2993.8495	113	3402.878
115	1916.214	115	2693.8455	115	2960.5145	115	3170.6855
117	1872.454	117	1762.6975	117	2914.713	117	3015.487
119	1991.2705	119	1584.8025	119	2880.6635	119	2836.18
125	2747.928	125	2263.9325	125	2559.9985	125	2940.5665
130	2370.6695	130	2638.885	130	3189.3025	130	2967.647
135	2337.891	135	1818.042	135	3142.677	135	2434.057
140	2190.798	140	2216.8235	140	1943.325	140	3336.996
145	2619.7775	145	1702.4105	145	2123.456	145	3775.502
150	2459.1775	150	2447.9225	150	3027.734	150	2621.9725
155	2553.396	155	2264.0425	155	2685.9245	155	2633.563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 70 °C (ต่อ)

แครอทพันธุ์น้ำเข้า				แครอทพันธุ์คอยค่า			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
160	1892.1655	160	3041.07	160	3044.374	160	2421.3685
165	2002.361	165	2678.856	165	2852.985	165	3188.026
170	2623.1815	170	2778.8945	170	3258.1145	170	2695.0295
175	2426.6735	175	2213.145	175	4089.846	175	2623.401
180	2168.3965	180	2106.0785	180	3315.394	180	3404.9445
190	2324.1645	190	2654.368	190	3169.954	190	3224.554
200	1734.6405	200	2426.7285	200	2477.6165	200	3060.4785
210	1902.4875	210	2313.5125	210	2576.5455	210	2749.575
220	2554.4395	220	1911.492	220	2356.8805	220	2650.8655
230	1726.02	230	2426.2895	230	2849.987	230	2927.603
240	1917.5315	240	2312.8535	240	2616.754	240	2446.6365
250	1951.0795	250	1690.88	250	2437.518	250	2437.518
260	1636.469	260	1699.72	260	2396.32	260	2435.046
270	2043.541	270	2098.227	270	2699.7535	270	2538.369
280	1591.9945	280	1572.3935	280	2678.5505	280	2546.828
290	1602.5365	290	1785.483	290	2602.747	290	2336.1165
300	2307.583	300	1909.406	300	2190.5525	300	2615.271
310	1480.701	310	1568.9895	320	2174.6225	320	2046.7455
320	1954.758	320	1658.376	340	2095.4685	340	2482.176
330	1506.891	330	1842.0365	360	3289.6465	360	2428.5095
340	1667.82	340	1295.723	380	2325.186	380	2847.3505
350	1667.5455	350	1868.6655	400	2041.088	400	2383.027
360	1319.9915	360	1705.595	420	2149.959	420	2001.319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 80 °C

แครอทพันธุ์น้ำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
0	8601.769	0	9542.37	0	12368.241	0	13265.336
1	4476.343	1	3893.0705	1	6542.22	1	5906.53
3	3310.518	3	2783.5025	3	5917.249	3	5004.613
5	3381.1075	5	3092.4875	5	4380.046	5	4869.537
7	2704.9075	7	2351.33	7	5064.578	7	4264.991
9	2528.873	9	3534.3815	9	4685.795	9	4102.9
11	2637.0625	11	2803.6585	11	5610.896	11	5657.535
13	2276.8145	13	2518.1795	13	3085.883	13	4361.301
15	2530.465	15	2219.6845	15	4179.343	15	4380.135
17	2036.887	17	2816.565	17	5818.847	17	4805.568
19	2499.671	19	2721.6615	19	4763.331	19	4969.581
21	2618.839	21	2508.788	21	4484.598	21	3322.864
23	2312.3835	23	2461.3365	23	4453.189	23	3873.765
25	2301.186	25	1123.419	25	4225.853	25	4131.892
27	2942.7495	27	2144.4425	27	4894.57	27	2673.897
29	2609.5625	29	2389.829	29	4403.493	29	4054.305
31	2539.906	31	2053.4935	31	3941.723	31	3832.749
33	2035.679	33	1706.723	33	4521.774	33	3920.822
35	2339.939	35	1921.244	35	4778.761	35	3226.39
37	1951.6415	37	2033.667	37	3781.562	37	3812.212
39	2310.1335	39	2192.3885	39	4260.558	39	3112.289
41	2161.05	41	2259.1175	41	4063.973	41	3271.195
43	1545.1755	43	2318.1575	43	4136.457	43	3536.845
45	1803.546	45	1652.8455	45	4336.83	45	3514.771
47	1817.4885	47	1625.0005	47	3175.389	47	3767.571
49	1539.5215	49	2019.168	49	3627.094	49	3589.173
51	1870.897	51	1448.265	51	3379.112	51	2836.921
53	1648.48	53	2034.7105	53	3338.643	53	3372.338
55	1741.794	55	1318.7065	55	3757.181	55	3035.581
57	1517.5655	57	1620.717	57	3919.555	57	2454.317
59	1784.7735	59	1692.3335	59	3628.467	59	3750.44
61	1313.262	61	2100.561	61	3603.262	61	3375.028
63	1468.877	63	1638.1815	63	2994.839	63	3418.955
65	1372.544	65	1707.162	65	2290.429	65	2400.945

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกักตุนงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 80 °C(ต่อ)

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ค้อยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
67	1421.287	67	2039.654	67	3265.225	67	3496.816
69	1463.0035	69	1764.5	69	2952.996	69	3111.356
71	1397.9035	71	1722.046	71	3042.772	71	2954.536
73	1418.268	73	1402.241	73	3210.149	73	2517.517
75	1410.5285	75	1873.2435	75	2803.306	75	2949.979
77	1102.646	77	1767.1905	77	3120.807	77	3298.979
79	1289.549	79	1504.339	79	2929.384	79	2552.987
81	1135.5255	81	1528.12	81	2690.243	81	2613.442
83	1231.749	83	1732.975	83	2901.819	83	2616.078
85	1296.959	85	1483.14	85	3048.543	85	2712.223
87	1162.6965	87	1418.388	87	2644.117	87	2395.729
89	1013.668	89	2062.995	89	3411.62	89	3053.701
91	942.8585	91	1778.779	91	3023.887	91	2966.067
93	1036.228	93	1372.364	93	2530.779	93	2926.258
95	1237.0185	95	1657.239	95	2922.959	95	2391.061
97	957.35	97	1735.172	97	2703.367	97	2379.421
99	1171.918	99	1435.194	99	1931.251	99	2709.258
101	892.14	101	1617.5315	101	2911.483	101	2511.422
103	1371.611	103	1660.4245	103	2602.549	103	2001.758
105	1063.783	105	1269.113	105	2955.797	105	2303.756
107	1039.4665	107	1404.8775	107	2224.316	107	2354.382
109	948.4025	109	1626.2635	109	2197.299	109	2345.103
111	1218.246	111	1414.983	111	2125.584	111	1914.068
113	1030.355	113	1519.552	113	2372.139	113	1942.072
115	894.939	115	1404.2735	115	2933.612	115	2255.162
117	1075.42	117	1368.7395	117	2446.269	117	2025.478
119	848.5015	119	1224.9565	119	2421.504	119	2344.553
121	767.5375	121	946.857	121	1594.739	121	1672.195
123	902.8435	123	1051.9355	123	1486.93	123	1949.923
125	1073.828	125	874.3895	125	1430.416	125	1831.979
127	841.2015	127	1126.9285	127	1403.614	127	1417.362
129	911.7355	129	1068.5155	129	1756.379	129	1431.145
131	832.693	131	971.672	131	1582.876	131	2019.493
133	757.932	133	1078.452	133	1594.41	133	2344.059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 80 °C(ต่อ)

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
135	724.6135	135	837.991	135	1443.158	135	1558.204
137	756.4495	137	964.974	137	1300.418	137	1570.723
139	791.69	139	824.87	139	1714.742	139	1948.88
141	684.543	141	900.5765	141	2184.151	141	1887.163
143	822.4285	143	943.014	143	1535.974	143	2147.87
145	740.257	145	897.1725	145	1528.889	145	1373.765
147	717.3675	147	962.1745	147	1193.048	147	1448.935
149	709.079	149	917.7605	149	1613.907	149	1599.221
151	721.375	151	1009.7175	151	1445.19	151	1360.861
153	703.096	153	799.945	153	1595.607	153	1786.13
155	713.7445	155	862.2565	155	1429.318	155	1754.173
157	521.5175	157	805.3255	157	1651.747	157	1518.615
159	665.5505	159	927.6425	159	1421.134	159	1489.403
161	597.5955	161	734.669	161	1421.299	161	1593.73
163	584.916	163	932.089	163	1193.377	163	1806.117
165	735.2615	165	855.998	165	1272.793	165	1653.471
167	583.16	167	866.1545	167	1475.506	167	1578.356
169	652.6515	169	833.544	169	1309.206	169	1729.574
171	620.3755	171	747.132	171	1388.841	171	1690.497
173	781.48	173	866.1545	173	1162.676	173	1597.289
175	728.785	175	748.3395	175	1477.153	175	1307.82
177	663.4645	177	804.3375	177	1304.153	177	1221.063
179	783.6755	179	869.5585	179	1272.463	179	1779.423
181	789.8985	181	711.0625	181	1199.529	181	1316.55
183	770.3545	183	599.835	183	1382.195	183	1416.978
185	835.5205	185	729.2345	185	1760.106	185	1582.748
187	651.935	187	891.2985	187	1337.325	187	1287.997
189	809.4975	189	781.828	189	1502.472	189	1236.383
191	727.9165	191	881.142	191	1433.436	191	2043.159
193	723.964	193	832.1715	193	1129.065	193	1294.696
195	677.4635	195	741.2025	195	1494.014	195	1691.303
199	790.5025	199	787.2085	199	1197.331	199	1705.744
201	712.8195	201	872.1935	201	1307.228	201	1348.397
203	771.013	203	729.179	203	1626.099	203	1813.365

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 80°C(ต่อ)

แครอทพันธุ์น้ำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
205	677.4635	205	694.812	205	1267.63	205	1305.019
207	714.1365	207	728.466	207	1121.101	207	1196.958
209	727.4225	209	790.4475	209	1077.164	209	1321.052
		211	1403.505	211	1403.505	211	1084.56
		213	1337.874	213	1337.874	213	1528.169
		215	1056.679	215	1056.679	215	1647.266
		217	1339.741	217	1339.741	217	1392.764
		219	1769.553	219	1769.553	219	1353.449
		221	1236.764	221	1236.764	221	1708.874
		223	1098.584	223	1098.584	223	1182.243
		225	954.581	225	954.581	225	1400.396
		227	1152.296	227	1152.296	227	1166.813
		229	1104.295	229	1104.295	229	1153.196
		231	991.4325	231	991.4325	231	1240.556
		233	1194.695	233	1194.695	233	1227.543
		235	1188.05	235	1188.05	235	1474.797
		237	1173.276	237	1173.276	237	1118.329
		239	1127.911	239	1127.911	239	1023.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 90 °C

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์คยค่า			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
0	9863.873	0	9628.0085	0	11090.157	0	11391.514
1	2853.8265	1	3632.126	1	3888.872	1	6040.465
3	2743.441	3	2641.8455	3	4106.408	3	5427.342
5	3081.9525	5	2271.0605	5	3181.52	5	5119.085
7	2491.053	7	2869.193	7	3346.621	7	5041.178
9	2274.29	9	1420.758	9	2536.266	9	4305.371
11	1781.7545	11	2457.4415	11	3697.744	11	4329.802
13	2222.967	13	1927.458	13	3198.046	13	4479.632
15	1384.949	15	1865.6785	15	2961.182	15	3379.654
17	1340.9815	17	1627.3475	17	2734.476	17	4445.428
19	1329.345	19	1959.034	19	1743.645	19	3410.015
21	1379.35	21	851.5655	21	2811.564	21	3124.795
23	1194.368	23	1216.2	23	2790.151	23	2677.556
25	1319.7385	25	1023.064	25	2747.214	25	3117.548
27	1116.643	27	1310.9285	27	2083.842	27	2457.065
29	671.424	29	1137.946	29	2542.47	29	2957.725
31	990.12	31	1697.09	31	1802.175	31	2750.083
33	804.9185	33	1938.386	33	2122.386	33	1905.073
35	1095.2905	35	1199.1765	35	1748.696	35	2594.763
37	951.0925	37	918.012	37	1452.095	37	2438.235
39	722.363	39	1252.993	39	1823.039	39	2598.661
41	846.5255	41	1416.31	41	1273.981	41	2323.818
43	831.431	43	1553.6525	43	1522.21	43	2731.581
45	1112.526	45	1283.6355	45	919.508	45	2422.642
47	705.621	47	1071.3345	47	885.357	47	1875.426
49	597.541	49	826.2495	49	1370.23	49	2127.211
51	790.7015	51	1159.0885	51	2168.498	51	2168.498
53	672.6865	53	838.77	53	981.6615	53	2085.923
55	903.722	55	1168.699	55	860.759	55	1321.566
57	623.175	57	1328.062	57	904.0795	57	1449.215
59	783.8405	59	1099.5055	59	835.8865	59	1845.065
61	742.9745	61	786.032	61	919.728	61	1181.234
63	618.716	63	715.1485	63	1014.605	63	1574.339
65	625.741	65	533.355	65	933.07	65	1478.698

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกณการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 90 °C(ต่อ)

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
67	480.0765	67	492.3405	67	1044.09	67	1250.412
69	472.8325	69	607.4235	69	889.53	69	1449.984
71	644.512	71	558.9415	71	894.1415	71	1542.88
73	575.686	73	526.2175	73	754.8455	73	1435.325
75	587.212	75	605.227	75	888.102	75	1441.859
77	380.8435	77	486.411	77	1041.784	77	1290.162
79	557.19	79	543.6775	79	1102.18	79	1112.606
81	852.799	81	461.319	81	908.252	81	1124.959
83	472.814	83	492.286	83	896.722	83	1411.387
85	517.234	85	382.1445	85	669.302	85	1354.673
87	516.8495	87	444.0235	87	885.0485	87	1267.652
89	581.8885	89	520.727	89	737.8795	89	1038.762
91	484.0835	91	433.7015	91	592.2695	91	807.7305
93	516.4105	93	494.2075	93	738.209	93	882.7825
95	470.582	95	529.5115	95	719.3215	95	1128.638
97	616.5205	97	436.721	97	659.474	97	1095.092
99	345.7525	99	322.627	99	661.725	99	858.68
101	463.1725	101	411.2995	101	690.0565	101	900.8455
103	411.032	103	488.6075	103	793.2245	103	929.56
105	499.506	105	416.0215	105	848.5145	105	971.78
107	488.4745	107	472.575	107	742.876	107	862.743
109	452.47	109	485.5325	109	772.086	109	892.2255
111	485.95	111	527.755	111	707.407	111	1037.554
113	441.2185	113	373.121	113	635.37	113	920.7205
115	449.012	115	486.8505	115	557.624	115	860.7665
117	444.8405	117	474.9905	117	622.5225	117	911.936
119	494.5665	119	457.036	119	644.3205	119	827.3855

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอท 2 สายพันธุ์ ให้ความร้อนที่ 100 °C

แครอทพันธุ์นำเข้า				แครอทพันธุ์ดอยคำ			
rep 1		rep 2		rep 1		rep 2	
time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)	time(min)	max force(g)
0	9956.87	0	9658.21	0	11317.85	0	11783.55
1	2077.4985	1	1906.0805	1	4199.63	1	4014.673
3	2001.36	3	1480.475	3	3696.711	3	3370.078
5	1668.809	5	1266.2715	5	3247.159	5	3061.955
7	825.7265	7	964.739	7	2512.166	7	3389.576
9	940.847	9	1195.474	9	2106.278	9	2019.828
11	530.895	11	760.1475	11	1546.713	11	2124.623
13	498.709	13	529.6315	13	1926.952	13	2303.071
15	748.943	15	883.452	15	1680.618	15	1837.865
17	459.1095	17	743.832	17	1203.768	17	1302.851
19	449.717	19	552.59	19	1222.058	19	936.311
21	529.4115	21	444.2415	21	948.536	21	1426.54
23	380.295	23	692.536	23	1134.839	23	1156.698
25	332.1945	25	628.4945	25	1101.994	25	841.215
27	562.256	27	316.45	27	845.3345	27	957.709
29	291.381	29	496.952	29	946.3945	29	1106.937
31	405.302	31	368.5	31	845.9385	31	644.5325
33	563.0255	33	299.5105	33	725.8745	33	966.716
35	254.9735	35	376.4485	35	711.32	35	896.469
37	563.41	37	300.252	37	733.4545	37	727.0285
39	358.708	39	266.606	39	699.237	39	646.235
41	164	41	235.8055	41	555.1715	41	678.915
43	301.4185	43	237.45	43	713.7915	43	698.0835
45	300.53	45	193.9815	45	645.576	45	694.129
47	287.4665	47	255.524	47	743.78	47	615.038
49	202.9	49	225.8	49	648.004	49	627.726
51	284.4305	51	250.6115	51	605.7015	51	689.625
53	398.88	53	253.571	53	665.623	53	545.23
55	161.85	55	473.994	55	459.6035	55	663.426
57	287.0335	57	352.4	57	553.56	57	520.899
59	265.203	59	140.45	59	655.2975	59	476.3555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

- คุณภาพด้านสี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์น้ำเต้า ให้ความร้อนที่ 60 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	51.46	29.79	24.77	0	48.68	31.58	24.5
1	50.02	28.18	23.65	1	50.32	32.15	25.25
3	47.75	28.44	23.45	3	45.48	28.99	22.16
5	45.99	27.17	22.49	5	46.59	26.58	22.97
7	46.05	29.76	22.68	7	45.61	31	22.76
9	43.93	25	20.89	9	45.02	27.57	21.5
11	46.37	28.68	23.19	11	47.31	29.31	23.24
13	45.08	26.39	22.19	13	45.84	31.12	22.87
15	46.3	28.37	22.8	15	44.37	26.92	21.24
17	46.61	26.17	22.48	17	46.51	31.89	23.28
19	46.98	31.65	23.28	19	44.25	27.01	21.34
21	44.17	27.19	21.65	21	47.11	30.91	23.92
23	48.09	31.72	23.42	23	44.95	28.02	22.18
25	44.86	26.4	21.42	25	44.99	28.9	22.22
27	46.53	30.44	23.29	27	46.54	23.98	20.68
29	45.5	28.23	22.24	29	46.27	28.24	22.25
31	47.72	30.2	23.67	31	45.33	27.8	21.46
33	46.13	29.36	22.99	33	47.78	31.27	23.59
35	46.71	31.3	23.15	35	44.52	27.71	21.78
37	45.83	29.48	23	37	45.43	30.18	22.61
39	45.94	26.21	23.1	39	45.08	27.44	22.51
41	47.09	30.72	23	41	47.2	31.93	23.73
43	45.63	29.47	22.68	43	44.12	25.18	21.04
45	46.8	30.73	22.78	45	46.37	32.58	23.58
47	45.32	27.93	21.83	47	45.48	26.09	22.18
49	46.61	32.67	23.62	49	47.19	30.45	23.53
51	44.86	27.47	21.99	51	42.34	22.94	20.13
53	47.24	33.73	23.86	53	47.78	31.48	24.06
55	45.04	30.33	22.05	55	45.32	28.09	21.94
57	47.09	30.1	23.73	57	45.87	30.42	22.83
59	45.79	28.76	23.06	59	44.38	28.54	21.85
61	47.56	34.36	23.76	61	45.25	28.54	21.95
63	44.49	25.24	21.13	63	45.9	29.72	22.38
65	45.58	30.73	22.76	65	45.56	25.41	22.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนที่นำเข้าไปให้ความร้อนที่ 60 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	47.18	30.61	23.06	67	46.1	32.67	23.11
69	44.86	29.88	21.8	69	44.55	30.38	22.11
71	46.75	33.46	23.28	71	44.69	29.34	21.64
73	45.49	29.52	22.29	73	45.57	30.43	22.32
75	47.48	34.6	23.89	75	46.05	29.27	22.41
77	46.58	28.64	22.97	77	45.96	31.87	22.57
79	45.74	25.38	21.87	79	45.46	28.46	22.16
81	44.86	26.7	23.39	81	47.71	32.95	22.96
83	46.53	29.12	23.4	83	44.26	29.07	21.37
85	48.06	32.99	24.86	85	46.85	32.38	22.6
87	46.53	30.95	23.12	87	45.64	31.67	22.13
89	47.14	31.5	22.73	89	46.38	33.38	23.01
91	45.74	26.91	22.31	91	47.02	29.16	21.17
93	48.77	33.64	24.6	93	46.21	33.47	23.1
95	47.27	32.89	23.59	95	45.23	29.36	21.52
97	47.78	33.05	23.65	97	45.07	29.72	21.46
99	48.27	28.17	23.91	99	45.92	32.51	22.44
101	45.48	28.65	22.2	101	44.86	25.37	21.16
103	48.47	34.35	23.82	103	45.37	31.9	22.11
105	45.24	28.94	22	105	45.55	28.37	22.13
107	48.11	33.77	24.31	107	46	28.12	21.92
109	45.7	26.12	21.73	109	45.56	30.73	22.11
111	46.82	29.89	22.37	111	46.71	32.11	22.55
113	46.05	26.78	22.85	113	46.38	29.39	22.29
115	46.97	32.01	23.19	115	45.4	24.76	20.61
117	44.65	28.75	21.81	117	44.44	24.91	20.14
119	46.68	31	22.85	119	46.73	30.9	22.51
125	51.24	24.84	21.9	125	47.45	31.04	23.51
130	46.89	24.04	20.12	130	48.64	30.06	22.91
135	48.36	23.79	21.03	135	49.05	30.88	22.97
140	50.68	26.09	22.11	140	48.9	31.9	24.17
145	50.31	25.81	21.4	145	47.88	31.44	23.02
150	50.68	26.42	21.57	150	47.68	29.25	22.71
155	48.9	25.35	20.92	155	48.92	30.24	23.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนที่นำเข้าไปให้ความร้อนที่ 60 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
160	50.49	25.82	21.82	160	48.37	27.63	22.13
165	50.94	25.11	21.64	165	48.6	30.8	23.8
170	50.2	25.47	20.73	170	48.93	31.99	23.89
175	48.9	26.11	21.33	175	45.37	23.22	20.49
180	48.7	25.72	21.25	180	47.8	29.77	22.49
190	48.53	27.36	21.57	190	49.44	32.86	24.31
200	47.93	23.44	20.74	200	48.34	29.7	23.11
210	48.94	27.43	21.87	210	49.65	31.35	22.57
220	48.71	24.84	21.16	220	48.1	30.26	22.74
230	48.86	25.93	21.51	230	48.89	28.24	22.73
240	48.91	25.96	21.21	240	47.77	28.27	22.32
250	48.97	25.37	21.41	260	49.5	31.32	24.33
260	48.55	24.55	21.45	280	49.25	30.04	23.56
270	48.62	23.71	20.69	300	47.77	26.73	21.6
280	49.12	25.67	21.01	320	47.12	25.23	21.92
290	49.56	24.58	21.03	340	46.11	26.31	21.92
310	48.56	24.77	20.93	360	46.99	26.08	22.33
330	48.95	26.62	20.98	380	45.76	25.25	21.39
350	50.04	25.59	21.6	400	45.76	24.49	21.53
370	49.57	25.77	21.43	420	45.84	23.79	20.98
390	49.77	27.22	21.56	440	46.93	27	21.98
410	50.18	25.28	21.42	460	47.84	26.5	21.3
430	48.12	25.14	20.38	480	47.31	30.01	22.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของเครื่องพ่นน้ำเข้า ให้ความร้อนที่ 70 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	51.76	33.21	25.49	0	47.03	23.55	21.48
1	47.48	32.89	22.86	1	48.11	32.82	23.33
3	44.39	28.24	21.28	3	45.97	31.46	21.85
5	45.46	28.88	21.67	5	46.22	33.44	22.48
7	45.12	28.63	21.12	7	45.63	31.41	22.02
9	47.31	32.86	22.98	9	45.27	29.74	21.79
11	49.04	28.78	23.75	11	45.29	25.92	21.7
13	45.26	28.38	21.59	13	47.97	28.22	22.93
15	46.21	27.82	22.16	15	46.28	29.51	22.2
17	45.13	26.38	21.32	17	44.83	27.26	21.1
19	45.5	26.55	21.2	19	47.24	26.28	22.23
21	44.24	27.5	21.12	21	49.03	30.45	23.96
23	47.31	28.59	22.9	23	45.81	29.97	21.95
25	46.94	29.62	22.04	25	46.83	29.3	22.32
27	46.35	30.7	22.74	27	46.89	32.19	23.03
29	46.78	29.82	22.17	29	47.58	28.97	22.8
31	49.64	30.55	23.98	31	45.47	27.08	20.97
33	47.77	27.57	22.71	33	45.97	23.99	20.74
35	46.13	27.93	21.18	35	46.29	29.62	22.1
37	49.61	29.63	23.64	37	47.27	28.43	22.81
39	48.52	28.74	23.23	39	47.21	26.02	22.18
41	46.19	24.25	21.42	41	48.25	29.56	23.57
43	46.47	24.35	21.1	43	47.52	26.83	22.47
45	45.47	23.88	20.83	45	47.89	26.49	22.36
47	48.29	26.88	22.54	47	48.16	27.5	23.33
49	45.81	25.76	21.83	49	47.33	28.42	22.29
51	47.38	27.62	22.23	51	46.33	26.94	27.96
53	47	26.02	22.35	53	45.38	26.18	21.54
55	46.79	25.83	21.59	55	48.2	27.21	22.89
57	46.73	25.19	21.24	57	48.73	28.03	23.3
59	46.96	24.56	21.37	59	47	25.35	21.32
61	48.66	26.72	22.34	61	47.04	25.36	23.23
63	45.36	23.48	23.25	63	46.96	27.28	23.42
65	45.41	24.43	21.98	65	46.22	27.35	22.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์นำเข้า ให้ความร้อนที่ 70 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	46.13	26.47	22.89	67	46.06	24.74	22.55
69	47.15	26.07	22.82	69	47.36	27.01	22.59
71	46.59	26.6	22.82	71	45.54	23.97	21.27
73	45.82	23.13	21.13	73	48.78	26.23	24.7
75	46.91	25.14	22.64	75	46.87	28.68	22.6
77	48.51	28.62	24.18	77	48.25	28.94	23.37
79	48.78	31.25	24.49	79	46.93	25	22.17
81	46.55	23.46	21.81	81	47.6	28.85	22.6
83	47.65	27.86	23.02	83	47.97	25.28	22.93
85	46.87	25.92	22.2	85	46.8	24.14	22.05
87	48.18	27.38	23.9	87	47.69	28.71	23.34
89	46.86	24.29	21.67	89	47.41	26.2	22.96
91	46.91	27.21	23.39	91	47.01	27.09	23.5
93	48.53	27.21	24.21	93	47.91	27.64	23.65
95	47.44	27.59	22.94	95	46.79	27.66	22.43
97	46.42	26.6	21.89	97	47.88	30.21	23.25
99	47.06	27.65	23.07	99	47.75	29.55	23.51
101	47.8	29.49	23	101	46.3	24.93	22
103	47.22	25.7	23.11	103	47.64	28.84	23.53
105	46.51	24.57	22.38	105	45.87	22.93	21.96
107	46.49	26.04	22.76	107	46.08	25.25	22.55
109	46.73	26.69	22.91	109	46.71	22.59	22.84
111	48.53	30.03	24.48	111	47.42	27.36	23.31
113	45.69	25.34	22.19	113	46.19	24.62	22.27
115	47.59	27.8	23.27	115	46.67	25.82	23.12
117	46.86	27.26	22.95	117	46.24	22.66	22.47
119	45.41	21.47	21.89	119	47.78	27.8	24.05
125	48.28	21.32	19.65	125	48.43	24.81	20.56
130	47.95	20.99	20.39	130	48.31	23.31	20.9
135	47.63	20.78	20.28	135	48.15	24.71	20.75
140	47.23	21.72	20.16	140	49.09	27.45	21.66
145	46.47	20.98	19.81	145	48.74	24.85	20.99
150	46.52	23.07	19.14	150	49.16	25.69	21.09
155	48.07	22.63	19.63	155	49.36	28.51	21.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรในหน่วยงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำแบบใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของเครื่องพ่นสีนำเข้าไปให้ความร้อนที่ 70 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
160	47.27	21.06	20.04	160	48.76	23.02	20.71
165	47.88	23.73	21.1	165	48.73	25.75	20.74
170	48.04	20.71	20.71	170	49.3	23.54	21.14
175	46.78	21.31	19.88	175	49.25	23.61	21.53
180	47.71	19.76	19.98	180	48.97	24.04	20.53
190	47.64	22.46	20.48	190	48.35	23.7	20.82
200	48.03	22.26	20.64	200	47.55	17.76	19.47
210	47.96	22.47	21	210	47.53	22.15	21.16
220	47.15	22.4	19.26	220	48.4	23.55	21.05
230	46.8	19.28	19.31	230	46.65	21.17	19.34
240	48.71	24.17	21.26	240	46.93	21.4	20.39
250	46.7	23.9	19.97	250	47.25	20.3	20.89
260	46.08	21.73	19.39	260	47.13	22.28	19.92
270	48.54	23.8	21.22	270	46.17	22.1	19.48
280	48.39	23.41	21.03	280	47.57	22.05	20.43
290	47.57	20.62	20.7	290	48.63	22.53	20.9
300	47.68	22.18	19.97	300	47.29	19.85	19.69
310	47.84	21.02	20.31	310	47.84	19.58	20.5
320	47.13	20.2	19.93	320	47.68	21.74	20.54
330	47.35	21.37	20.79	330	47.36	21.54	20.17
340	46.91	22.01	20.17	340	46.91	22.39	19.97
350	47.89	22.3	19.92	350	48.15	25.88	20.18
360	48.78	23.01	20.04	360	48.21	23.07	19.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทพันธุ์นำเข้า ให้ความร้อนที่ 80 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	50.7	31.38	25.19	0	46.33	20.49	22.65
1	46.52	28.74	21.61	1	45.64	27.49	21.83
3	45.19	28.2	21.18	3	42.55	22.68	19.65
5	44.89	27.75	21.34	5	46.72	28.46	22.87
7	43.35	24.75	20.14	7	44.61	23.63	21.42
9	44.02	23.3	19.95	9	45.26	25.34	22.77
11	45.36	26.12	21.34	11	44.64	23.96	21.91
13	44.29	23.34	20.34	13	45.12	24.15	22.43
15	44.61	25.78	20.94	15	43.93	22.42	21.45
17	44.14	26.88	20.93	17	43.88	20.58	21.15
19	44.18	23.51	20.67	19	43.78	20.6	20.71
21	45.63	27.6	21.5	21	45.67	21.65	22.52
23	44.54	23.76	20.18	23	42.57	19.55	20.13
25	42.96	21.04	19.19	25	43.34	21.84	21.19
27	44.53	23.83	20.47	27	43.91	21.68	21.5
29	44.36	26.39	20.73	29	41.96	20.08	19.51
31	45.11	27.17	21.63	31	42.57	21.46	20.39
33	44.53	26.2	20.99	33	40.76	18.62	18.81
35	45.28	26.63	21.69	35	43.51	24.05	21.1
37	43.41	23.56	20.48	37	40.35	17.71	18.88
39	42.74	24	19.55	39	45.34	25.21	23.34
41	43.63	22.4	20.18	41	40.82	19.34	18.75
43	43.97	24.55	20.79	43	41.89	22.14	20.24
45	42.17	19.88	18.89	45	43.24	22.53	21.83
47	43.15	23.96	20.4	47	42.67	21.94	21.41
49	44.02	24.91	20.62	49	43.72	21.68	21.73
51	43.85	24.75	20.8	51	43.07	21.13	21.17
53	43.92	24.17	20.95	53	43.19	21.55	21.33
55	44.59	25.39	20.45	55	42.13	19.57	20.25
57	41.94	20.61	19.15	57	43.65	21.03	21.76
59	41.87	20.29	18.72	59	43.95	21.08	21.84
61	42.71	23.06	20.25	61	42.48	20.19	20.63
63	43.84	25.16	21.2	63	41.95	16.98	19.72
65	42.21	19.27	18.76	65	43.92	23.73	22.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์นำเข้า ให้ความร้อนที่ 80 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	42.68	22.72	19.29	67	43.17	21.21	21.86
69	42.84	23.57	20.28	69	43.47	20.6	21.42
71	43.43	23.69	20.44	71	43.47	19.4	20.4
73	42.55	21.09	19	73	44.33	22.94	22.36
75	45.01	26.75	21.95	75	43.65	20.93	21.86
77	42.12	20.97	18.85	77	41.84	17.54	20.32
79	41.93	23.55	19.31	79	41.43	16.72	19.61
81	45.55	30.6	23.36	81	44.18	20.32	21.91
83	43.58	23.72	20.51	83	42.57	18.92	20.66
85	43.77	25.42	21.36	85	43.04	21.58	21.45
87	45.04	24.64	22.1	87	42.16	19.56	20.39
89	44.81	26.16	22.94	89	42.57	21.3	20.76
91	43.63	22.8	20.92	91	42.99	21.53	21.45
93	41.54	20.6	19.56	93	43.54	20.81	21.95
95	42.29	21.63	19.91	95	43.5	23.52	21.79
97	42.11	18.77	18.76	97	42.49	21.19	20.66
99	43.38	25.63	21.01	99	42.93	23.31	21.47
101	43.43	19.77	19.92	101	44.25	24.5	22.56
103	42.07	23.25	19.83	103	42.34	17.04	20.52
105	43.52	25.32	21.67	105	40.53	16.98	18.95
107	43.38	21.69	20.82	107	44.36	21.75	22.27
109	43.08	22.58	20.7	109	43.72	25	22.17
111	43.55	23.78	21.4	111	42.63	21.05	21.39
113	44.83	26.21	21.53	113	43.46	21.4	21.32
115	41.77	19.53	19.34	115	41.86	15.38	19.34
117	42.78	23.62	20.48	117	43.28	22.54	21.26
119	43.9	23.65	21.23	119	41.2	18.22	19.02
121	42.96	21.75	20.2	121	41.48	19.77	18.9
123	43.78	24.36	20.75	123	42.95	22.69	21.26
125	43.21	22.66	19.96	125	43.16	23.58	20.88
127	44.2	26.76	20.93	127	44.73	24.65	22.13
129	43.87	22.19	20.63	129	45.11	24.24	22.29
131	42.12	20.22	19.16	131	45.67	24.33	22.25
133	45.02	25.77	22.05	133	42.06	20.27	19.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลคุณภาพค่าน้ำของแครอทพันธุ์นำเข้า ให้ความร้อนที่ 80 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
135	43.71	24.17	20.55	135	43.47	23.01	21.38
137	43.54	22.47	20.28	137	42.65	20.93	20.4
139	43.16	21.97	20.53	139	42.18	19.13	19.84
141	43.63	23.95	20.19	141	42.88	20.8	20.53
143	43.74	24.99	21.16	143	45.05	26	22.63
145	42.59	21.19	19.77	145	43.52	21.98	21.03
147	44.1	28.53	21.78	147	44.31	23.29	22.25
149	43.54	23.57	20.95	149	41.92	15.83	19.34
151	41.99	21.18	19.42	151	43.56	22.82	20.67
153	44	25.14	21.37	153	43.95	22.67	21.54
155	43.55	23.34	20.75	155	41.56	18.86	18.36
157	40.74	18.17	18.53	157	43.96	20.95	21.54
159	42.56	22.18	19.93	159	43.29	22.59	21.34
161	41.5	19.42	19.12	161	42.44	19.35	19.54
163	42.64	20.73	19.84	163	44.35	20.92	21.99
165	43.01	21.94	20.39	165	44.3	22.56	22.06
167	43.49	23.07	20.85	167	42.02	17.67	19.66
169	42.36	21.23	19.59	169	44.89	23.87	22.01
171	41.33	18.95	18.75	171	41.34	17.93	19.35
173	42.43	19.93	19.66	173	42.15	19.78	19.34
175	42.25	20.92	19.49	175	44.56	27	22.4
177	41.36	16.19	18.11	177	41.36	15.48	18.92
179	39.93	12.93	17.27	179	42.97	20.39	20.96
181	41.56	16.49	18.77	181	42.06	18.17	18.86
183	42.48	16.82	19.35	183	43.19	20.24	19.94
185	42.44	16.19	19.51	185	42.42	19.06	19.38
187	43.21	19.99	20.22	187	43.75	21	20.57
189	43.4	21.56	20.69	189	41.27	17.82	19.02
191	44.63	24.15	21.34	191	43.57	22.97	20.82
193	43.77	21.62	20.78	193	41.82	19.4	19.49
195	42.9	20.2	20.49	195	42.69	17.67	19.55
197	43.28	22.72	20.92	197	43.63	22.04	20.84
199	43.12	20.26	20.2	199	43.37	20.94	21.15
201	42.53	18.74	19.54	201	42.62	21.92	19.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทพินฐาน้ำเข้า ให้ความร้อนที่ 80 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
203	43.33	20.54	20.37	203	43.6	21.49	20.94
205	41.77	18.09	19.05	205	41.58	19.83	19.52
207	41.58	17.46	19.09	207	44.26	22.13	21.18
209	43.02	19.16	20.34	209	41.78	18.78	19.49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทพันธ์นำเข้า ให้ความร้อนที่ 90 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	50.92	35.02	25.41	0	51.14	36.54	25.21
1	46.61	27.29	21.9	1	47.29	29	22.67
3	43.96	22.19	20.57	3	45.2	23.49	21.16
5	45	24.18	21.4	5	45.23	26.55	21.27
7	42.89	21.72	20.62	7	45.1	27.33	21.97
9	43.62	27.03	22.81	9	41.39	18.46	18.57
11	42.68	22.39	20.6	11	43.62	23.87	20.76
13	44.11	24.34	21.4	13	41.53	21.01	19.11
15	45.13	26.74	22.49	15	42.97	23.77	20.46
17	43.08	21.91	21.23	17	41.96	19.75	19.2
19	43.49	21.54	20.16	19	41.34	19.7	19.36
21	43.38	23.07	21.4	21	41.47	20.24	19.49
23	43.44	22.07	21.03	23	42.81	21.42	20.6
25	43.28	21.51	21.17	25	43.39	23.06	21.25
27	41.59	17.19	19.2	27	42.15	20.13	19.99
29	42.29	20.65	20.36	29	41.4	19.23	19.27
31	44.53	23.57	21.72	31	42.86	21.34	20.98
33	41.66	19.9	19.15	33	42.2	19.48	20.16
35	43.47	23.58	21.22	35	41.1	17.15	19.27
37	42.61	22.55	20.22	37	41.98	19.95	20.25
39	42.56	21.18	20.3	39	42.68	21.07	20.64
41	43.73	21.91	21.14	41	40.59	17.32	18.74
43	42.82	20.27	20.43	43	40.13	17.01	18.41
45	42.47	20.7	20.17	45	40.72	16.16	18.84
47	42.89	20.47	19.91	47	43.35	21.35	21.36
49	41.52	18.85	19.28	49	41.94	19.11	20.19
51	43.4	21.79	21.63	51	43.5	22.36	21.31
53	41.53	20.61	19.83	53	42.87	22.45	21.25
55	42.42	22.41	20.35	55	41.89	19.93	20.36
57	42.35	22.13	20.58	57	40.39	17.12	18.88
59	42.47	22.28	20.39	59	43.28	21.68	21.73
61	45.28	16.78	19.42	61	42.57	20.63	21.45
63	44.89	16.56	19.63	63	42.57	20.61	20.5
65	46.46	20.22	21.08	65	42.02	17.51	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนที่นำเข้าสู่ให้ความร้อนที่ 90 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	46.95	20.83	21.67	67	42.5	20.89	20.87
69	46.58	20.55	21.56	69	42.15	19.28	19.95
71	47.1	21.33	21.67	71	42.25	19.4	21.18
73	47.07	22.59	21.6	73	41.54	16	19.44
75	46.56	22.17	20.96	75	44.57	22	23.02
77	45.91	19.48	20.68	77	41.66	17.51	19.57
79	46.89	22.32	21.42	79	41.96	20.35	20.22
81	47.9	24.3	22.02	81	41.17	16.68	19.19
83	47.35	20.05	22.05	83	41.49	18.97	19.57
85	47.13	23.02	21.43	85	42.94	20.14	21.75
87	49.03	21.15	23.1	87	41.63	20.28	19.9
89	46.59	20.86	20.96	89	43.26	23.78	21.69
91	45.98	20.89	20.98	91	43.28	20.03	21.29
93	45.88	19.61	20.2	93	42.19	18.05	20.3
95	47.57	22.89	22.15	95	41.56	18.07	19.81
97	46.48	21.02	20.92	97	42.07	18.12	20.18
99	45.95	22.12	20.81	99	42.92	20.15	20.88
101	48.44	24.99	23.32	101	43.11	22.32	21.35
103	46.34	22.21	21.21	103	41.61	19.4	20.39
105	47.57	20.86	21.66	105	43.65	22.53	21.43
107	47.02	22.65	21.52	107	42.69	17.57	21.18
109	46.63	21.93	20.66	109	43.73	22.49	21.82
111	46.8	21.35	21.41	111	42.09	18.55	19.66
113	46.64	20.78	21.25	113	43.23	20.77	21.34
115	47.63	23.92	22.2	115	42.69	19.16	20.14
117	46.82	22.23	21.61	117	42.42	18.53	20.17
119	47.7	24.12	22.31	119	43.99	20.01	21.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนที่นำเข้าสู่ให้ความร้อนที่ 100 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	50.1	28.89	24.74	0	47.7	26.1	22.65
1	44.92	25.71	21.17	1	46.79	25.95	22.71
3	47.15	25.67	23.27	3	43.93	22.26	20.86
5	43.79	21.55	21.02	5	43.52	21.97	20.77
7	43.15	19.82	21.06	7	42.87	21.94	20.7
9	42.99	21.49	20.16	9	42.63	21.21	20.8
11	42.16	16.65	20.24	11	44.05	22.98	21.67
13	39.78	14.87	17.78	13	44.8	22.29	22.06
15	42.7	20.67	20.41	15	43.88	23	21.63
17	42.05	17.76	20.65	17	42.82	23.66	20.87
19	44.18	20.36	22.16	19	43.3	21.63	21.2
21	44.12	22.45	21.81	21	44.23	23.09	21.75
23	43.2	21.92	20.87	23	44.4	23.73	22.31
25	44.38	21.05	21.81	25	43.49	24.58	21.27
27	44.95	21.65	22.93	27	45.33	26.23	23.33
29	44.13	22.68	21.99	29	44	22.88	21.94
31	42.61	21.88	20.28	31	43.7	23.11	22.71
33	43.68	23.08	21.18	33	43.11	21.32	21.27
35	42.8	19.81	21.49	35	44.17	24.38	22.41
37	42.13	21.03	19.87	37	43.19	21.06	21.63
39	44.55	22.26	22.44	39	45.59	22.98	23.45
41	43.68	23.22	21.68	41	44.03	22.53	22.17
43	43.45	23.05	21.47	43	44.75	24.73	23.29
45	44.66	21.84	23.59	45	45.59	24.57	23.76
47	45.69	21.35	24.38	47	44.98	21.91	22.38
49	44.55	23.46	22.58	49	43.04	22.69	21.17
51	44.35	21.47	22.41	51	44.94	24.96	22.68
53	43.89	25.57	21.75	53	45.16	20.26	23.63
55	45.02	22.46	22.85	55	43.74	25.37	21.67
57	42.87	19.84	21.03	57	44.37	22.8	22.88
59	46.59	22.71	25.05	59	42.49	20	20.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์จากคอกยคำ ให้ความร้อนที่ 60 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	54.9	33.24	28.03	0	55.4	26.19	27.85
1	51.8	28.02	26.07	1	52.66	30.89	27.92
3	52.18	30.64	27.13	3	52.38	25.5	25.99
5	53.08	29.57	27.35	5	50.29	25.18	26.08
7	51.03	28.81	25.53	7	49.48	24.62	25.33
9	50.49	27.88	25.83	9	51.37	24.03	26.05
11	50.05	24.39	25.32	11	50.2	26.9	26.53
13	52.82	28.65	27.92	13	50.53	25.4	25.8
15	52.55	28.9	26.99	15	49.68	26.11	25.61
17	51.97	32.47	27.27	17	50.74	25.98	26.47
19	51.25	24.72	25.28	19	49.22	24.84	25.74
21	53.32	30.44	28.85	21	50.89	28.12	26.7
23	52.1	31.98	26.81	23	48.94	26.22	26.46
25	53.28	30.19	27.43	25	50.29	26.69	26.29
27	52.19	30.16	26.72	27	51.67	29.44	27.16
29	52.27	31.95	27.55	29	47.48	23.78	24.43
31	50.65	27.38	26.48	31	48.66	26.73	25.18
33	50.38	31.01	28.15	33	49.39	22.03	25.84
35	53.99	29.22	29.12	35	49.69	30.07	26.47
37	51.95	25.82	25.67	37	50.6	27.14	27.95
39	50.44	27.72	26.08	39	49.82	31.69	26.59
41	53.85	29.75	29.15	41	52.95	27.89	27.52
43	51.42	30.2	27.55	43	48.32	30.12	25.9
45	52.82	31.13	27.76	45	52.9	26.7	28.64
47	50.02	31.11	26.67	47	50.69	24.93	26.2
49	52.85	26.1	28.12	49	49.31	30.7	25.71
51	50.5	31.26	26.75	51	52.23	28.08	27.5
53	50.75	30.92	27.23	53	52.01	25.68	27.43
55	50.48	28.7	26.38	55	50.1	24.51	27.07
57	51.72	30.86	27.1	57	50.05	23.74	25.98
59	51.47	28.65	27.75	59	49.85	24.15	26.49
61	53.29	29.33	28.57	61	49.64	29.22	27.44
63	51.67	27.59	27.58	63	50.89	23.16	27.51
65	55.33	27.9	29.69	65	48.47	25.49	25.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังประชาชนด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์จากคอกยคำ ให้ความร้อนที่ 60 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	52.13	28.69	26.82	67	53.28	27.58	28.47
69	51.93	27.43	26.53	69	49.79	23.25	26.98
71	52.08	26.09	26.79	71	50.87	23.12	26.28
73	52.96	29.76	27.82	73	48.41	25.25	26.06
75	54.94	30.6	30.1	75	48.67	25.26	26.2
77	51.61	27.93	26.63	77	49.87	29.96	25.58
79	53.87	28.09	29.18	79	51.21	28.98	26.59
81	53.51	30.68	29.15	81	51.77	28	27.66
83	52.4	29.72	27.3	83	52.75	28.99	28.93
85	52.12	31.11	27.38	85	52.12	28.56	28
87	54.13	30.99	29.37	87	52.17	26.41	27.85
89	53.37	31	28.55	89	51.01	27.73	26.95
91	52.12	27.51	27.57	91	51.44	33.83	27.5
93	52.51	25.71	27.4	93	50.4	25.94	26.69
95	53.45	30.71	28.44	95	52.68	32.1	28.31
97	52.27	30.7	27.51	97	53.14	28.12	28.44
99	51.44	29.28	27.08	99	49.41	27.02	26.09
101	54.06	28.35	28.81	101	52.01	34.94	28.06
103	51.66	29.09	27.13	103	53.35	26	27.29
105	54.11	30.53	29.32	105	52.92	32.58	27.59
107	52.16	26.7	27.13	107	51.6	26.74	28
109	53.29	27.48	27.92	109	50.34	29.37	26.73
111	51.91	28.71	27.34	111	51.28	27.04	27.99
113	51.19	31.2	25.92	113	52.14	28.76	28.13
115	51.63	28.45	26.49	115	52.05	32.61	28.06
117	52.5	29.73	28.06	117	54.43	27.06	30.17
119	52.51	27.77	28.18	119	53.42	24.73	28.97
125	51.01	24.38	26.1	125	50.76	29.25	26.06
130	49.87	28.65	26.4	130	51.24	26.73	26.19
135	51.92	28.89	27.33	135	51.88	26.27	27.37
140	51.74	27.56	27.01	140	51.4	26.87	26.95
145	51.06	27.13	26.57	145	51.3	26.8	26.44
150	51.77	29.99	27.32	150	51.45	32.49	27.07
155	51.37	25.17	26.92	155	52.84	22.57	27.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับองค์กรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์จากคอกยคำ ให้ความร้อนที่ 60 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
160	52.74	28.18	28.78	160	50.07	26.45	25.94
165	52.31	25.32	28.16	165	50.53	24.72	26.26
170	52.27	25.5	26.96	170	51.03	30.1	26.52
175	53.06	24.9	28.54	175	50.87	26.98	27.41
180	52.27	28.45	27.83	180	51.7	31.31	27.08
190	50.29	27.71	26.67	190	51.44	26.11	26.4
200	51.36	25.37	26.39	200	52.98	23.29	27.61
210	53.08	27.27	28.56	210	51.59	26.59	26.85
220	51.41	22.56	26.81	220	51.52	30.47	27.89
230	51.99	29.57	27.87	230	52.17	23.88	26.35
240	51.55	28.42	26.53	240	52.15	28.71	27.59
260	53.02	30.41	28.2	260	52.05	27.72	26.98
280	53.44	21.01	28.41	280	51.28	24.15	26.85
300	50.13	23.55	25.49	300	52.13	24.63	27.56
320	50.57	26.1	26.45	320	50.94	27.27	26.35
340	53.6	18.36	28.33	340	52.02	30.57	27.62
360	55.76	22.81	30.68	360	53.22	21.94	27.37
380	52.93	24.45	27.51	380	50.65	25.67	27.48
400	52.45	24.05	26.84	400	51.96	27.6	27.51
420	52.23	26.65	27.82	420	53.63	25.99	28.92
440	51.88	26.92	27.05	440	52.33	28.42	27.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทพินธุ์จากคอกยค่า ให้ความร้อนที่ 70 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	55.21	31.58	28.28	0	54.01	32.94	25.49
1	52.22	28.78	26.23	1	51.51	27.09	23.34
3	51.28	29.81	26.47	3	50.3	25.17	23.43
5	50.69	28.5	26.63	5	50.5	25.13	23.52
7	52.78	27.91	28.43	7	51.13	25.97	24.11
9	51.61	28.87	27.2	9	51.38	24.15	23.67
11	52.8	29.65	28.81	11	51.48	27.76	25.21
13	50.97	30	27.13	13	50.75	26.2	24.54
15	54.07	22.58	29.7	15	51.26	24.07	24.07
17	53.88	18.8	28.86	17	51.47	26.3	24.73
19	52.66	27.49	28.3	19	50.39	24.54	23.23
21	51.89	29.66	27.89	21	49.77	22.51	22.53
23	52.07	28.25	28.04	23	51.48	25.74	24.76
25	53.99	26.25	29.61	25	49.84	23.08	22.92
27	52.09	28.16	28.24	27	49.84	21.98	22.68
29	53.06	27.04	28.97	29	50.18	21.87	23.45
31	52.73	27.9	29.46	31	50.74	26.44	24.43
33	52.25	27.01	28.18	33	50.79	24.02	24.22
35	54.69	29.07	30.83	35	49.75	23.76	23.86
37	52.5	23.81	28.62	37	51.74	22.53	24.57
39	54.74	27.47	31.19	39	50.48	24.8	24.11
41	51.88	28.17	28.29	41	50.89	23.42	23.75
43	53.34	28.94	29.6	43	51	26.9	24.37
45	51.9	27.75	27.88	45	49.71	22.3	23.94
47	53.1	26.88	28.81	47	49.75	23.08	23.09
49	51.7	26.95	28.43	49	51.5	23.96	24.92
51	54.32	23.87	30.68	51	50.96	23.31	24.4
53	52.8	28.56	28.98	53	50.18	21.45	24.23
55	53.28	26.61	29.39	55	52.53	24.92	25.94
57	53.09	29.04	29.91	57	50.11	24.34	24.43
59	53.04	25.12	29.64	59	51.69	23.74	23.94
61	54.06	30.81	28.09	61	54.3	25.22	25.91
63	52.91	31.19	27.07	63	53.84	30.38	26.24
65	53.87	32.41	27.26	65	55.58	28.99	27.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ข.7 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกายำ ให้ความร้อนที่ 70 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
160	53.32	31.3	26.84	160	48.43	26.31	25.13
165	54.6	30.83	27.93	165	50.07	28.16	26.7
170	54.74	30.41	27.96	170	49.45	24.89	26.68
175	55.14	32.14	28.3	175	48.03	22.85	24.65
180	54.59	30.84	27.82	180	48.36	28.2	25.82
190	50.96	25.43	28.02	190	50.96	27.42	27.19
200	50.43	26.42	27.32	200	47.74	24.53	25.23
210	48.91	25.25	25.94	210	49.78	25.24	26.72
220	48.79	26.25	26.42	220	48.51	27.13	26.2
230	49.96	27.89	26.75	230	49.26	26.5	26.74
240	50.75	27.04	28.15	240	49.16	26.69	25.96
250	49.2	22.58	26.01	250	49.61	25.09	27.31
260	50.96	25.14	27.62	260	48.95	21.56	26.04
270	49.46	24.3	27.18	270	48.49	24.86	25.01
280	49.95	23.3	26.74	280	51.42	26.46	27.83
290	49.46	24.58	26.39	290	49.9	24.85	27.08
300	50.75	22.77	27.03	300	50.55	23.52	27.85
320	49.37	24.68	26.65	320	50.11	23.8	27.37
340	49.83	23.46	26.58	340	49.89	26.37	26.65
360	49.47	25.02	26.27	360	48.57	19.81	24.55
380	49.57	23.53	25.69	380	49.81	24.94	26.94
400	49.06	19.56	25.83	400	49.51	23.84	25.89
420	46.61	22.36	24.49	420	49.51	22.96	26.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของเครื่องพ่นสีจากคอตยคำ ให้ความร้อนที่ 80 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	52.57	30.76	26.16	0	52.98	26.79	26.95
1	49.96	28.53	25.01	1	50.41	24.37	25.48
3	50.23	24.87	26.22	3	50.68	27.16	26.65
5	49.08	24.71	25.58	5	51.31	31.25	28.19
7	49.88	25.5	26.07	7	52.36	27.64	27.86
9	51.88	23.96	28.36	9	50.31	28.47	26.67
11	48.63	24.91	25.76	11	50.17	21.48	26.41
13	51.43	23.47	28.42	13	50.73	27.08	27.5
15	50.38	23.55	27.73	15	51.4	25.9	28.27
17	49.39	21.2	25.93	17	51.16	25.3	28.57
19	49.19	25.88	25.92	19	51.16	26.15	28.57
21	52.36	22.68	29.35	21	49.08	23.02	26.62
23	51.22	25.1	28.09	23	47.43	25.71	25.2
25	49.74	21.58	27.17	25	48.75	18.12	26.71
27	49.86	24.6	27.25	27	48.07	27.33	25.57
29	49.9	26.13	27.03	29	49.84	20.06	26.97
31	49	21.04	25.9	31	47.53	20.15	25.29
33	49.47	20.02	26.74	33	48.59	20.19	25.33
35	49.09	26.14	26.5	35	49.94	24.36	27
37	50.48	21.2	27.75	37	48.21	18.81	25.47
39	48.87	24.22	26.11	39	47.47	19.09	24.96
41	50.75	27.5	28.16	41	48.23	20.48	25.44
43	50.46	22.23	27.71	43	48.01	18.8	25.19
45	51.47	28.34	28.48	45	46.61	17.92	23.81
47	49.57	26.37	27.67	47	49.32	19.21	27.11
49	51.65	24.58	29.15	49	50.17	24.36	27.39
51	51.11	18.82	28.86	51	50.28	24.09	27.31
53	49.25	22.97	26.76	53	48.32	18.75	25.21
55	49.92	23.25	26.8	55	46.24	16.68	24.38
57	50.41	22.05	27.56	57	48.21	18.43	25.42
59	49.47	21.95	26.77	59	49.88	19.26	27.77
61	50.3	25.94	26.87	61	47.73	17.19	26.22
63	51.39	24.06	28.68	63	49.83	21.5	28.17
65	49.86	21.49	27.1	65	47.83	18.25	25.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งาน เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกเทล ให้ความร้อนที่ 80 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	50.56	20.36	28.13	67	51.64	20.71	29.5
69	51.01	22.17	27.82	69	51.39	26.6	29.07
71	50.32	22.99	27.61	71	49	17.85	26.82
73	50.62	24	28.45	73	51.76	24.95	28.9
75	51.36	24.4	28.71	75	49.06	21.98	26.88
77	49.73	23.33	26.61	77	49.38	16.07	26.15
79	48.59	21.44	26.9	79	49.63	23.47	26.98
81	49.01	24.09	27.27	81	50.71	19.62	28.45
83	47.89	20.01	25.93	83	50.61	20.07	28.17
85	51.67	25.68	29.18	85	48.99	21.27	26.98
87	51.77	27.32	28.96	87	49.45	17.79	27.17
89	49.99	26.04	26.63	89	49.81	20.09	27.61
91	49.9	22.63	26.39	91	52.38	23.07	29.74
93	51.29	22.9	28.12	93	51.08	23.18	28.84
95	48.87	23.76	25.82	95	46.8	20.29	25.3
97	49.86	25.03	26.97	97	50.12	19.1	28.17
99	49.08	23.04	25.88	99	49.18	17.19	27.61
101	49.71	23.93	26.57	101	49.18	16.87	27.8
103	52.22	26.66	29.73	103	49.05	21.21	26.84
105	49.19	24.94	25.67	105	49.76	19.3	28.02
107	49.76	27.86	27.6	107	49.35	20.47	27.65
109	50.06	25.8	28.3	109	47.47	21.77	25.48
111	48.25	21.06	26.13	111	46.44	14.27	24.9
113	49.99	24.61	28.22	113	47.55	20.47	26.05
115	52.47	26.06	29.6	115	47.35	16.01	25.62
117	53.36	26.05	30.77	117	49.45	21.15	28.1
119	51.39	21.15	28.62	119	50.93	16.52	28.61
121	36.59	21.78	18.05	121	50.71	25.88	27.85
123	35.52	20.98	17.77	123	47.58	24.65	25.29
125	35.9	18.86	17.35	125	46.02	17.85	25.12
127	35.03	17.76	17.29	127	48.24	19.38	27.01
129	35.58	20.06	17.2	129	47.4	23.33	25.54
131	36.52	20.78	17.98	131	48.5	28.39	27.4
133	36.56	21.87	18.39	133	47.63	27.6	26.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้พิมพ์ไปใช้ในประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์จากคอกยคำ ให้ความร้อนที่ 80 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
135	36.81	21.58	19.12	135	48.56	22.65	27.34
137	35.58	19.39	17.8	137	47.63	21.55	25.35
139	37.64	23.79	19.46	139	49.33	25.89	27.8
141	37.33	24.6	16.36	141	47.85	24.56	26.74
143	34.78	15.55	16.61	143	50.1	29.53	28.35
145	36.51	21.05	18.79	145	48.21	19.14	26.94
147	34.42	15.85	16.45	147	48.47	26.01	26.9
149	34.87	21.25	17.12	149	46.68	19.07	25.84
151	35.82	19.71	18.02	151	46.74	18.47	25.7
153	35.77	20.22	17.68	153	49.05	24.54	27.82
155	36.1	22.45	18.16	155	46.9	20.25	26.03
157	36.67	22.19	18.71	157	45.87	21.17	24.98
159	35.87	21.8	17.73	159	46.9	20.19	25.64
161	34.35	19.04	16.7	161	45.26	21.1	24.22
163	36.51	21.33	18.34	163	46.66	26.01	25.82
165	36.39	21.94	36.31	165	48.49	24.19	27.47
167	36.31	20.26	18.37	167	47.54	23.28	26.46
169	35.9	19.63	17.86	169	47.01	18.62	25.55
171	34.35	20.68	18.42	171	47.86	25.63	26.44
173	34.57	15.52	16.33	173	45.76	19.17	24.76
175	35.75	19.93	17.3	175	45.52	20.9	24.46
177	37.04	22.45	18.75	177	46.33	18.64	24.86
179	36.88	21.22	18.74	179	46.37	21.39	25.74
181	36.79	21.75	18.8	181	47.01	18.63	25.93
183	36.71	19.26	18.29	183	46.48	20.21	24.98
185	37.02	22.57	19.16	185	47.76	25.62	26.91
187	36.75	20.38	18.7	187	45.32	16.31	24.38
189	36.34	18.64	18.55	189	46.8	20.58	26.11
191	36.14	20.09	18.91	191	48.96	26.9	27.76
193	36.1	20.51	18.49	193	45.84	19.01	25.12
195	35.69	19.21	17.93	195	48.46	22.91	26.69
197	36.4	20.35	18.84	197	46.59	20.54	25.46
199	36.26	19.78	18.5	199	45.73	20.09	24.61
201	35.9	21.22	18.25	201	47.66	21.35	26.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอกมหาวิทยาลัย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของเครื่องพ่นสีจากคอกยทำให้ความร้อนที่ 80 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
203	35.73	19.26	18.26	203	47.24	25.27	26.29
205	36.34	19.8	18.57	205	45.99	19.55	25.03
207	35.22	18.78	17.57	207	47.14	15.15	25.25
209	35.71	19.96	18.62	209	46.57	20.57	25.57
211	34.83	19.2	17.38	211	45.34	18.26	23.81
213	35.64	18.27	18.02	213	47.93	24.63	26.61
215	34.3	16.93	16.33	215	48.55	24.13	27.29
217	36.17	17.91	18.11	217	48.55	23.54	27.74
219	36.55	20.82	19.09	219	46.27	25.22	25.55
221	35.68	19.04	17.6	221	48.79	26.27	27.49
223	36.17	19.11	18.49	223	47.71	20.35	26.96
225	34.5	15.52	16.65	225	46.85	22.6	25.39
227	34.23	15.75	16.19	227	45.34	21.63	24.57
229	36.41	19.04	18.62	229	48.04	19.49	27.04
231	35.34	18.92	17.68	231	46.47	20.46	23.06
233	35.01	18.96	17.22	233	46.33	21.82	25.52
235	34.93	16.85	17.07	235	48.81	25.91	27.32
237	35.16	17.05	17.36	237	47.03	20.82	26.43
239	35.35	17.08	17.45	239	46.37	18.64	25.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแครอทพันธุ์จากคอกย่ำ ให้ความร้อนที่ 90 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	52.1	30.02	26.68	0	54.11	31.76	28.18
1	53.32	31.05	28.32	1	49.14	27.48	26.17
3	52.76	26.83	28.92	3	49.82	22.79	26.38
5	52.71	22.77	28.92	5	50.13	20.66	27.85
7	52.7	24.16	29.27	7	51.51	20.13	28.32
9	52.26	24.57	29.76	9	51.24	20.27	28.76
11	51.82	23.08	28.68	11	50.82	26.65	27.99
13	51.08	19.71	28.04	13	48.66	19.18	25.87
15	51.43	23.92	28.79	15	49.98	21.57	27.52
17	52.12	14.77	29.75	17	48.84	16.78	27
19	51.18	20.04	28.94	19	49.95	22.9	28.14
21	52.65	18.84	30.84	21	47.25	18.8	25.9
23	51.99	21.17	29.96	23	49.36	24.03	27.75
25	51.66	22.24	29.43	25	46.74	17.12	25.53
27	51.16	18.56	29.63	27	47.77	19.37	26.96
29	52.32	19.37	30.23	29	49.31	22.05	28.44
31	51.83	16.18	30.14	31	47.98	13.03	27.49
33	53.23	22.38	30.06	33	48.35	19.14	27.19
35	52.53	22.15	29.96	35	49.17	22.85	28.27
37	51.8	17.2	30.23	37	44.98	18.34	24.29
39	51.24	16.79	29.59	39	48.82	22.51	27.86
41	49.88	23.05	28.1	41	45.6	16.54	25.18
43	51.52	19.43	29.31	43	41.71	19.31	25.57
45	50.62	17.45	29.18	45	47.86	16.83	27.18
47	50.33	18.8	28.48	47	51.14	23.36	29.37
49	50.46	16.93	28.94	49	49.31	17.46	28.64
51	51.67	18.26	29.51	51	49.61	24.19	27.76
53	49.39	17.77	27.88	53	45.29	15.73	24.35
55	51.97	28.72	29.95	55	48.55	18.73	27.29
57	51.64	22.42	29.22	57	45.9	16.6	24.45
59	51.46	20.3	29.61	59	49.1	20.94	27.9
61	52.39	16.72	30.04	61	44.57	12.29	24
63	53.1	14.81	31.01	63	49.49	18.63	28.61
65	49.82	16.9	28.62	65	47.77	19.73	26.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกายำ ให้ความร้อนที่ 90 °C (ต่อ)

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
67	51.66	13.8	29.71	67	47.19	19.74	26.42
69	52.25	19.74	30.34	69	47.5	18.27	26.03
71	51.51	15.67	29.58	71	49.01	21.99	27.23
73	50.19	21.78	28.56	73	48.49	20.68	26.68
75	50	17.56	28.13	75	49.19	18.76	27.01
77	51	16.67	29.3	77	47.03	19.23	25.26
79	52.22	18.73	30.53	79	49.16	21.04	26.72
81	52.32	12.6	30.13	81	48.38	20.13	26.23
83	51.08	13.36	29.28	83	51.15	21.15	28.07
85	52.64	17.58	30.4	85	49.82	20.08	27.82
87	51.74	13.02	29.31	87	49.92	19.86	27.45
89	53.19	15.65	30.95	89	49.41	20.75	26.58
91	49.94	20.09	27.98	91	46.22	12.84	23.4
93	51.27	12.82	28.91	93	48.9	16.68	26.76
95	51.76	16.7	30.02	95	48.23	19.55	26.01
97	49.9	19.16	28.63	97	49.16	18.29	26.08
99	52	21.43	29.97	99	45.9	14.61	23.6
101	53.03	13.63	30.91	101	46.35	17.28	25.01
103	51.5	18.48	30.2	103	46.25	18.27	25.46
105	53.83	19.43	31.8	105	45.37	22.1	25.23
107	52.54	12.43	30.51	107	49.21	19.46	28.21
109	51.34	13.8	29.52	109	46.73	19.44	26.25
111	53.59	13.58	31.95	111	49.31	22.04	28.13
113	50.59	18.98	29.34	113	48.12	20.22	27.09
115	53.17	17.34	31.1	115	48.67	22.23	27.31
117	50.59	17.91	29.26	117	49.07	22.2	26.86
119	48.95	18.8	27.99	119	47.53	19.06	26.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ข้อมูลคุณภาพด้านสีของแคโรทีนจากคอกอยคำ ให้ความร้อนที่ 100 °C

rep 1				rep 2			
time(min)	L	a	b	time(min)	L	a	b
0	53.19	24.75	26.47	0	54.57	29.63	28.2
1	51.12	25.15	26.3	1	49.74	27.37	26.06
3	50.31	26.88	27.35	3	49.97	23.96	26.81
5	50.22	22.77	27.81	5	48.95	20.64	26.18
7	48.98	18.71	27.31	7	48.91	22.58	26.63
9	49.77	18.09	28.13	9	50.6	19.81	27.6
11	47.68	17.23	25.75	11	49.7	16.84	27.36
13	47.37	17.04	26.05	13	48.74	16.85	27.31
15	49.78	17.79	28.37	15	50.39	17.4	28.7
17	46.73	18.02	25.21	17	48.27	16.64	26.72
19	49.43	15.55	27.89	19	49.83	13.39	27.51
21	48.13	15.17	26.88	21	50.55	16.37	28.82
23	48.5	15.49	27.26	23	48.42	15.3	26.98
25	48.6	11.42	26.91	25	48.1	17.29	26.22
27	48.02	13.22	26.41	27	48.37	14.42	26.71
29	48.33	12.68	27.16	29	48.48	18.67	27.25
31	49.79	15.43	28.55	31	47.09	13.7	24.86
33	48.22	13.36	26.59	33	50.27	18.88	28.59
35	47.41	18.86	26.47	35	49.53	15.61	27.98
37	48.87	16.51	27.71	37	50.03	13.52	28.47
39	49.88	16.36	28.73	39	49.52	17.84	27.87
41	46.78	12.18	25.89	41	49.52	15.1	28.05
43	48.95	13.29	27.69	43	50.69	13.23	29.02
45	50.59	17.05	29.39	45	47.67	14.46	26.41
47	48.91	17.22	27.74	47	46.72	15.95	25.41
49	48.95	15.05	27.64	49	51.58	16.19	29.77
51	47.95	12.68	26.94	51	49.11	18.35	27.93
53	48.68	15.39	27.45	53	48.22	14.11	26.22
55	48.05	13.83	26.32	55	50.64	20.36	28.9
57	47.62	14.76	26.74	57	48.87	16.92	27.77
59	49.03	16	27.47	59	51.41	15.62	29.57
61	52.39	16.72	30.04	61	44.57	12.29	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

- ค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่อุณหภูมิต่างๆ โดยวิธีวิเคราะห์จากความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

อุณหภูมิ (°ซ)	Rep1		Rep2	
	ค่า k (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	ค่า k (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
เครื่องพ่นน้ำเข้า				
60	k <sub>1</sub> = 0.1949 (0-9) k <sub>2</sub> = 0.0005 (9-∞)	0.6326 0.1747	k <sub>1</sub> = 0.1813 (0-9) k <sub>2</sub> = 0.0006 (9-∞)	0.8561 0.2449
70	k <sub>1</sub> = 0.2217 (0-7) k <sub>2</sub> = 0.001 (7-∞)	0.7168 0.365	k <sub>1</sub> = 0.2309 (0-7) k <sub>2</sub> = 0.0012 (7-∞)	0.8877 0.4219
80	0.0134	0.7405	0.0102	0.7426
90	0.0218	0.6853	0.024	0.7035
100	0.0503	0.4913	0.0472	0.8555
เครื่องพ่นคู่ค้อยค่า				
60	k <sub>1</sub> = 0.0298 (0-41) k <sub>2</sub> = 0.0003 (41-∞)	0.5634 0.2055	k <sub>1</sub> = 0.0288 (0-41) k <sub>2</sub> = 0.0004 (41-∞)	0.6167 0.198
70	k <sub>1</sub> = 0.1097 (0-13) k <sub>2</sub> = 0.0009 (13-∞)	0.5419 0.4958	k <sub>1</sub> = 0.1157 (0-13) k <sub>2</sub> = 0.001 (13-∞)	0.5595 0.4480
80	0.0113	0.4685	0.0063	0.8691
90	0.0183	0.8129	0.0185	0.7665
100	0.0395	0.7154	0.0368	0.8042

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่อุณหภูมิ 60 และ 70°ซ โดยวิธีวิเคราะห์แบบ fractional conversion model

อุณหภูมิ (°ซ)	Rep1			Rep2		
	ค่า k (min <sup>-1</sup> )	F <sub>∞</sub>	R <sup>2</sup>	ค่า k (min <sup>-1</sup> )	F <sub>∞</sub>	R <sup>2</sup>
เครื่องพ่นน้ำเข้า						
60	0.5260	2439.5136	0.81646	0.3322	2186.1186	0.8599
70	0.5471	2209.4664	0.87663	0.5480	2160.6622	0.8518
เครื่องพ่นคู่ค้อยค่า						
60	0.0912	4139.0613	0.92064	0.0899	4516.6139	0.7994
70	0.4448	3081.0007	0.83545	0.43568	3036.499	0.8476

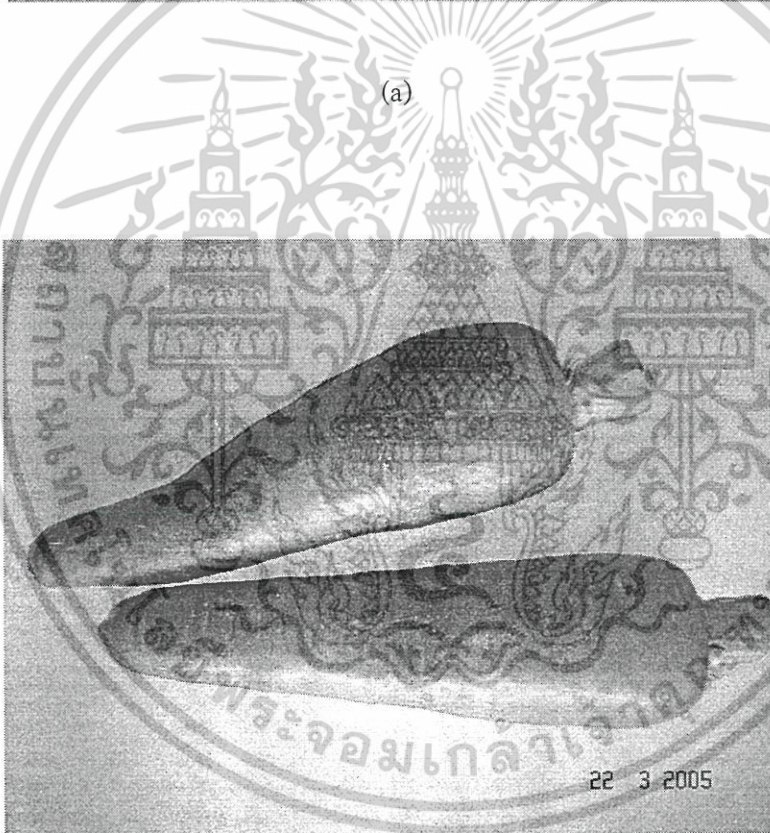
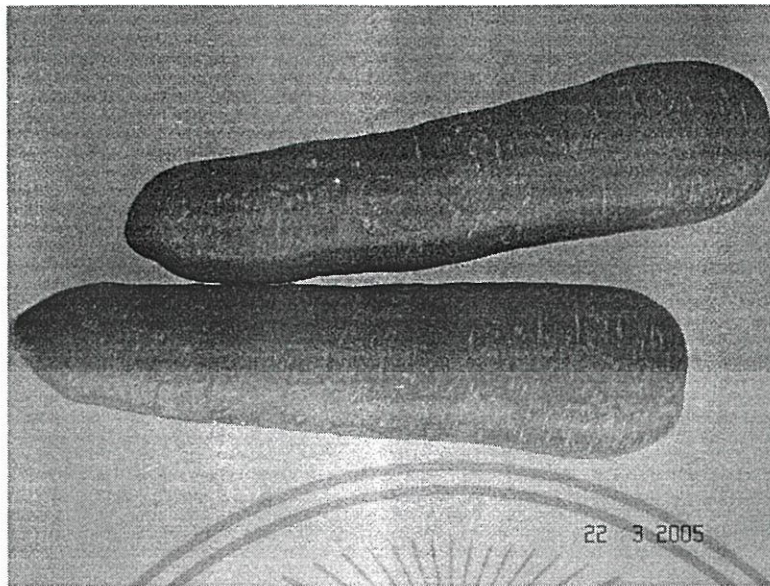
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

- ภาพแสดงวัตถุศิลปะและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



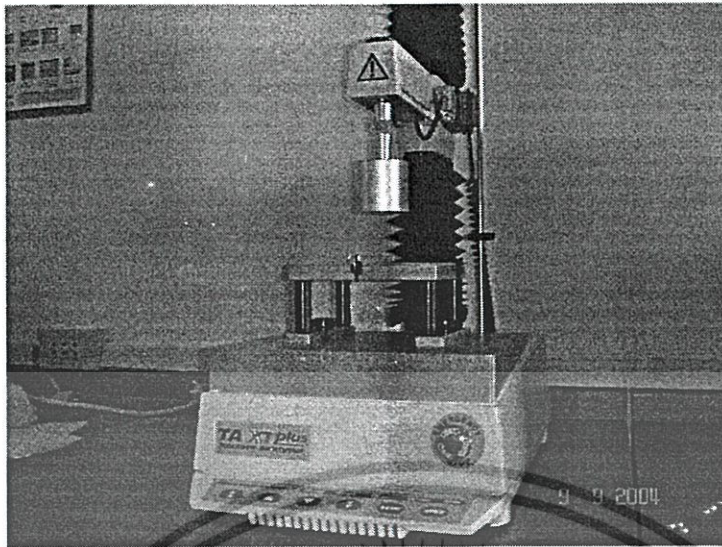
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูป ง.1 แครอทที่นำมาใช้ในการทดลอง (a) แครอทพันธุ์ทางการค้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ;  
(b) แครอทพันธุ์ทางการค้าที่ปลูกในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

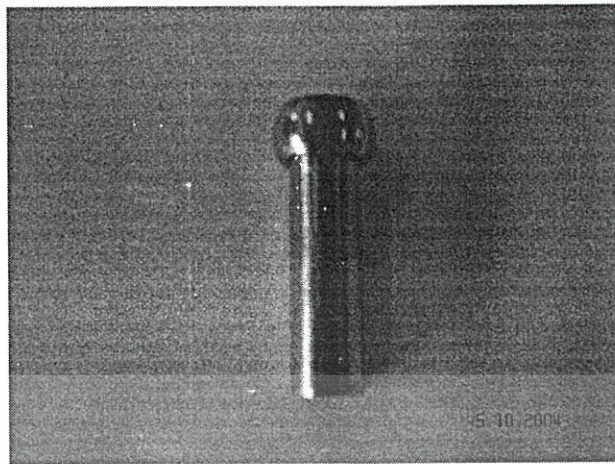


รูปที่ ง.2 เครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส(TA-XTplus, Stable Micro System, UK)

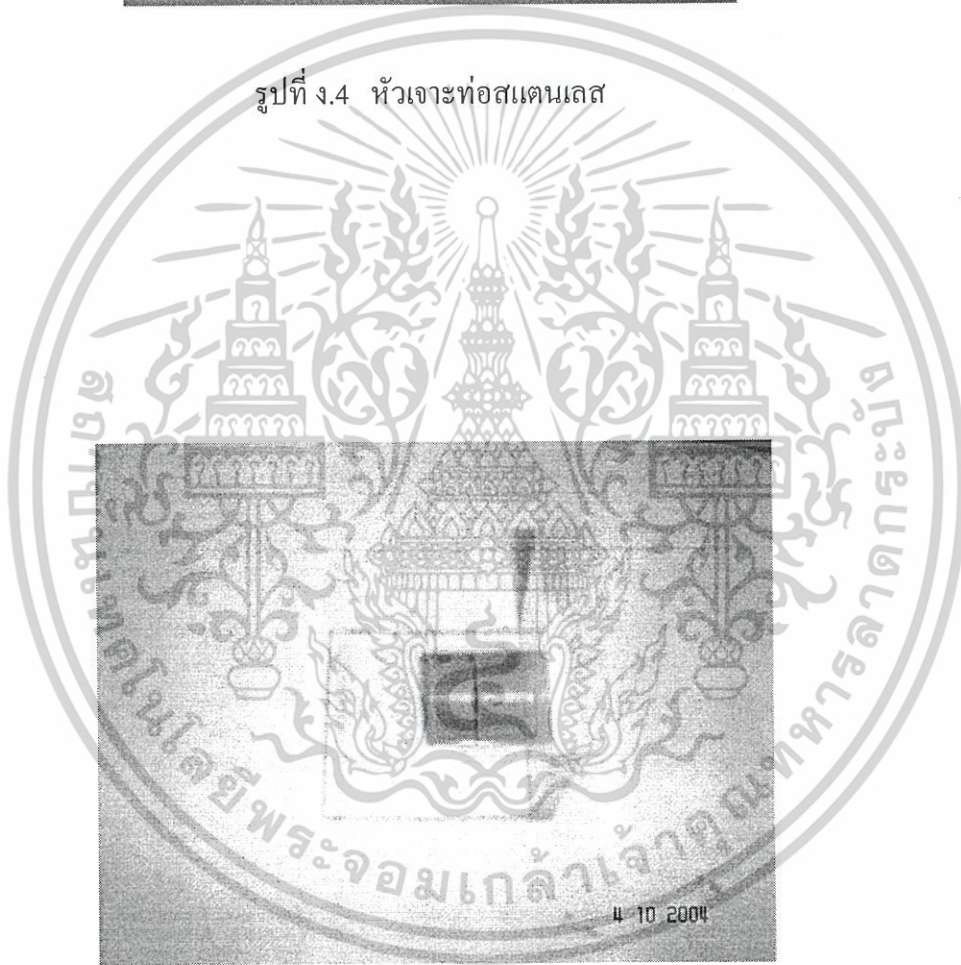


รูปที่ ง.3 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ(Memmert, รุ่น W 350, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

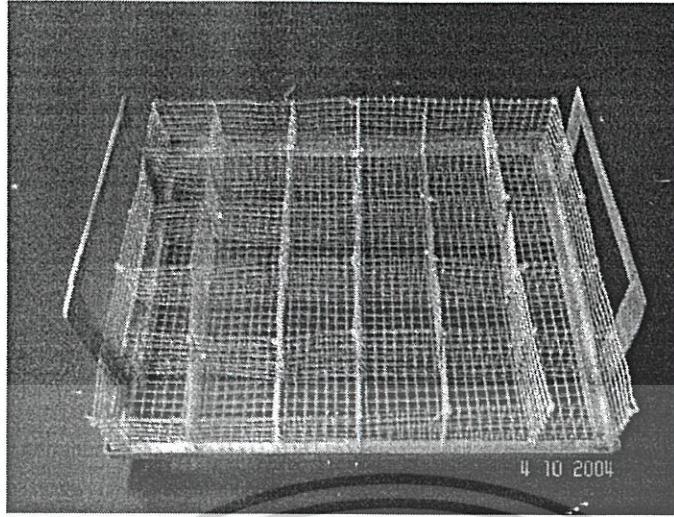


รูปที่ ง.4 หัวเจาะทอสแตนเลส



รูปที่ ง.5 อุปกรณ์สำหรับตัดชิ้นตัวอย่างแคโรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.6 ตะแกรงสำหรับใส่ตัวอย่างชิ้นแครอท



รูปที่ ง.7 ชิ้นตัวอย่างแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

- ค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ความร้อนในฝักรูปต่าง ๆ
- ค่าคุณสมบัติความร้อนของแกรอท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ความร้อนในผักชนิดต่าง ๆ

ชนิดของผัก	ชนิดของปัจจัยที่ศึกษา	อุณหภูมิ ( °C )	k ( min ) <sup>-1</sup>	E <sub>a</sub> ( kJ/mol )	D ( min )	Z ( °C )	Reference
หน่อไม้ฝรั่ง	peroxidase	76-100	-	101.80	D <sub>(100°C)</sub> = 0.783	24.45	Garrote et al., 1995
บร็อคโคลี่	peroxidase	76-100	-	104.6	D <sub>(100°C)</sub> = 0.616	24.45	Garrote et al., 1995
ถั่วเขียว	lipoxygenase isoenzyme	100	k <sub>R(100°C)</sub> = 1.8408	Ea <sub>R</sub> = 196.13	-	-	Günes and Bayindirh, 1993
horseradish	- Labile peroxidase isoenzyme	100	k <sub>L(100°C)</sub> = 21.756	Ea <sub>L</sub> = 141.45	-	-	Ling and Lund., 1978
	- Resistant peroxidase isoenzyme	100	k <sub>R(100°C)</sub> = 0.22902	Ea <sub>R</sub> = 88.3	-	-	
ข้าวโพดหวาน	peroxidase	80-100	k <sub>(100°C)</sub> = 1.332	79.5	-	-	Luna et al., 1986

หมายเหตุ k<sub>L</sub> คือ reaction rate constant of labile peroxidase (min<sup>-1</sup>), k<sub>R</sub> คือ reaction rate constant of resistant peroxidase (min<sup>-1</sup>), Ea<sub>L</sub> คือ activation energy of labile peroxidase (kJ mol<sup>-1</sup>), Ea<sub>R</sub> คือ activation energy of resistant peroxidase (kJ mol<sup>-1</sup>)

ตารางที่ ๑.2 แสดงค่าคุณสมบัติทางความร้อนของแครอท

ชนิดของผัก	คุณสมบัติทางความร้อน					Reference
	$\alpha$ ( m <sup>2</sup> /s )	k ( w/m.K )	$\rho$ ( kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> ( J/kg.K )	h ( w/m <sup>2</sup> .K )	
แครอท	1.94 x10 <sup>-7</sup>	0.77	-	-	800	Chang and Toledo., 1990
แครอท ( <i>Daucus carota</i> L. Cv. Nerac )	-	-	1,154	3,736	-	Siebel, 1918
แครอท	-	0.615	-	-	-	Garrote et al., 2001
แครอท	-	-	640	-	-	Lewis, 1987