บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของอุณหภูมิสูงต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไย

1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่เปลือก

เมื่อนำผลลำไยพันธุ์ดอแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 ± 1 และ 50 ± 1 องศาเซลเซียสนาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 29 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5%) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเปลือกผลลำไยมาสกัดโปรตีนด้วยสารละลาย extraction buffer ซึ่งประกอบด้วย [SDS 1.5% (w/v) ที่มี 2-mercaptoethanol 10% (w/v) และ Tris-HCl buffer 0.5 โมลาร์ พีเอช 7.5] ในอัตราส่วนน้ำหนักเปลือกผลลำไยสดต่อปริมาตร extraction buffer เป็น 1:2 น้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำสารสกัดหยาบที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายได้โดยวิธี dye binding (Caprette, 1997) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตรแล้วคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยเปรียบเทียบจากกราฟโปรตีนมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า การใช้ความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเปลือกผลลำไย เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 4)

เปลือกผลลำไยพันธุ์ดอในแต่ละกรรมวิธีมีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ผันแปรอยู่ระหว่าง 5.90-6.69 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด โดยพบว่าเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คือมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 6.33 และ 6.24 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ส่วนผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 20, 10, 30, 25, 5 และ 15 นาที มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันคือ เท่ากับ 6.69, 6.50, 6.49, 6.07, 6.04 และ 5.90 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย เท่ากับ 6.24 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 5) ผลการวัดปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยสดพันธุ์ Shixia ของจีน ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี dye binding เช่นกันมีค่าเท่ากับ 11.50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Jiang, 1999) และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้และกรดอะมิโนอิสระ (soluble protein and free amino acid content)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 ปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไย และระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักสด)
40 °ซ นาน 5 นาที	6.47
40 °ซ นาน 10 นาที	6.52
40 °ซ นาน 15 นาที	5.82
40 °ซ นาน 20 นาที	6.95
40 °ซ นาน 25 นาที	6.03
40 °ซ นาน 30 นาที	6.15
50 °ซ นาน 5 นาที	5.61
50 °ซ นาน 10 นาที	6.44
50 °ซ นาน 15 นาที	5.99
50 °ซ นาน 20 นาที	6.44
50 °ซ นาน 25 นาที	6.11
50 °ซ นาน 30 นาที	6.84
ชุดควบคุม	6.24
C.V. (%)	10.68

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักสด)
40 °ซ	6.33
50 °ซ	6.24
C.V. (%)	11.00
เวลา (ปัจจัย B)	**ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักสด)**
5 นาที	6.04
10 นาที	6.50
15 นาที	5.90
20 นาที	6.69
25 นาที	6.07
30 นาที	6.49
C.V. (%)	10.59
ชุดควบคุม	6.24
A	ns
B	ns
A X B	ns

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

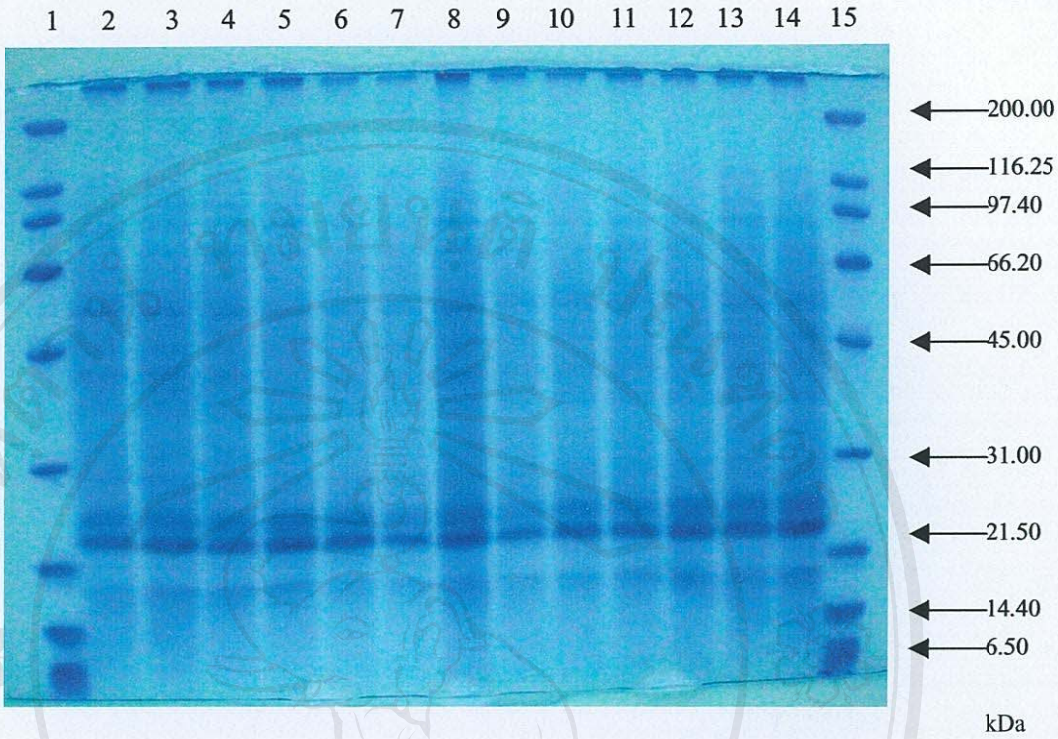
ของผล cherimoya เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่า มีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้และกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้นถึง 2.20 และ 1.60 เท่า ตามลำดับ โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนที่ละลายได้และกรดอะมิโนอิสระมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ proteolytic ที่เป็นผลทำให้ผล cherimoya แสดงอาการสะท้านหนาวในระหว่างการเก็บรักษา (Montero *et al.*, 1995) นอกจากนี้เมื่อวัดอัตราการสังเคราะห์โปรตีนโดยใช้กรดอะมิโน [^{35}S] methionine ที่ส่วน pericarp ของผลมะเขือเทศโดยใช้วิธีตกตะกอนด้วยกรดไตรคลอโรอะซีติก (TCA – precipition) พบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 4 และ 12 ชั่วโมง มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนเท่ากับ 3,300 และ 20,100 หน่วย/นาที ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุมที่มีปริมาณการสังเคราะห์โปรตีนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 12 ชั่วโมง เท่ากับ 6,560 และ 48,300 หน่วย/นาที ตามลำดับ การที่ mRNA ปกติมีการสังเคราะห์โปรตีนลดลงอาจเป็นการตอบสนองของพืชเนื่องมาจากการได้รับความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูง (Lurie and Klein, 1991)

1.2 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือก

ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่ละลายได้ในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอถูกนำมาแยกและหารูปแบบของแถบโปรตีนโดยวิธี SDS-PAGE ที่มีความเข้มข้นของ acrylamide เท่ากับ 10% ระบบบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการทดลองคือ สารละลาย Tris-HCl บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.0083 โมลาร์ พีเอช 8.3 ที่มีไกลซีน 0.192 โมลาร์ และ SDS 0.1% (Laemmli, 1970) ซึ่งสามารถสังเกตแถบของโปรตีนที่แยกได้แต่ละแถบจากแถบสีน้ำเงินที่เกิดจากการย้อมสีของโปรตีนโดยใช้สารละลาย coomassie brilliant blue R-250 ความเข้มข้น 0.1% ที่มี methanol 50% และ acetic acid 10% ดังภาพที่ 12

เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนโดยการสังเกตแถบของโปรตีนแต่ละแถบด้วยตาเปล่า พบว่า มีแถบของโปรตีนที่เห็นได้ชัดเจน 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี ซึ่งเมื่อนำค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของโปรตีนจากเปลือกผลลำไยไปอ่านค่าหาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนจากกราฟมาตรฐาน พบว่า น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนทั้ง 18 แถบ มีค่าประมาณ 141.25, 123.03, 107.15, 93.32, 83.18, 77.62, 60.25, 52.48, 43.65, 41.69, 38.02, 36.31, 33.11, 26.54, 23.50, 19.50, 17.38 และ 13.80 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 23.50 กิโลดาลตัน รองลงไปคือ แถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 26.54 กิโลดาลตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 6 ; ภาพที่ 12) และเมื่อนำแผ่นเจลจากการทำอิเล็กโตรโฟรีซิสของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 12 รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน
ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม
ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที
ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 12 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนไปถ่ายภาพ และวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนแผ่นเจล ดังแสดงในภาพที่ 13 และ 14 (A-O) พบว่า ชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 3 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุล 59.35, 54.78 และ 23.83 กิโลดาลตัน การแช่ผลลำไยในน้ำร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ กัน พบว่า ผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนมีแถบโปรตีนหลักเป็นจำนวนมากกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนดังตารางที่ 6 ส่วนแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 50.00-58.00 และ 20.00-24.00 กิโลดาลตันพบว่า มีปรากฏอยู่ในทุกกรรมวิธี นอกจากนี้รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน 7.91 กิโลดาลตันซึ่งแตกต่างจากทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 6) น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่ได้รับความร้อนมีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับที่พบในพืชชนิดอื่น คือ ในส่วน mesocarp tissue ของผลอะโวกาโดพันธุ์ "Hass" ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 22-44 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 30-240 นาทีแล้วนำมาสกัดและแยกโปรตีนโดยวิธี SDS-PAGE พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่กระตุ้นให้มีการสังเคราะห์ HSPs อยู่ในระดับของอุณหภูมิที่สูงกว่า 26 องศาเซลเซียส โดยโปรตีนที่พบมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 92.00, 82.00, 74.00, 55.00, 42.50 และ 20.00 กิโลดาลตัน การสังเคราะห์ HSPs ของผลอะโวกาโดพันธุ์ "Hass" เพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดยที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสมีการสังเคราะห์ HSPs มากที่สุด หลังจากนั้นลดลงและไม่พบว่ามีการสังเคราะห์ HSPs ที่อุณหภูมิสูงกว่า 44 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ HSPs จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 34-38 องศาเซลเซียส ส่วนระยะเวลาที่กระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ HSPs เพิ่มมากขึ้นที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส คือระยะเวลา 30-120 นาที (Florissen *et al.*, 1996)

ผลการศึกษาของ Sabehat *et al.* (1996) พบว่าผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง มีรูปแบบของแถบโปรตีนที่ย้อมสีด้วย coomassie blue เหมือนกันกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อนซึ่งตรงกันกับผลการทดลองในครั้งนี้ ส่วนผลมะละกอที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง มีการสังเคราะห์โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 70.00, 30.00, 20.00 และ 19.00 กิโลดาลตันเพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 117.00, 38.00, 25.00, 24.00, 22.00, 16.00 และ 14.00 กิโลดาลตัน ที่พบในผลมะละกอชุดควบคุมลดลง แต่การได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง ไม่พบแถบโปรตีนดังกล่าว (Paull and Chen, 1990) ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับที่พบในผลแอปเปิลเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน โปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ที่ปรากฏแถบบนเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คือ 92.00 และ 68.00 กิโลดาลตัน และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำหนักโมเลกุลต่ำ คือ 22.00-14.00 กิโลดาลตัน เรียงกันอยู่ในลำดับของ HSPs (Lurie and Klein, 1990) และการเก็บรักษาพริกหวานที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงแล้วย้ายมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามีแถบโปรตีนปรากฏเพิ่มขึ้น 2 แถบบนเจลที่แยกโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส ซึ่งไม่พบในผลพริกหวานที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา อีกทั้งยังสามารถช่วยลดอาการยุบตัวลงของผิวพริกหวานได้ (Mencarelli *et al.*, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ เมื่อวิเคราะห์รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยโดยใช้เครื่อง Gel Document พบว่าในกรรมวิธีที่ผลลำไยได้รับความร้อนมีแถบโปรตีนหลักเป็นจำนวนมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อนโดยเฉพาะโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เชื่อว่า HSPs ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่จากการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูง (Paull and Chen, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาทีแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	141.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	123.03	-	-	125.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	107.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	93.32	-	-	-	-	-	-	90.17	-	-	94.93	-	-	-
5	83.18	-	-	-	-	-	87.94	-	-	-	-	-	-	-
6	77.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.67	-	-
7	60.25	59.35	-	-	-	67.78	61.49	-	63.77	-	-	-	59.55	-
8	52.48	54.78	53.58	53.17	53.93	53.49	53.04	54.78	54.52	54.47	54.43	55.23	55.21	55.20
9	43.65	-	46.65	-	45.57	-	-	45.67	47.31	47.59	-	-	-	46.74
10	41.69	-	-	-	41.13	-	-	41.37	-	-	-	-	42.23	41.99
11	38.02	-	38.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	36.31	-	-	-	-	-	34.32	-	-	-	-	-	-	-
13	33.11	-	-	29.06	-	-	-	28.43	28.01	-	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

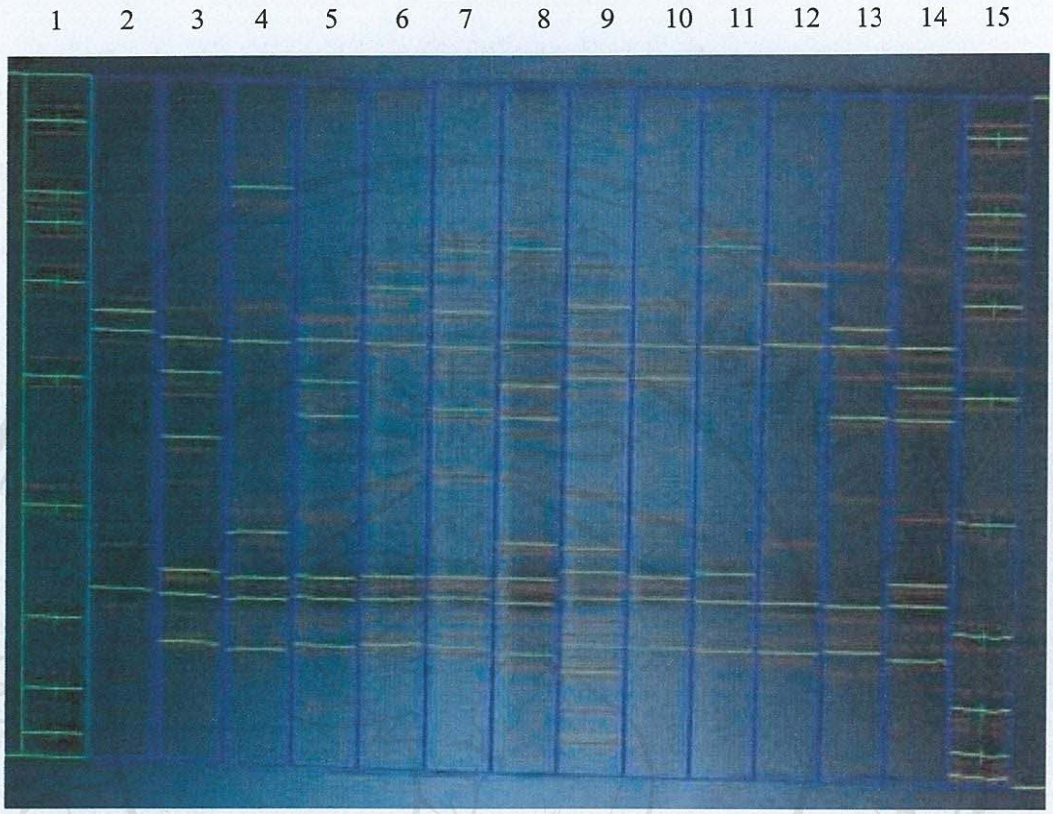
ตารางที่ 6 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	27.54	-	25.50	25.04	25.14	25.36	25.43	25.33	25.98	25.60	25.98	-	-	25.30
15	20.89	23.83	23.54	23.38	23.47	23.54	23.73	23.37	23.82	23.88	23.68	23.64	23.47	23.60
16	19.50	-	19.28	18.69	19.19	19.48	19.37	18.69	19.68	19.57	19.29	19.23	19.38	18.64
17	17.38	-	-	-	-	-	-	-	17.34	-	-	-	-	-
18	13.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	7.91	-	-	-	-	-

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 140.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 120.00-130.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 100.00-110.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 90.00-95.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 80.00-89.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 70.00-79.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 59.00-69.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 50.00-58.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 43.00-49.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 40.00-42.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 38.00-39.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 34.00-37.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 28.00-33.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 25.00-27.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 20.00-24.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 18.00-20.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 16.00-17.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 13.00-14.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 19 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 10.00 กิโลดาลตัน

เลขหมู่ 634.714 ส373ผ
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



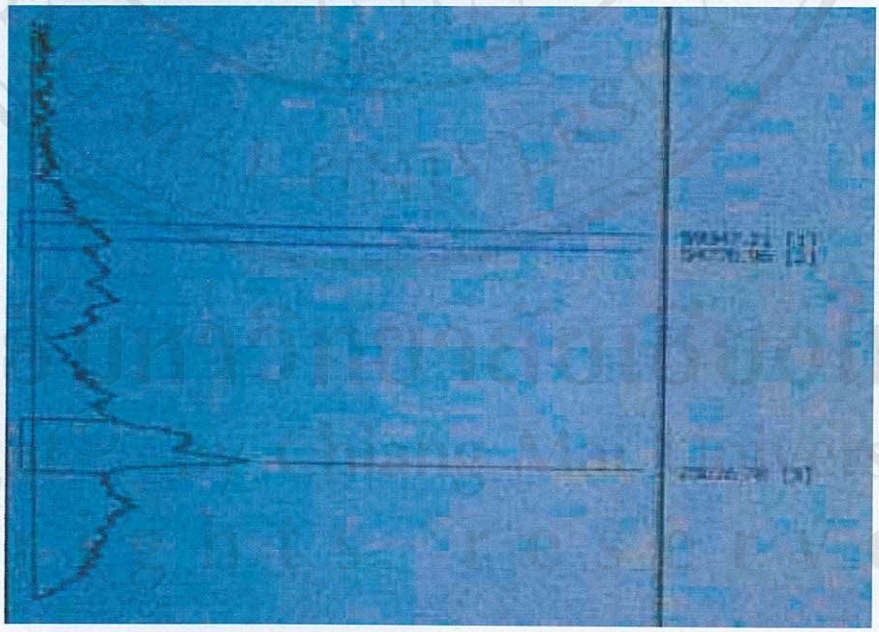
ภาพที่ 13 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งวิเคราะห์โดยเครื่อง Gel Document**

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน
ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม
ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที
ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

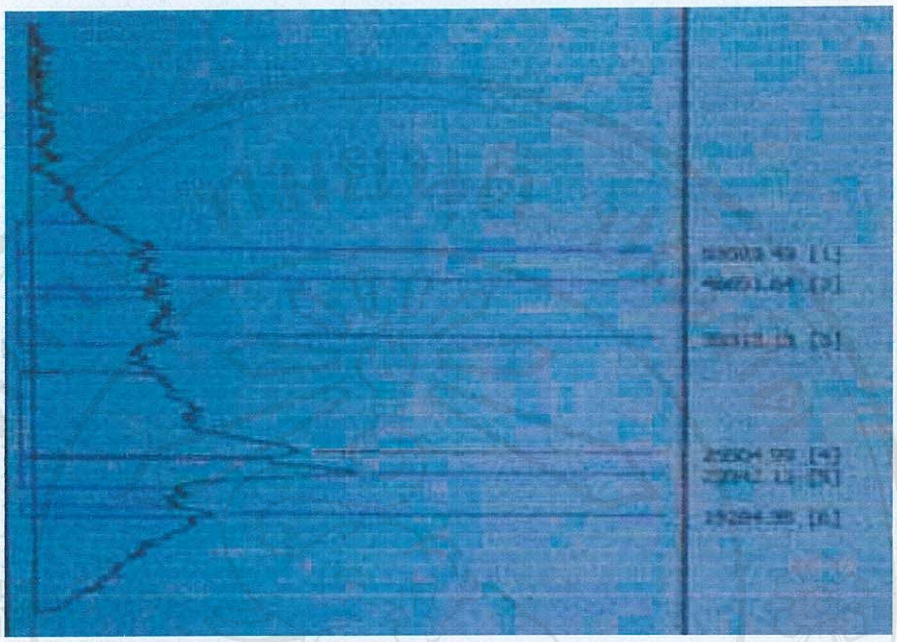
ภาพที่ 14 แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งวิเคราะห์โดยเครื่อง Gel Document

A. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน



B. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม

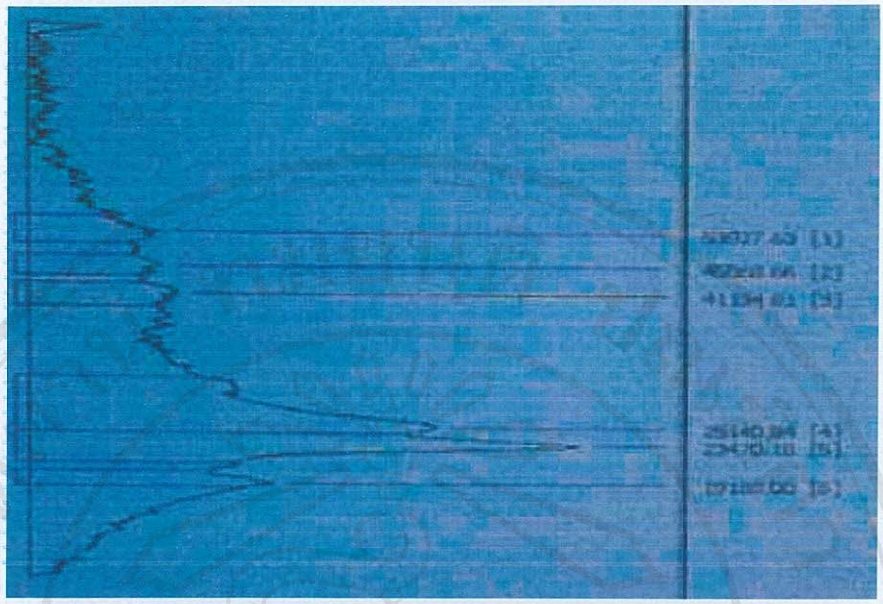
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



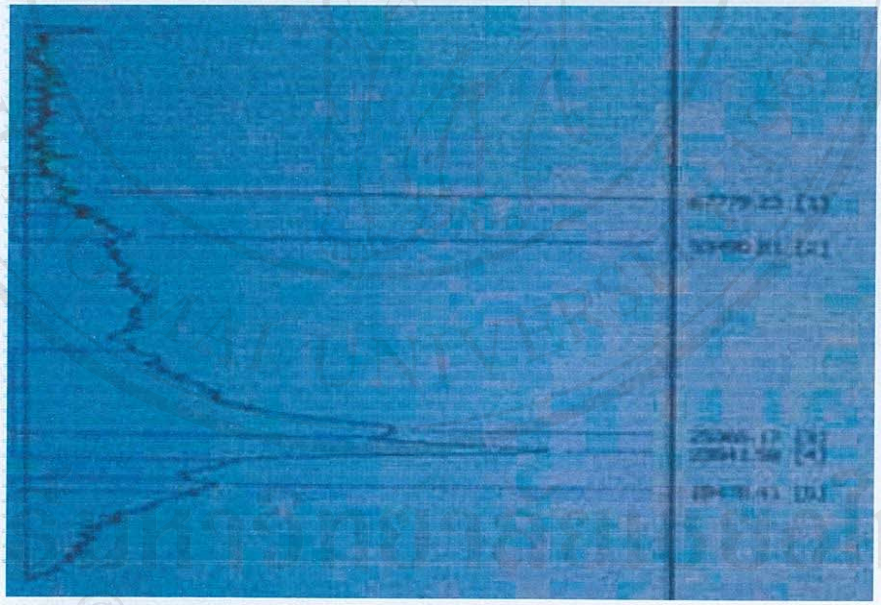
C. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที

D. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

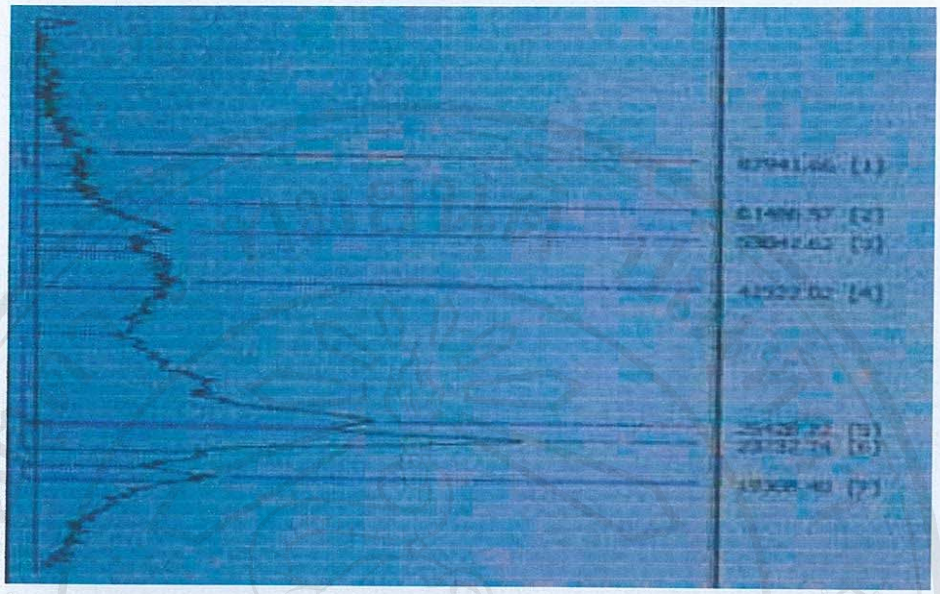


E. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที

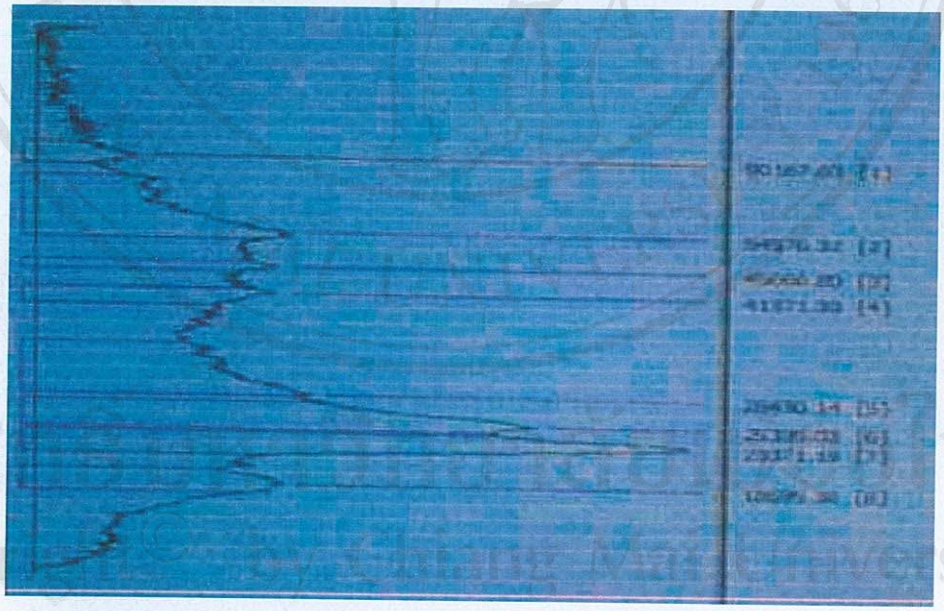


F. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

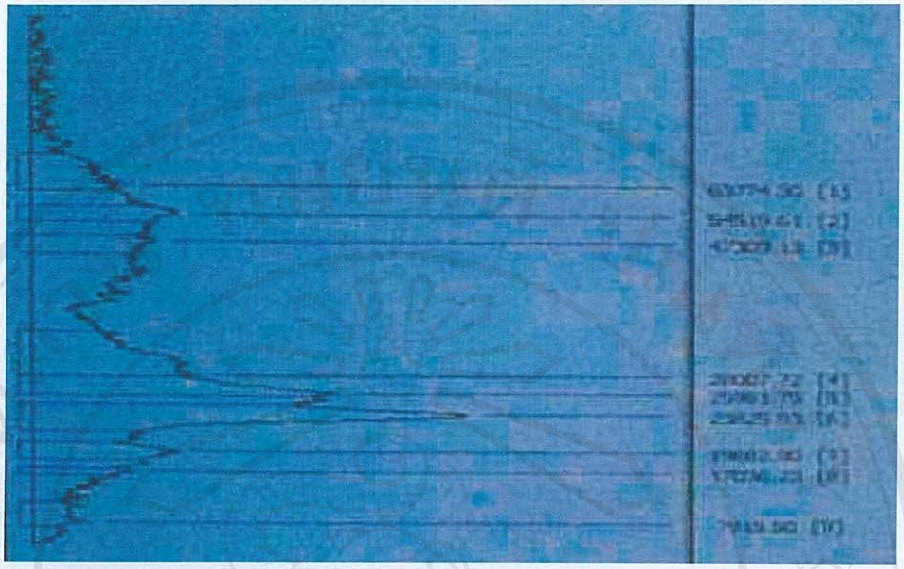


G. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที

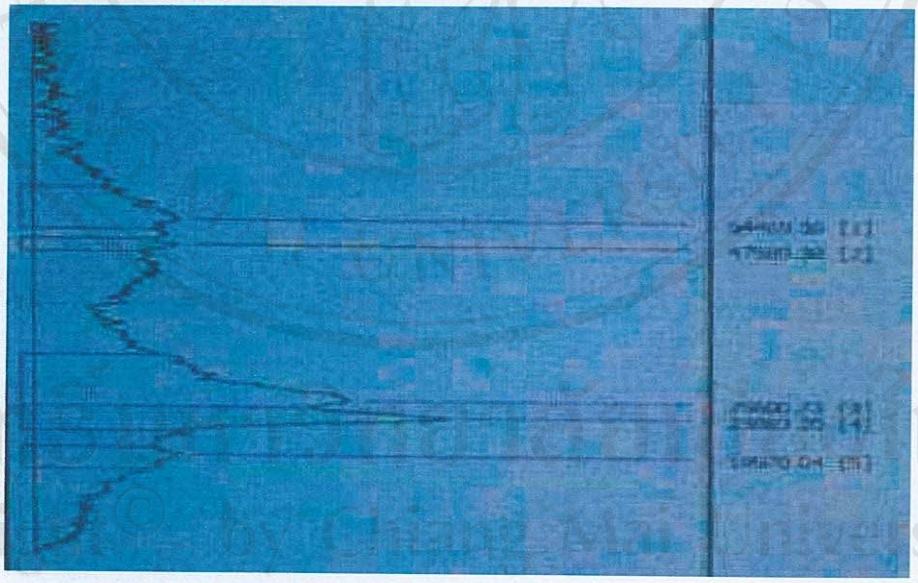


H. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

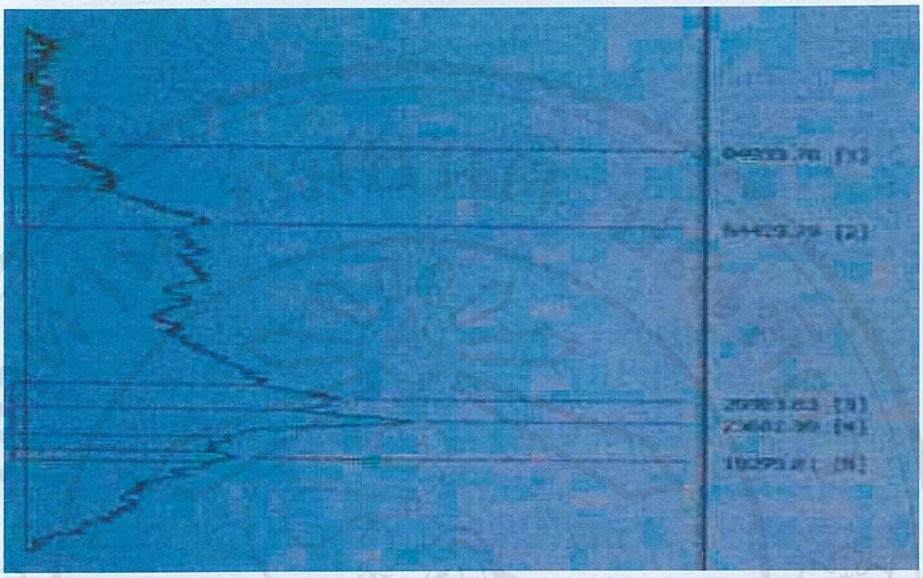


I. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที

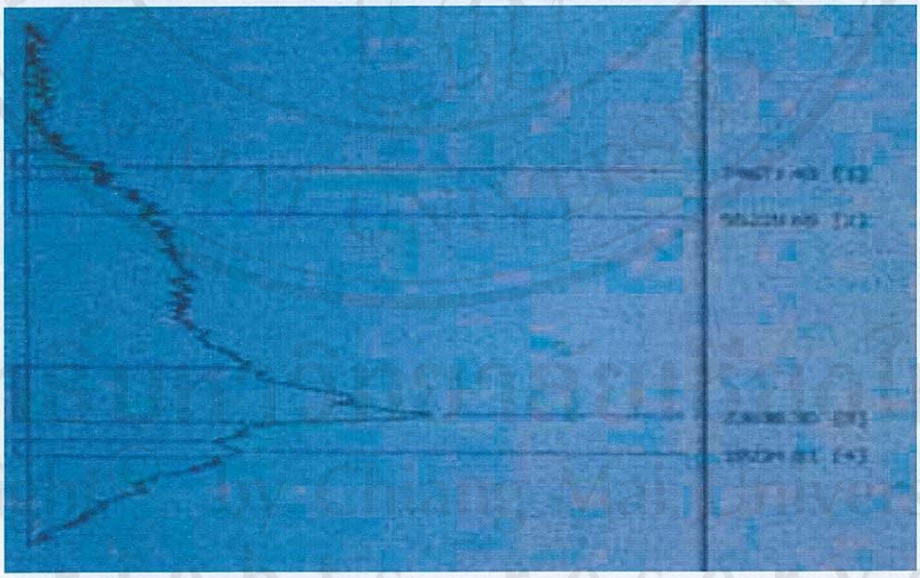


J. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

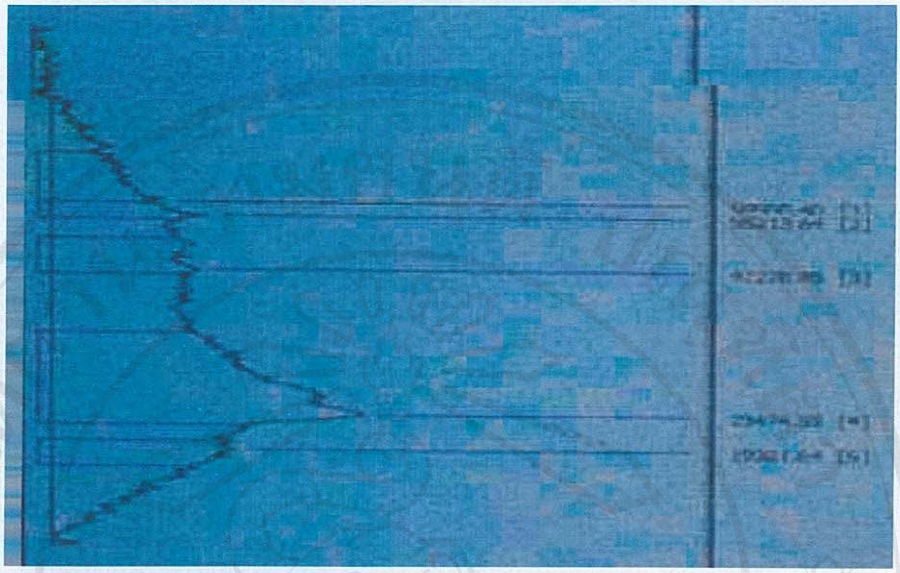


K. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที

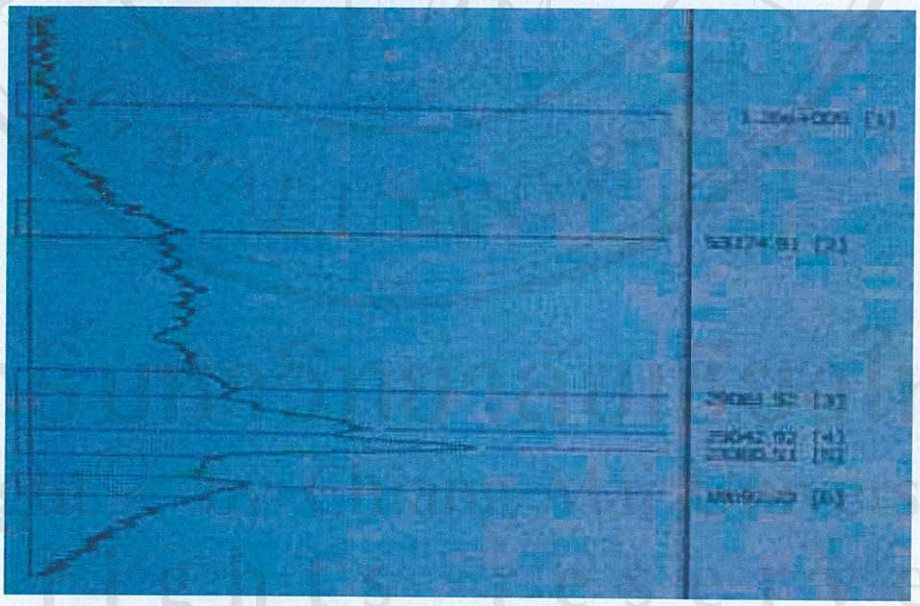


L. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



M. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที



N. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

O. แผนภาพรูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิสูงต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจนเกิดอาการสะท้านหนาว

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่เปลือก

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเปลือกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 ± 1 และ 50 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที กับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 12 วัน ผลการทดลองพบว่า ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาปริมาณของชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 9.21 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 25 และ 30 นาที และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10 และ 25 นาที คือมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 7.37, 7.01, 7.17, 6.97 และ 7.18 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ($P < 0.01$) การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3.41-9.21 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนหมดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 7 ; ภาพที่ 15)

ในตารางที่ 8 แสดงให้เห็นถึงผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเปลือกผลลำไย โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีนมากกว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 3.90 และ 3.73 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 5 นาที พบว่ามีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 15 นาที คือมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 4.14 และ 3.89 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30, 25, 20 และ 10 นาที มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือมีเท่ากับ 3.79, 3.76, 3.69 และ 3.63 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ต่อมาเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วันผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสมีปริมาณโปรตีนมากกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คือ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 4.61 และ 4.06 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ($P = 0.02$) ส่วนผลของระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเปลือกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยมีปฏิสัมพันธ์กันเฉพาะวันที่ 2, 6 และ 12 ของการเก็บรักษาที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P = 0.01$, $P < 0.01$ และ $P = 0.04$ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีความสำคัญในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ซึ่งโดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบมากถึงประมาณครึ่งของน้ำหนักแห้ง โปรตีนสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง ได้แก่ เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของเซลล์ และเป็นเอนไซม์ทำหน้าที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ ซึ่งกระบวนการทางชีวเคมีเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์ซึ่งเป็นสารโปรตีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสิ้น (ไพโรจน์, 2538) การที่พบว่าปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น จึงอาจมีความสัมพันธ์กับการที่สีเปลือกของผลลำไยมีสีคล้ำลง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การที่สีผิวของผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อนำผลลำไยมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ อาจเนื่องจากการสูญเสียน้ำ การได้รับความเครียดเนื่องจากได้รับอุณหภูมิสูงก่อนการเก็บรักษา การสะท้านหนาวและการเสื่อมสภาพ ซึ่งเชื่อว่าการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เช่น การออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) เอนไซม์นี้จะถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมมากขึ้นเมื่อผลลำไยสูญเสียน้ำ หากลดการสูญเสียน้ำที่เปลือกจะช่วยให้ผลลำไยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้าลงได้ (Jiang *et al.*, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ที่ผลลำไยมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการสูญเสียน้ำจึงส่งผลทำให้ผิวของผลมีสีคล้ำลง ซึ่ง Jiang (1999) ได้สกัดแยกเอนไซม์ PPO ออกมาจากเปลือกของผลลำไยพันธุ์ Shixia และทำให้บริสุทธิ์ พบว่าเอนไซม์ PPO มีกิจกรรมดีที่สุดที่พีเอช 6.5 และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ค่อนข้างต่ำเมื่อเก็บเกี่ยวผลลำไย และลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 7 วันแรก และเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับสูงสุดภายหลังการเก็บรักษานาน 30 วัน และหลังจากนั้นจึงลดลงอีกครั้ง ดังนั้นปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจมีเอนไซม์ PPO รวมอยู่ด้วยซึ่งส่งผลทำให้ผลลำไยมีผิวสีคล้ำลง เนื่องจากแสดงอาการสะท้านหนาว

เมื่อทราบปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยของแต่ละกรรมวิธีจากการทดลองในครั้งนี้ สามารถเป็นประโยชน์สำหรับการแยกและหารูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยที่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ละเอียดมากขึ้นในการทดลองลำดับต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักสด) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	4.13^{a}	3.86	4.63^{abc}	7.51	7.54^{ab}	6.25
40 °ซ นาน 10 นาที	3.54^{ab}	4.34	4.68^{abc}	7.55	8.26^{ab}	6.48
40 °ซ นาน 15 นาที	3.78^{ab}	3.84	4.17^{abc}	7.62	8.07^{ab}	7.01
40 °ซ นาน 20 นาที	3.41^{b}	4.41	5.07^{ab}	7.80	7.94^{ab}	7.42
40 °ซ นาน 25 นาที	3.69^{ab}	3.75	3.98^{abc}	7.75	7.37^{b}	6.29
40 °ซ นาน 30 นาที	3.83^{ab}	4.01	5.15^{a}	6.99	7.01^{b}	6.33
50 °ซ นาน 5 นาที	4.15^{a}	3.62	4.24^{abc}	7.39	7.17^{b}	6.93
50 °ซ นาน 10 นาที	3.72^{ab}	3.86	3.84^{c}	7.82	6.97^{b}	7.02
50 °ซ นาน 15 นาที	4.00^{ab}	4.30	4.12^{abc}	7.72	7.46^{ab}	6.54
50 °ซ นาน 20 นาที	3.97^{ab}	4.11	3.96^{abc}	7.79	8.14^{ab}	6.04
50 °ซ นาน 25 นาที	3.83^{ab}	3.90	3.96^{abc}	7.92	7.18^{b}	6.25
50 °ซ นาน 30 นาที	3.76^{ab}	4.04	4.24^{abc}	7.53	8.29^{ab}	6.58
ชุดควบคุม	3.75^{ab}	3.78	4.53^{abc}	6.69	9.21^{a}	7.08
C.V. (%)	18.01	8.09	9.10	6.37	7.81	7.04

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 ปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

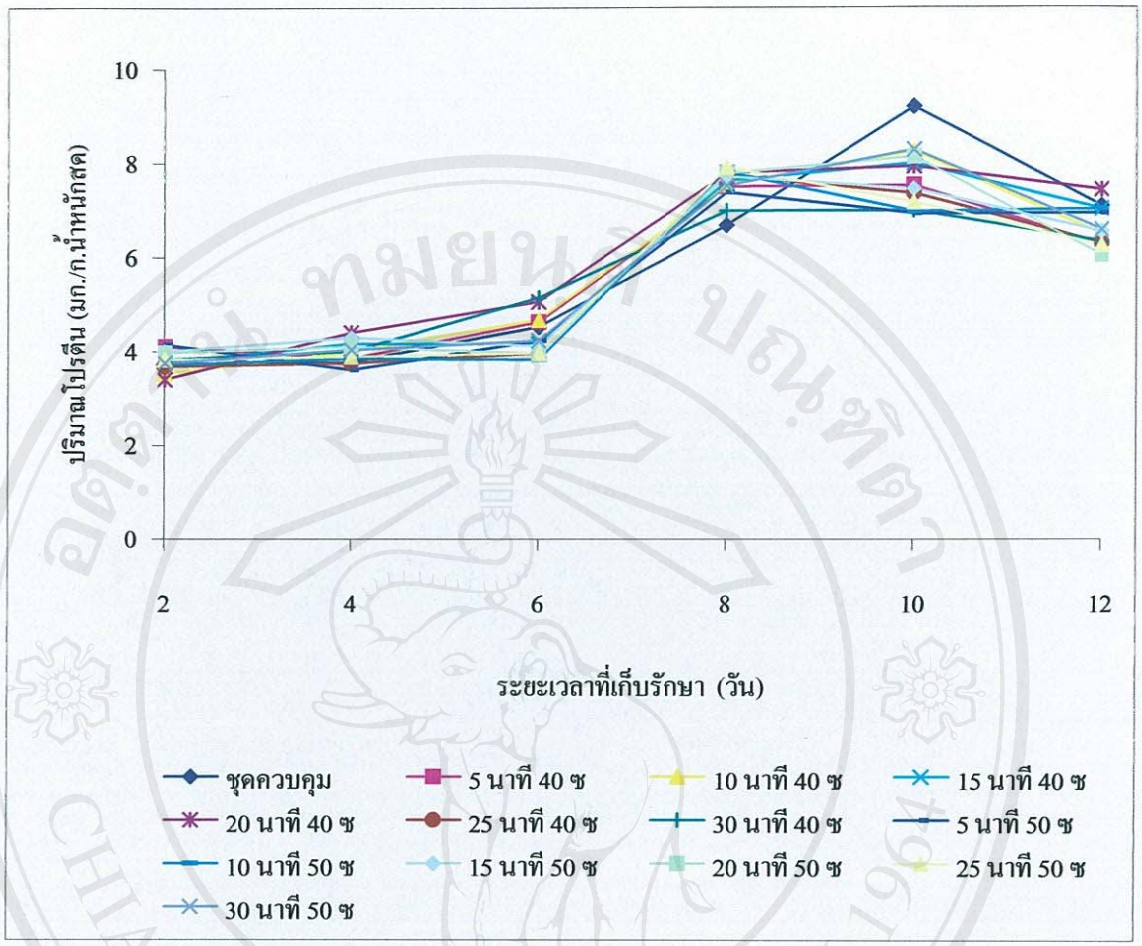
อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักสด) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	3.73[b]	4.03	4.61[a]	7.54	7.70	6.63
50 °ซ	3.90[a]	3.97	4.06[b]	7.69	7.54	6.56
C.V. (%)	7.14	9.04	11.03	6.29	9.37	8.59
เวลา (ปัจจัย B)	**ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักสด) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**					
	2	4	6	8	10	12
5 นาที	4.14[a]	3.74	4.43	7.45	7.35	6.59
10 นาที	3.63[b]	4.10	4.26	7.69	7.62	6.75
15 นาที	3.89[ab]	4.07	4.15	7.67	7.76	6.78
20 นาที	3.69[b]	4.26	4.51	7.79	8.04	6.73
25 นาที	3.76[b]	3.83	3.97	7.83	7.27	6.27
30 นาที	3.79[b]	4.02	4.69	7.26	7.65	6.45
C.V. (%)	6.45	8.44	12.26	6.15	9.36	8.65
ชุดควบคุม	3.75	3.78	4.53	6.69	9.21	7.08
A	*	ns	*	ns	ns	ns
B	*	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	*	ns	*	ns	ns	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 15 **ปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือก

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไย เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยการสังเกตโปรตีนแต่ละแถบด้วยตาเปล่า พบว่า มีแถบโปรตีนทั้งหมด 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี ปรากฏอยู่บนแผ่นเจลที่แยกและหารูปแบบของแถบโปรตีนโดยวิธี SDS-PAGE เมื่อสกัดโปรตีนจากเปลือกผลลำไยมาวิเคราะห์ทุกๆ 2 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 16-21) ซึ่งสามารถอธิบายผลการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยได้ดังนี้ คือ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โปรตีนที่เปลือกของผลลำไยมีน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่ามีจำนวน 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี ซึ่งเมื่อนำค่าการเคลื่อนที่สัมพันธ์ของโปรตีนจากเปลือกผลลำไยไปอ่านค่าหาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนจากกราฟมาตรฐานพบว่า น้ำหนักโมเลกุลแถบโปรตีนทั้ง 18 แถบมีค่าประมาณ 128.82, 107.15, 100.00, 93.32, 89.12, 83.18, 66.07, 56.23, 52.48, 47.86, 45.71, 42.66, 39.81, 33.11, 25.12, 22.91, 21.38 และ 16.59 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 22.91 กิโลดาลตัน (ตารางที่ 9 ; ภาพที่ 16) และเมื่อนำแผ่นเจลจากการทำอิเล็กโตรโฟรีซิสของโปรตีนไปถ่ายภาพ และวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลักที่ปรากฏบนแผ่นเจล พบว่า เปลือกผลลำไยชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 4 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุล 105.94, 44.21, 24.18 และ 16.07 กิโลดาลตัน ตามลำดับ และรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10, 25 และ 30 นาที พบว่า มีแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนต่ำกว่า 15 กิโลดาลตัน คือ 13.28, 10.24, 14.67 และ 13.56 กิโลดาลตัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่แตกต่างจากแถบโปรตีนหลักของชุดควบคุมและแถบโปรตีนที่สังเกตเห็นได้ ส่วนแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 24.00-28.00 กิโลดาลตันปรากฏอยู่ในเปลือกผลลำไยจากทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 9)

วันที่ 4 ของการเก็บรักษาเมื่อวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า มีแถบโปรตีน 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธีโดยมีน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนประมาณ 128.82, 109.65, 95.50, 85.11, 79.43, 66.07, 52.48, 43.65, 38.90, 33.11, 28.18, 26.05, 23.10, 18.20, 15.49, 14.45, 10.71 และ 9.33 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 23.10 กิโลดาลตัน (ตารางที่ 10 ; ภาพที่ 17) การวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนที่วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Gel Document พบว่าชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 5 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 209.54, 195.84, 60.95, 37.97

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 16.89 กิโลดาลตัน ตามลำดับ และรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 201.00 กิโลดาลตัน คือ 209.54 กิโลดาลตันและแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 195.00-200.00 กิโลดาลตัน คือ 195.84 กิโลดาลตัน และรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 201.00 กิโลดาลตัน คือ 201.32 กิโลดาลตัน ซึ่งเป็นแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ปรากฏเฉพาะในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าที่เปลือกของผลลำไยมีการสังเคราะห์โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเกิดขึ้น อีกทั้งรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 5, 10 และ 15 นาทีมีแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 29.00-30.50 กิโลดาลตัน คือ 29.36, 29.03 และ 30.12 กิโลดาลตัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 10)

วันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่า แถบโปรตีนที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าบนแผ่นเจลมี 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี และเมื่อวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนทั้ง 18 แถบมีค่าประมาณ 128.82, 112.20, 107.15, 100.00, 89.12, 83.18, 64.56, 52.48, 45.71, 38.90, 32.36, 29.51, 25.70, 22.89, 19.95, 16.22, 14.45 และ 12.59 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 22.89 กิโลดาลตัน (ตารางที่ 11 ; ภาพที่ 18) ส่วนการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document พบว่าชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 6 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 87.53, 55.60, 45.23, 30.42, 24.20 และ 19.47 กิโลดาลตัน ตามลำดับ ซึ่งกรรมวิธีในการใช้น้ำอุณหภูมิสูงแช่ในผลลำไยกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยมีแถบโปรตีนหลักใกล้เคียงกับชุดควบคุม ส่วนแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 52.00-56.00 และ 24.00-26.50 กิโลดาลตันปรากฏอยู่ในทุกกรรมวิธี ซึ่งแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า 104.00 กิโลดาลตัน และน้ำหนักโมเลกุลต่ำน้อยกว่า 20.00 กิโลดาลตัน ไม่ปรากฏบนแผ่นเจลในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างจากแถบโปรตีนที่ปรากฏบนแผ่นเจลในวันอื่นๆ ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 11)

วันที่ 8 ของการเก็บรักษาน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่ามีแถบโปรตีน 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี คือมีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนประมาณ 125.89, 107.15, 97.72, 85.11, 77.62, 72.44, 61.66, 58.88, 53.70, 50.12, 39.81, 38.02, 26.30, 23.55, 19.50, 17.38, 13.80 และ 11.27 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 23.55 กิโลดาลตัน รองลงไปคือ แถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 26.30 กิโลดาลตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 12 ; ภาพที่ 19) ผลการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document พบว่า ชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 5 แถบที่มีน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โมเลกุลประมาณ 90.32, 53.96, 39.17, 16.01 และ 10.58 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยพบว่ารูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที มีแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 9.00-10.00 กิโลดาลตัน น้อยกว่า 5.00 กิโลดาลตัน ซึ่งเป็นแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำแสดงให้เห็นว่าในกรรมวิธีที่ผลลำไยได้รับความร้อนดังกล่าวเปลือกของผลลำไยมีการสังเคราะห์โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ(ตารางที่ 12)

ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยมีน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี คือมีค่าประมาณ 123.03, 112.20, 104.71, 95.50, 83.18, 77.62, 61.66, 57.54, 53.70, 51.29, 42.66, 39.81, 38.02, 26.91, 23.38, 19.50, 15.49 และ 13.49 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 23.38 กิโลดาลตัน (ตารางที่ 13 ; ภาพที่ 20) และการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลักที่ปรากฏบนแผ่นเจล พบว่าชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 7 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 87.84, 66.66, 41.61, 30.16, 23.53, 18.41 และ 10.64 กิโลดาลตัน ตามลำดับ โดยพบว่ารูปแบบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10, 15, 20 และ 25 นาที มีแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 17.00-17.90 กิโลดาลตัน คือ 17.53, 17.65, 17.05, 17.62 และ 17.49 กิโลดาลตัน ตามลำดับ และรูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 15, 20, 25 และ 30 นาที มีแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 8.00 กิโลดาลตัน คือ 7.30, 6.43, 6.75 และ 6.53 กิโลดาลตัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นแถบโปรตีนที่แตกต่างจากแถบโปรตีนหลักจากชุดควบคุม และแถบโปรตีนที่สังเกตเห็นได้ โดยแถบโปรตีนที่ปรากฏบนแผ่นเจลดังกล่าวเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (ตารางที่ 13)

ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยการสังเกตด้วยตาเปล่ามีจำนวน 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี คือมีน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนประมาณ 177.83, 144.54, 125.89, 104.71, 95.50, 85.11, 79.43, 63.09, 57.54, 53.70, 50.12, 41.90, 37.15, 26.30, 22.89, 17.78, 14.45 และ 12.88 กิโลดาลตัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างและมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่เปลือกผลลำไยเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจากวันอื่นๆ โดยแถบโปรตีนที่มีความชัดเจนมากที่สุดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 22.89 กิโลดาลตัน (ตารางที่ 14; ภาพที่ 21) และผลการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document พบว่าชุดควบคุมมีแถบโปรตีนหลัก 8 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 88.82, 65.82, 53.97, 32.36,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

29.96, 23.50, 18.75 และ 8.46 กิโลดาลตัน ตามลำดับ และแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 53.00-56.00 และ 23.00-24.00 กิโลดาลตันปรากฏอยู่ในทุกกรรมวิธี

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยในตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่าพบว่ามีแถบโปรตีนทั้งหมดประมาณ 18 แถบเหมือนกันในทุกกรรมวิธี แต่ผลการวิเคราะห์รูปแบบของแถบโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document พบว่า ในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษามีแถบโปรตีนหลักเป็นจำนวนมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนทุกกรรมวิธีมีแถบโปรตีนหลักเป็นจำนวนมากกว่าชุดควบคุมโดยเฉพาะโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์รูปแบบของแถบโปรตีนแต่ละแถบด้วยตาเปล่าแตกต่างกับการวิเคราะห์รูปแบบของแถบโปรตีนโดยใช้เครื่อง Gel Document แม้ว่าผลการวิเคราะห์รูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยโดยใช้เครื่อง Gel Document มีจำนวนแถบโปรตีนหลักแตกต่างจากแถบโปรตีนที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่แถบโปรตีนที่ปรากฏเมื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Gel Document มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกับแถบโปรตีนที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างโปรตีนที่ละลายได้จากการเก็บรักษาทุกๆ 2 วัน โดยการแยกและหารูปแบบของแถบโปรตีนโดยวิธี SDS-PAGE พบว่า ในเปลือกผลลำไยไม่มีการสลายตัวของโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเนื่องจากกระบวนการเสื่อมสลายเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ดังภาพที่ 22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	128.82	-	-	-	-	-	-	134.60	136.97	-	181.66	-	-	-
2	107.15	105.94	-	111.98	-	-	114.71	-	-	-	-	-	-	-
3	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	93.32	-	-	-	-	-	92.35	92.42	93.30	-	-	-	-	-
5	89.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.28	87.05
6	83.18	-	-	-	-	-	77.21	-	-	-	-	-	-	-
7	66.07	-	73.89	64.08	71.64	65.65	65.56	-	66.84	72.79	-	-	-	-
8	56.23	-	55.38	55.22	55.86	57.34	56.52	55.65	54.49	55.51	54.52	-	-	55.21
9	52.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53.66	52.91	-
10	47.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	45.71	44.21	-	-	-	-	-	43.87	-	-	-	-	-	-
12	42.66	-	-	-	-	-	-	41.67	43.04	-	-	42.91	42.99	-
13	39.81	-	-	-	-	-	-	38.64	38.08	37.70	-	-	-	-

ตารางที่ 9 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	33.11	-	-	34.30	-	31.03	-	-	-	33.90	-	-	31.28	-
15	25.12	24.18	24.60	24.99	24.94	25.23	25.18	25.11	24.84	27.04	24.73	24.60	24.52	24.37
16	22.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	21.38	-	-	20.17	-	-	19.16	20.66	19.52	-	-	-	-	-
18	16.59	16.07	-	-	-	-	-	18.02	18.23	18.10	18.43	16.46	17.06	-
19	-	-	-	-	-	-	-	13.28	-	10.24	-	-	14.67	13.56

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 125.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 105.00-115.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 96.00-100.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 91.00-95.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 85.00-90.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 76.00-84.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 65.00-75.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 54.00-60.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 52.00-53.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 47.00-50.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 43.50-46.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 41.00-43.20 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 37.00-40.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 31.00-35.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 24.00-28.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 22.00-23.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 19.00-21.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 16.00-18.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 19 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 15.00 กิโลดาลตัน

ตารางที่ 10 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	-	209.54	201.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	195.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	128.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	109.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	95.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90.89	-
6	85.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.55	87.92	-	89.80
7	79.43	-	-	-	-	-	-	72.96	80.47	79.85	-	-	73.12	-
8	66.07	60.95	-	62.29	63.81	69.81	69.93	-	-	-	-	-	-	-
9	52.48	-	-	-	-	-	-	-	-	49.12	51.42	53.31	54.04	54.47
10	43.65	-	46.29	40.65	-	40.22	42.88	44.27	46.57	41.32	40.78	41.18	46.42	-
11	38.90	37.97	38.04	38.38	39.35	34.46	35.72	37.68	36.47	-	34.50	-	-	-
12	33.11	-	-	31.97	33.14	31.41	-	31.74	-	-	-	-	-	-
13	-	-	29.36	29.03	30.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 10 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	28.18	-	27.23	27.02	-	-	-	-	26.50	-	-	-	-	-
15	22.39	-	21.60	21.81	21.49	22.46	-	-	21.91	22.91	24.20	24.61	24.97	24.83
16	20.42	-	-	-	19.64	-	19.53	20.56	-	-	19.45	-	-	-
17	18.20	16.89	17.03	18.94	18.22	18.98	-	16.33	16.65	-	-	-	-	18.23
18	15.49	-	-	-	-	-	-	-	15.06	15.70	-	-	-	-
19	14.45	-	-	-	-	12.87	13.30	13.10	-	-	-	-	-	-
20	10.71	-	10.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	9.33	-	-	9.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 201.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 195.00-200.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 125.00-130.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 105.00-110.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 90.50-96.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 85.00-90.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 80.00-73.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 60.00-70.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 49.00-55.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 40.00-47.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 34.00-39.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 31.00-33.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 29.00-30.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 26.00-28.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 21.00-25.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 19.20-20.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 16.00-19.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 15.00-15.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 19 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 12.00-14.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 20 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 10.20-11.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 21 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 10.00 กิโลดาลตัน

ตารางที่ 11 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	128.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	112.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	107.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	100.00	-	-	-	-	-	91.25	-	-	-	-	-	-	100.97
5	89.12	87.53	89.86	89.39	88.63	89.24	-	88.78	88.07	-	87.97	89.61	-	-
6	83.18	-	-	-	-	-	-	-	-	86.67	-	-	86.73	86.49
7	64.56	-	-	-	-	-	-	-	73.03	-	75.18	-	70.18	70.00
8	52.48	55.60	54.90	54.69	54.36	55.11	54.82	55.10	54.47	52.96	54.08	54.41	54.22	52.85
9	45.71	45.23	42.13	42.17	42.77	42.81	-	42.05	41.51	41.94	-	41.15	44.95	-
10	38.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.87
11	32.36	30.42	-	30.41	30.52	30.67	31.11	30.53	30.47	-	-	-	-	30.07
12	29.51	-	27.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	25.70	24.20	25.07	26.16	25.68	24.25	25.72	25.69	25.54	25.08	25.46	24.88	25.14	24.66

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	20.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	19.95	19.47	-	-	-	18.79	18.65	17.92	-	18.04	-	-	-	18.53
16	16.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	14.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	12.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 125.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 110.00-115.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 105.00-109.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 91.00-104.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 87.50-90.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 83.00-87.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 64.00-76.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 52.00-56.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 41.00-46.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 36.00-39.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 30.00-33.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 27.00-29.90 กิโลดาลตัน

แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 24.00-26.50 กิโลดาลตัน

แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 20.50-23.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 17.50-20.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 16.00-17.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 14.00-15.00 กิโลดาลตัน

แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 13.00 กิโลดาลตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	125.89	-	-	-	-	110.13	-	-	-	-	-	-	126.81	
2	107.15	-	-	-	103.48	-	101.40	104.48	-	-	103.99	-	-	
3	97.72	90.32	99.73	-	-	-	-	-	91.05	91.70	91.55	90.60	90.53	-
4	85.11	-	88.61	88.55	88.45	88.31	-	87.93	-	-	-	-	-	89.67
5	77.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.42	74.67	75.32	-
6	72.44	-	-	-	-	73.91	-	-	73.56	-	-	-	-	-
7	61.66	-	62.89	-	66.15	-	-	-	-	-	67.52	-	-	66.20
8	58.88	-	-	-	-	58.05	-	57.34	-	-	-	-	-	-
9	53.70	53.96	53.96	53.34	53.64	53.32	54.22	54.50	54.79	55.08	55.06	54.74	-	54.73
10	50.12	-	-	45.77	46.03	-	-	46.29	46.81	47.33	50.62	47.06	48.40	47.32
11	39.81	39.17	-	41.49	-	43.17	-	-	43.76	44.07	-	-	-	-
12	38.02	-	-	37.00	36.45	38.35	33.96	-	-	37.32	-	32.70	-	-
13	26.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.77	-	-

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	24.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	19.50	-	20.71	20.60	20.75	20.24	20.75	20.40	20.91	-	20.90	21.23	21.29	21.02
16	17.38	16.01	-	18.70	16.20	17.48	16.06	17.16	17.51	17.39	16.15	16.06	17.25	-
17	13.80	-	14.59	15.84	-	-	-	15.88	-	-	-	14.88	-	15.90
18	11.27	10.58	10.92	11.26	11.23	11.19	10.79	10.73	11.93	11.68	-	11.25	11.23	11.22
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.52	9.95	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.06	-	6.02	-	6.60
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.56	5.39
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.91

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 110.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 101.00-109.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 90.00-100.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 85.00-89.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 74.50-78.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 72.00-74.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 61.00-68.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 57.00-59.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 53.00-56.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 45.00-51.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 39.00-44.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 32.00-38.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 26.00-29.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 24.00-25.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 19.50-22.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 16.00-19.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 13.00-16.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 10.50-12.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 19 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 9.00-10.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 20 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 6.00-8.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 21 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 5.20-5.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 22 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 5.00 กิโลดาลตัน

ตารางที่ 13 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	123.03	-	-	-	121.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	112.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	104.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	95.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	83.18	87.84	88.46	84.99	84.36	-	-	-	80.10	-	-	-	-	-
6	77.62	-	73.85	-	-	79.10	76.90	72.96	-	-	-	72.50	-	-
7	61.66	66.66	-	65.10	69.55	65.82	63.40	60.71	69.12	65.97	63.01	61.41	61.00	61.64
8	57.54	-	-	-	56.03	59.23	-	-	57.52	-	-	-	-	-
9	53.70	-	53.58	53.01	-	-	53.20	-	-	54.39	-	-	-	-
10	51.29	-	49.65	45.51	51.35	50.00	47.41	44.20	-	48.66	-	-	50.76	45.94
11	42.66	41.61	41.12	40.93	-	-	-	40.92	42.05	41.68	-	-	42.53	-
12	39.81	-	-	-	39.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	38.02	-	-	-	31.77	37.41	36.10	36.61	38.71	-	38.40	37.00	37.22	37.33

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	26.91	30.16	29.79	29.45	28.57	27.66	26.51	24.81	-	30.57	-	28.17	-	-
15	21.38	23.53	23.72	23.22	23.07	22.28	21.01	20.76	23.50	-	-	-	-	-
16	19.50	18.41	18.89	18.58	18.33	-	19.24	19.67	19.96	-	18.53	-	-	-
17	-	-	-	-	-	17.53	-	-	-	17.65	17.05	17.62	17.49	-
18	15.49	-	-	-	14.74	-	15.21	-	-	16.55	-	16.27	16.07	16.16
19	13.49	10.64	14.27	13.97	-	-	-	13.03	11.71	12.75	12.06	10.92	10.98	11.20
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.30	6.48	6.75	6.53

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 120.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 110.00-115.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 100.00-105.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 90.00-96.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 80.00-89.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 72.00-79.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 60.00-70.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 56.00-59.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 53.00-55.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 44.00-52.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 40.50-43.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 39.50-40.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 31.50-39.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 24.50-31.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 20.50-24.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 18.00-20.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 17.00-17.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 14.60-16.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 19 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 10.00-14.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 20 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 8.00 กิโลดาลตัน

ตารางที่ 14 น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

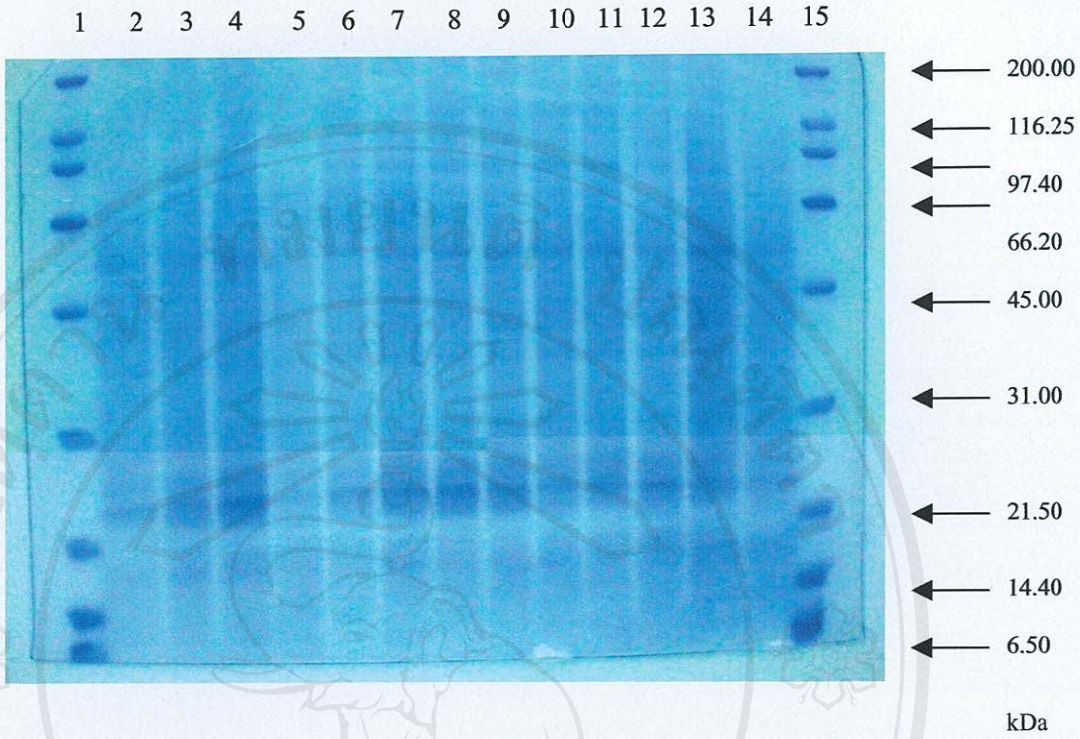
แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
1	177.83	-	-	-	-	-	167.84	-	-	168.97	-	-	-	-
2	144.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	125.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	104.71	-	118.66	-	119.92	-	117.12	-	113.71	-	113.64	-	-	-
5	95.50	-	90.37	91.00	91.53	-	-	90.70	-	-	-	-	-	-
6	85.11	88.82	-	-	-	89.39	89.65	-	89.22	89.51	89.06	87.06	89.42	89.32
7	79.43	-	-	-	76.06	74.22	75.05	74.42	73.80	74.66	72.82	73.21	74.45	-
8	63.09	65.82	67.96	-	-	67.82	-	-	66.37	-	-	-	-	-
9	57.54	-	-	-	-	-	-	-	62.45	-	-	-	-	-
10	53.70	53.97	55.12	54.72	55.17	54.95	54.66	54.34	54.34	53.75	54.13	53.38	54.79	55.05
11	50.12	-	48.29	-	47.26	50.57	46.80	-	46.50	49.44	-	-	49.82	46.81
12	41.90	-	40.92	41.03	41.59	44.05	44.15	41.14	43.95	-	40.69	41.08	41.19	42.79
13	37.15	32.36	-	38.54	-	34.77	32.55	-	37.17	36.50	-	-	37.67	-

ตารางที่ 14 (ต่อ)

แถบที่	น้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีน (กิโลดาลตัน)													
	ที่สังเกตเห็นได้	ชุดควบคุม	40°ซ 5 นาที	40°ซ 10 นาที	40°ซ 15 นาที	40°ซ 20 นาที	40°ซ 25 นาที	40°ซ 30 นาที	50°ซ 5 นาที	50°ซ 10 นาที	50°ซ 15 นาที	50°ซ 20 นาที	50°ซ 25 นาที	50°ซ 30 นาที
14	26.30	29.96	-	-	-	-	30.02	29.63	29.76	-	25.43	29.63	25.56	29.57
15	-	23.50	23.59	23.56	23.70	23.73	23.73	23.62	23.71	23.42	23.44	23.29	23.86	23.74
16	20.89	-	-	-	-	-	21.97	-	21.34	21.67	-	-	-	-
17	17.78	18.75	18.14	17.94	18.30	18.33	19.08	18.61	-	18.00	18.33	18.25	18.94	18.32
18	14.45	-	-	-	13.87	13.91	15.37	-	-	-	-	-	-	-
19	12.88	-	-	-	-	-	-	-	-	12.42	13.29	-	-	13.48
20	-	8.46	8.99	9.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอแต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 165.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 140.00-145.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 125.00-130.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 100.00-120.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 90.00-99.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 85.00-89.90 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 72.00-80.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 63.00-69.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 57.00-62.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 53.00-56.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 46.00-51.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 40.00-45.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 32.00-39.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 14 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 25.00-31.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 15 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 23.00-24.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 16 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 20.00-22.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 17 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 17.00-19.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 18 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 13.60-16.00 กิโลดาลตัน
แถบที่ 19 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 12.00-13.50 กิโลดาลตัน
แถบที่ 20 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 10.00 กิโลดาลตัน

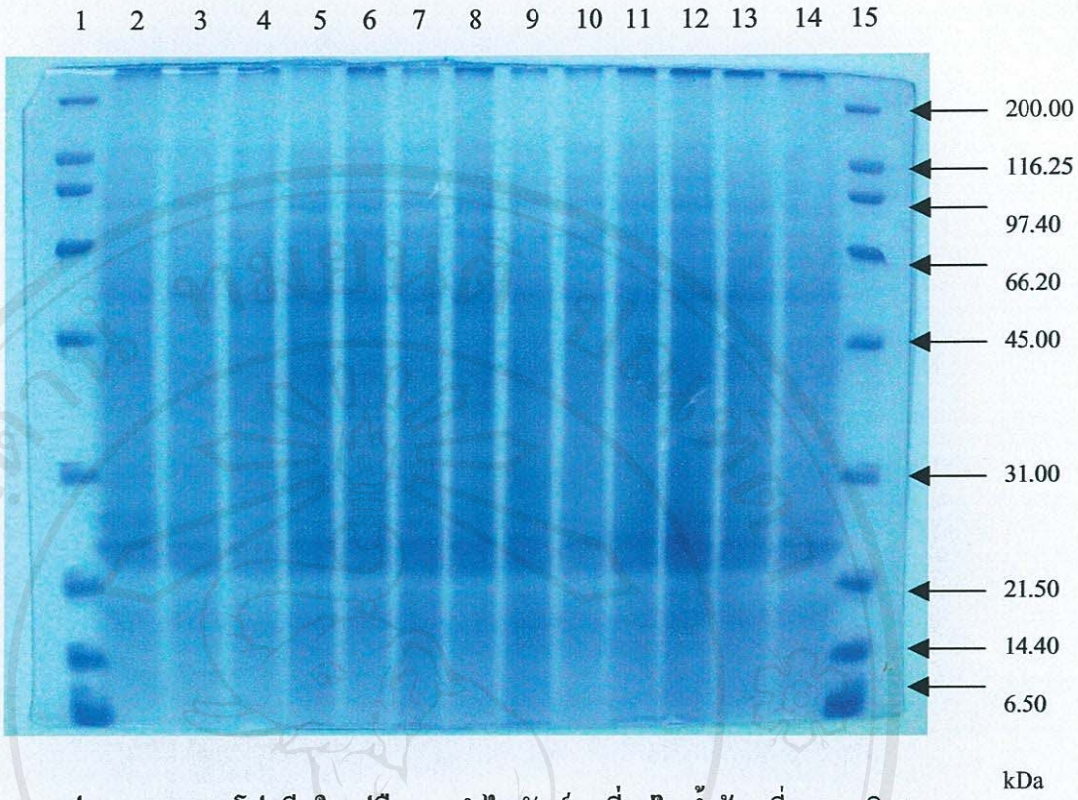


ภาพที่ 16 รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน
ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม
ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที
ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 12 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

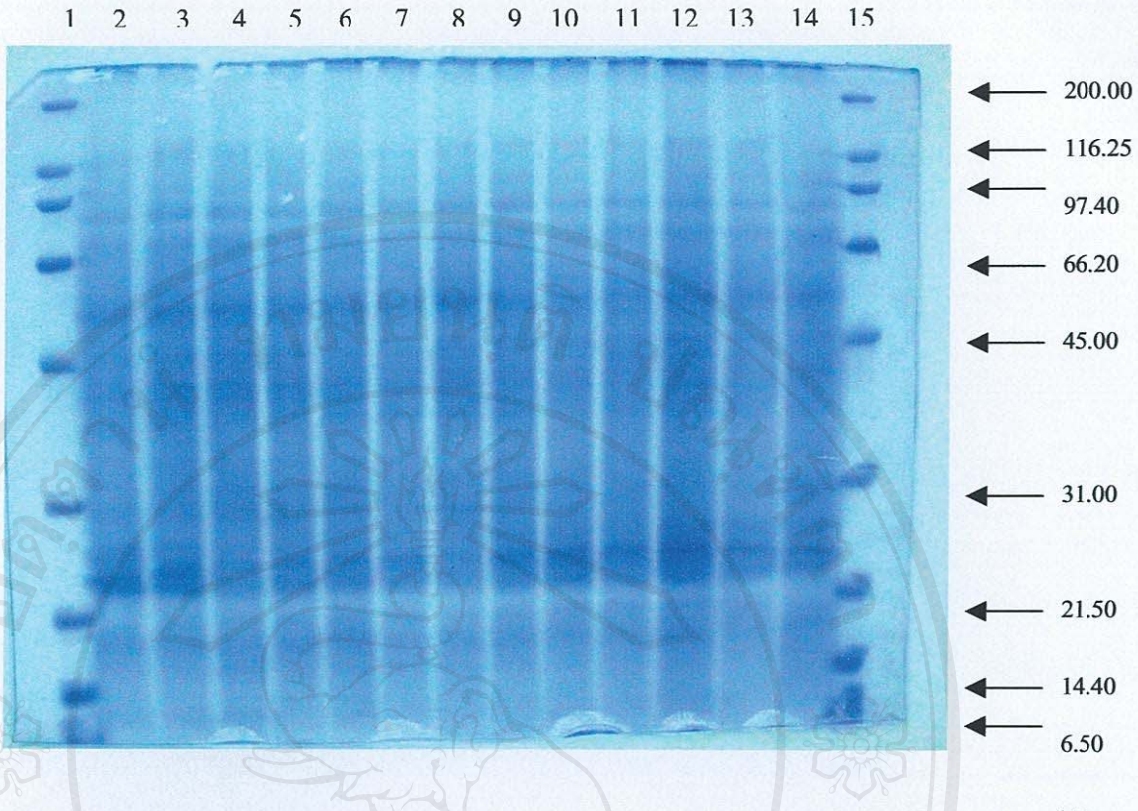


ภาพที่ 17 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน**

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน
ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม
ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที
ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที
ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที
ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที
ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที
ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 13 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 18 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน**

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที

ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที

ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที

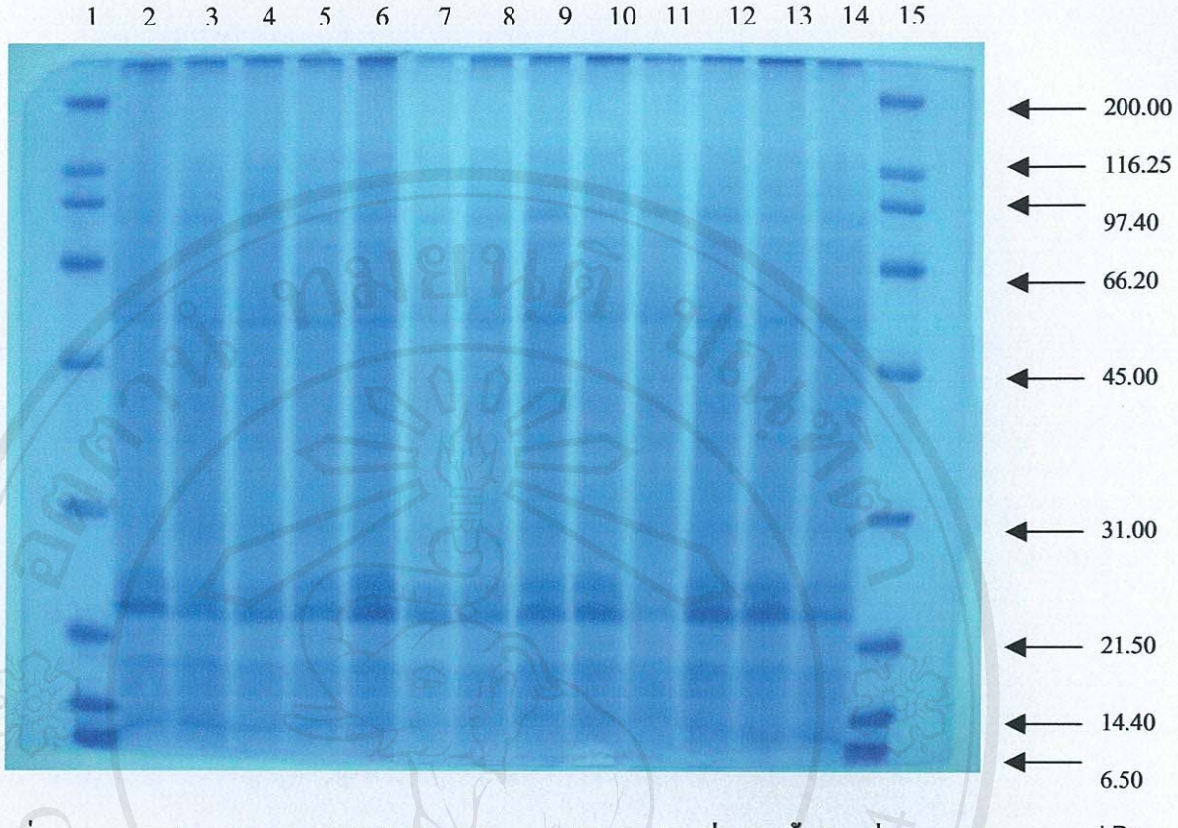
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 13 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 19 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน**

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที

ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที

ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที

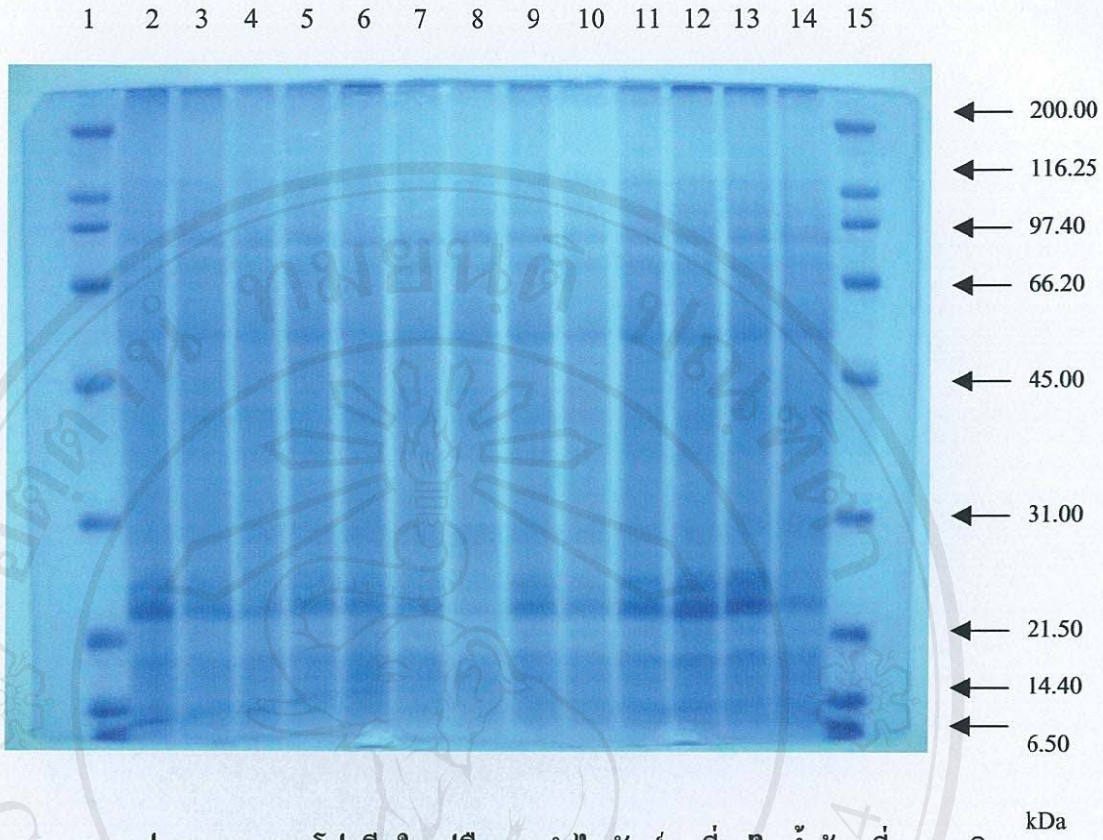
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 16 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 20 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน**

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที

ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที

ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที

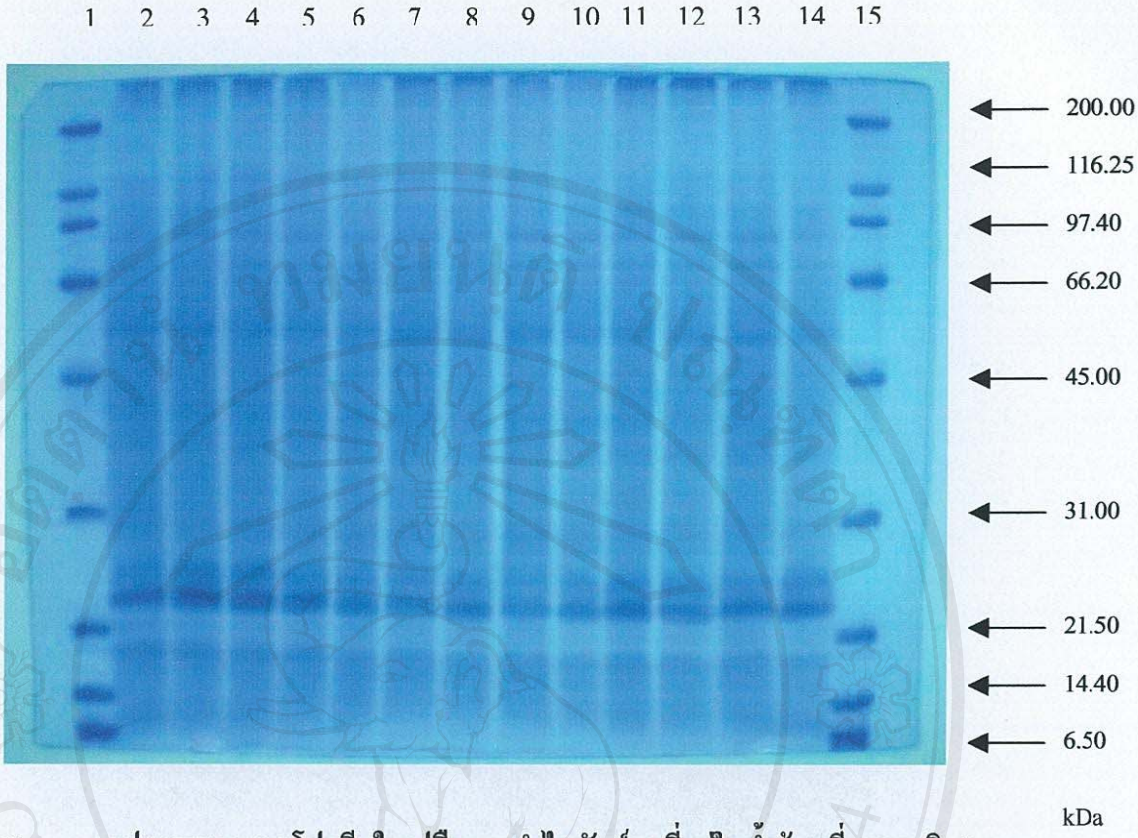
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 15 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 21 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน**

ช่องที่ 1 และ 15 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 15 นาที

ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที

ช่องที่ 9 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 5 นาที

ช่องที่ 10 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 10 นาที

ช่องที่ 11 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 15 นาที

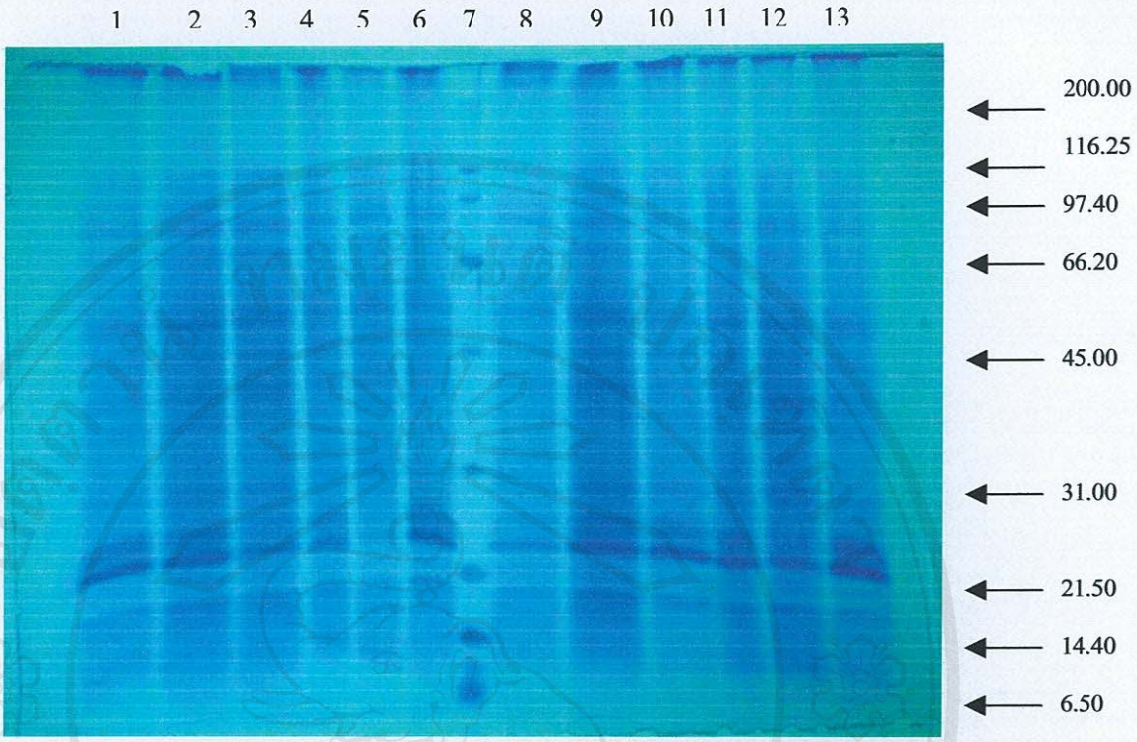
ช่องที่ 12 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 20 นาที

ช่องที่ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 25 นาที

ช่องที่ 14 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 14 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 22 **รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 วัน**

ช่องที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 วัน ตามลำดับ ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 วัน ตามลำดับ

หมายเหตุ ภาพถ่ายมีแถบโปรตีน 14 แถบแต่การสังเกตแถบโปรตีนด้วยตาเปล่ามีแถบโปรตีน 18 แถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้แช่ผลลำไยในน้ำร้อนไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ประเภท non – climacteric จึงมีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ระหว่างการสุกอย่างช้าๆ (Kader, 2002) และจากผลการทดลองกรรมวิธีในการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงแช่ในผลลำไยกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยส่วนใหญ่ปรากฏแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำอาจเป็นไปได้ว่าการใช้ความร้อนส่งผลทำให้โปรตีนขนาดใหญ่เกิดการเสื่อมสภาพกลายเป็นโปรตีนที่มีขนาดเล็กลง (Vierling, 1991) แต่การทดลองในครั้งนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกของผลลำไยอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Lurie and Klein (1991) ที่ได้ศึกษาการสังเคราะห์โปรตีนโดยใช้กรดอะมิโน [^{35}S] methionine ในเนื้อเยื่อผลมะเขือเทศแล้วแยกโปรตีนด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสแบบ SDS-PAGE และวิเคราะห์หาแถบโปรตีนโดย Fluorography พบว่ามีแถบโปรตีนปรากฏเป็นจำนวนมากบนแผ่นเจล ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี แม้ว่าในกรรมวิธีที่ผลมะเขือเทศได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงปรากฏแถบโปรตีนชัดเจนกว่าที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 12 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า 69.00 กิโลดาลตัน และโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำน้อยกว่า 30.00 กิโลดาลตัน ทั้งนี้ผลกระทบของการได้รับอุณหภูมิสูงต่อการยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนปกติ และการสังเคราะห์ HSPs รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่าง HSPs ต่อความทนทานของอาการสะท้านหนาวยังไม่ชัดเจนนัก

อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากผลงานวิจัยของ Sabehat *et al.* (1996) ที่พบว่ามีการสังเคราะห์ HSPs ในผลมะเขือเทศซึ่งได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ซึ่งมีแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 70.00 กิโลดาลตัน (HSP70) และโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำอยู่ในช่วง 18.00-21.00 กิโลดาลตัน โดยแถบโปรตีนดังกล่าวยังคงปรากฏเมื่อนำผลมะเขือเทศมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วันทำให้โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพและผลมะเขือเทศแสดงอาการสะท้านหนาว จึงเชื่อว่า HSP70 เป็นกลุ่มของโปรตีนที่ทำหน้าที่เหมือน chaperone ที่จับกับโปรตีนที่เสียสภาพเนื่องจากสภาวะเครียด แล้วทำให้เกิดการรวมตัวสร้างเป็นโปรตีนที่สมบูรณ์และถูกต้องอีกครั้ง รวมทั้งป้องกันไม่ให้โปรตีนรวมตัวกันอย่างผิดระเบียบ ส่วนโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะช่วยป้องกันความเสียหายที่เกิดกับโปรตีนภายในเซลล์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้ม ดังนั้น HSPs จึงสามารถทำให้เนื้อเยื่อของพืชมีความทนทานต่ออาการสะท้านหนาวเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ อย่างไรก็ตามวิธีการของ Sabehat *et al.* (1996) แตกต่างจากวิธีที่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทดลองนี้ คือมีการสังเคราะห์โปรตีนในเนื้อเยื่อผลมะเขือเทศโดยใช้กรดอะมิโน [^{35}S] methionine และแยกโปรตีนโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสแบบพอลิอะคริลาไมด์เจล 2 มิติ (two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis ; 2D-PAGE) แล้วจึงวิเคราะห์หาแถบโปรตีนโดย Fluorography และต่อมาในปี 1998 Sabehat *et al.* ได้นำ cloned cDNAs จากยีนส์ที่เกี่ยวข้องกับการสุก ชื่อ *tom 66* และ ยีนส์ที่สร้าง HSP21 ชื่อ *tom 111* ในผลมะเขือเทศที่ส่งผลทำให้เกิดความทนทานต่ออาการสะท้านหนาวที่อุณหภูมิต่ำ โดยพบว่ายีนส์ทั้ง 2 ถูกกระตุ้นให้แสดงออกเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงในผล ดอก ใบ และลำต้น แต่จะไม่แสดงออกเมื่อได้รับสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำหรือที่อุณหภูมิห้อง และในสภาพเครียดอันเนื่องมาจากการได้รับความแห้งแล้งและขาดออกซิเจน เมื่อผลมะเขือเทศได้รับอุณหภูมิสูงระดับของ mRNA จากยีนส์ *tom 66* และ *tom 111* ในระยะแรกมีการแสดงออกไม่มาก ต่อมาเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบว่ายีนส์ทั้ง 2 มีการแสดงออกเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ไม่พบระดับการแสดงออกของยีนส์ดังกล่าวในชุดควบคุม จึงเชื่อว่าการแสดงออกของยีนส์ *tom 66* และ *tom 111* มีความสัมพันธ์กับความทนทานต่ออาการสะท้านหนาวของผลมะเขือเทศเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่ทั้งนี้ยังมีกลไกอื่นๆ เกี่ยวข้องด้วย

การที่แยกโปรตีนจากผลมะละกอโดยวิธี SDS-PAGE แล้ววิเคราะห์หาแถบของโปรตีนโดยวิธี Fluorography และ Densitometry พบว่า ในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อนเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปรากฏแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 117.00, 38.00, 25.00, 24.00, 22.00, 16.00 และ 14.00 กิโลดาลตัน ตามลำดับ ส่วนผลมะละกอที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปรากฏแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 70.00, 30.00, 20.00 และ 19.00 กิโลดาลตัน ตามลำดับ และเมื่อนำผลมะละกอที่ได้รับความร้อนดังกล่าวไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 30.00 และ 27.00 กิโลดาลตัน ตามลำดับ จึงเชื่อว่าผลมะละกอที่ได้รับอุณหภูมิสูงมากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีการแปลรหัสของ mRNA เปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีการสังเคราะห์พอลิเพปไทด์ชนิดใหม่ขึ้นมา (Paull and Chen, 1990)

ผลอะโวกาโดพันธุ์ Hass ที่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา เมื่อวิเคราะห์ cloned cDNAs จากยีนส์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ HSP17 และ HSP 70 โดยวิธี Northern analysis พบว่ายีนส์ทั้ง 2 ถูกกระตุ้นให้แสดงออกเพิ่มขึ้นเมื่อผลอะโวกาโดได้รับอุณหภูมิ 38 และ 40 องศาเซลเซียส นาน 3-10 ชั่วโมง และมีการแสดงออกของยีนส์สูงที่สุดเมื่อผลอะโวกาโดได้รับอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่เมื่อระดับของอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส การแสดงออกของยีนส์ลดลง จึงเชื่อว่า HSPs ที่ถูกสังเคราะห์ในผลอะโวกาโดทำหน้าที่เหมือน chaperone ที่ช่วยป้องกันความเสียหายของเอนไซม์และโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Woolf

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

et al. (1995) ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงกับผลอะโวกาโดทำให้สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ ต่อมาในปี 1997 Woolf and Lay-Yee ได้ทดลองแช่ผลอะโวกาโดพันธุ์ Hass ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ก่อนนำไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า การแช่ผลอะโวกาโดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสช่วยลดอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นกับผลอะโวกาโดได้ ทำให้ลดการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือก ซึ่งส่งผลให้ผิวของผลมีสีดำคล้ำและความผิดปกติภายในผลได้ เมื่อศึกษา HSPs โดยการสกัด RNA และวิเคราะห์โดยวิธี Northern analysis พบว่า RNA homologous ของ pFS 1968 cDNA (HSP17) มีระดับต่ำมากในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อน แต่ระดับของ RNA homologous ของ pFS 1968 cDNA (HSP17) เพิ่มสูงมากเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส โดยระดับการแสดงออกของยีนส์ดังกล่าวเพิ่มสูงมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อได้รับความร้อนนาน 5 นาทีจนกระทั่งสูงสุดเมื่อได้รับความร้อนนาน 120 นาที ส่วนระดับของ RNA hybridizing ของ pMON 9575 (HSP70) ที่แสดงออกไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี แสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ก่อนการได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในผลอะโวกาโดในลำดับต่อมาอาจช่วยเพิ่มความทนทานต่อการสะท้านหนาวของผลอะโวกาโดได้

การศึกษาการสังเคราะห์โปรตีน HSPs ในผลสาลี่โดยการใช้กรดอะมิโน [^{35}S] methionine ในเนื้อเยื่อผลสาลี่แล้วแยกโปรตีนโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสแบบ SDS-PAGE แล้วจึงวิเคราะห์จำนวนแถบโปรตีนโดย Autoradiography พบว่ามีแถบโปรตีนปรากฏเป็นจำนวนมากบนแผ่นเจลในกรรมวิธีที่ผลสาลี่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 39-42 องศาเซลเซียส ซึ่งการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงของเนื้อเยื่อผลสาลี่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นให้มีการถอดรหัสของ HSP17 และ HSP70 โดยเฉพาะเมื่อผลสาลี่ได้รับอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ในขณะที่การเสื่อมสภาพของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลสาลี่ได้รับอุณหภูมิ 42 และ 45 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส การเสื่อมสภาพของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นใน 2 ชั่วโมงแรกที่ได้รับความร้อนต่อมาจะลดลง เชื่อว่า HSPs อาจมีบทบาทในการป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีนที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิสูงส่งผลทำให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์ HSPs และส่งเสริมการเสื่อมสภาพของโปรตีน (Ferguson *et al.*, 1994)

การใช้วิธี Western immunoblot analyses ศึกษา smHSPs ในเปลือกผลแอปเปิลพันธุ์ Fuji พบว่ามีการสะสม smHSPs ในเปลือกผลแอปเปิลพันธุ์ Fuji ที่ได้รับความร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสโดยการสะสม smHSPs เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อนนาน 2 ชั่วโมง และการสะสม smHSPs ดังกล่าวสามารถตรวจพบได้เมื่อนำผลแอปเปิลไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แต่เมื่อเก็บรักษาผลแอปเปิลไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่ามีการสะสม smHSPs ลดลง ในขณะที่ระดับของ HSP70 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อแยกโปรตีนโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสแบบพอลิอะคริลาไมด์เจล 2 มิติ เพื่อวิเคราะห์ smHSPs ในเปลือกผลแอปเปิลเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าปรากฏแถบโปรตีน (smHSPs) เพิ่มขึ้น 17 แถบที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 15.00, 17.00, 18.10, 18.10, 18.20, 18.20, 18.20, 18.30, 20.00, 21.50, 22.00, 22.50, 23.00, 23.50, 25.00, 26.00, 28.00 และ 29.00 ku (u = unified atomic mass unit) ซึ่งไม่พบ smHSPs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 18.20, 18.30, 26.00, 28.00 และ 29.00 ku ในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อน แสดงว่าผลแอปเปิลพันธุ์ Fuji สามารถตอบสนองต่อการได้รับความเครียดเนื่องจากการได้รับอุณหภูมิสูงได้โดยการสังเคราะห์ smHSPs ขึ้น ซึ่งเป็นบทบาทที่สำคัญทางชีวเคมีที่ป้องกันกระบวนการเสียหายที่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ในระหว่างที่ได้รับความเครียด (Ritenour *et al.*, 2001)

ทั้งนี้จากผลการทดลองในครั้งนี้พบแถบโปรตีนหลักที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 17.00-17.90 กิโลดาลตัน ในรูปแบบของแถบโปรตีนของเปลือกผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10, 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุม เมื่อนำผลลำไยไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน (ตารางที่ 11) ซึ่งอาจจะเป็นกลุ่มของ HSP17 แต่ไม่สามารถบ่งชี้ถึงบทบาทของกลุ่มของโปรตีนดังกล่าวที่มีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในเปลือกผลลำไยได้ เนื่องจากวิธีการทดลองซึ่งยังไม่สามารถวิเคราะห์หาโปรตีนได้อย่างละเอียดและเฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมและละเอียดพอที่จะหา HSPs ต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลลำไย

การแช่ในผลลำไยพันธุ์ดอในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 ± 1 และ 50 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 12 วันไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกทั้งด้านนอกและด้านใน โดยวัดค่าสี L* C* และ H° เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังในตารางที่ 15, 17, 19, 21, 23 และ 25 ตามลำดับ ผลลำไยมีเปลือกด้านนอกสีคล้ำลง เนื่องจากค่า L* ของเปลือกด้านนอกลดลงในช่วงแรกและมีค่าผันแปรเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (ภาพที่ 24) ซึ่งในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า L* ของเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีสีคล้ำกว่าเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือมีค่า L* เท่ากับ 42.07 และ 44.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ส่วนค่า C* ของเปลือกด้านนอกของผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 26.62 - 30.01 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน (ภาพที่ 24) โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (วันที่ 0) พบว่าค่า C* ของเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีค่าน้อยกว่าผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือมีค่า C* เท่ากับ 28.66 และ 29.67 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการแช่ผลลำไยในในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสทำให้เปลือกด้านนอกมีสีเหลืองน้อยกว่าผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่า C* ของเปลือกด้านนอกของผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนเวลาที่ใช้ในการแช่ในน้ำร้อนไม่มีผลกระทบต่อค่า L* และ C* ของเปลือกด้านนอกของผลลำไย (ตารางที่ 16 และ 18)

สำหรับค่า H° ของเปลือกด้านนอกของผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ซึ่งแสดงถึงการมีสีเหลืองน้อยลง (ภาพที่ 24) ซึ่งในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่าค่า H° ของเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนนาน 5 นาทีมีค่าเท่ากับ 64.60 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 25 และ 30 นาที ที่มีค่า H° ของเปลือกด้านนอกเท่ากับ 66.08 และ 67.11 องศา ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนนาน 10, 15 และ 20 นาที ซึ่งมีค่า H° ของสีเปลือกด้านนอกเท่ากับ 68.73, 68.89 และ 68.91 องศา ตามลำดับ และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนมีปฏิสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางสถิติ P = 0.04 แต่เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ค่า H° ของสีเปลือกด้านนอกของผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 20)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านในของผลลำไยในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่า L* และ H° มีค่าลดลงในช่วงแรก ในขณะที่ค่า C* ของเปลือกด้านในของผลลำไยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (ภาพที่ 25) โดยพบว่าค่า L* ของเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีสีคล้ำกว่าเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือมีค่า L* เท่ากับ 69.21 และ 71.11 ตามลำดับเมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน และเมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน พบว่าค่า L* ของเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีสีคล้ำกว่าเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือมีค่า L* เท่ากับ 68.72 และ 70.09 ตามลำดับ

เมื่อเก็บรักษานาน 10 วันการแช่ในน้ำร้อนนาน 30 นาทีทำให้เปลือกด้านในของผลลำไยมีสีคล้ำกว่าเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 25, 15, 5 และ 10 นาที แต่ไม่แตกต่างจากสีเปลือกด้านในที่แช่ในน้ำร้อนนาน 20 นาที โดยค่า L* ของสีเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30 และ 20 นาที เท่ากับ 63.62 และ 65.89 ตามลำดับ แต่ค่า L* ของสีเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 20 นาทีไม่แตกต่างจากสีเปลือกด้านในของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 25, 15, 5 และ 10 นาทีซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 67.26, 67.82, 67.92 และ 68.10 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าในวันที่ 4 และ 10 ของการเก็บรักษาอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ในน้ำกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยมีปฏิสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ P = 0.03 และ 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

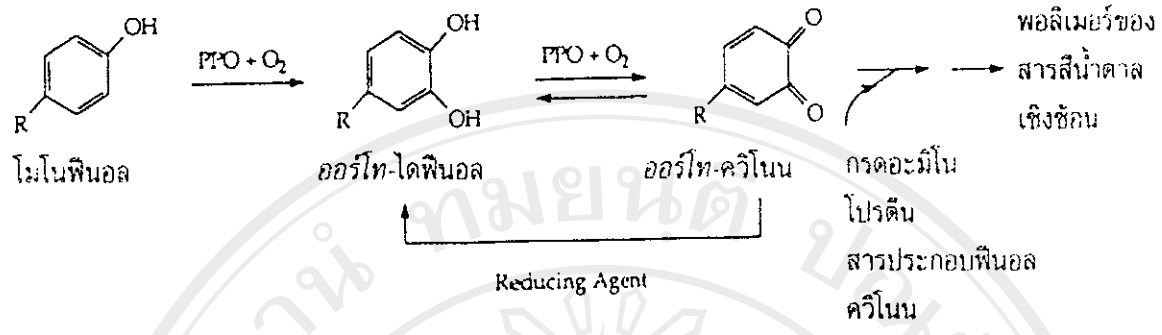
สำหรับค่า C* ของเปลือกด้านในของผลลำไยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเก็บรักษาและเมื่อระยะเวลานานขึ้นค่า C* เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละกรรมวิธีพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ในน้ำร้อนกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 24) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ในน้ำร้อนไม่มีผลกระทบต่อค่า H° ของสีเปลือกด้านในของผลลำไย เมื่อเก็บรักษานาน 2 วันการแช่ในน้ำร้อนนาน 5 นาทีทำให้ค่า H° ของเปลือกด้านในของผลลำไยมีค่าเท่ากับ 79.52 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนนาน 30, 10 และ 25 นาที ที่มีค่า H° ของเปลือกด้านในของผลลำไยเท่ากับ 80.16, 80.62 และ 81.01 องศา ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนนาน 15 และ 20 นาทีที่มีค่า H° ของเปลือกด้านในของผลลำไยใกล้เคียงกัน คือมีค่า H° เท่ากับ 81.85 และ 82.02 องศา ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นค่า H° ของเปลือกด้านในของผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในวันที่ 2 และ 10 ของการเก็บรักษาพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนมีปฏิสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ P = 0.02 และ 0.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

เมื่อพิจารณาสีเปลือกของผลลำไยที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนไม่มีผลกระทบต่อสีของเปลือกด้านนอกและด้านในของผลลำไย ซึ่งผลการทดลองนี้ได้พบว่าผลลำไยที่เก็บรักษาไว้นานขึ้นมีผิวสีคล้ำลง เนื่องจากแสดงอาการสะท้านหนาว (ภาพที่ 26-29) ผลการวิจัยการเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสทำให้ผลลำไยเกิดอาการสะท้านหนาวในเวลา 5-6 วัน (ดนัยและคณะ, 2543 ; Jiang *et al.*, 2002) โดยที่เปลือกด้านในมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ในผลลำไยก่อนการเก็บรักษายังส่งผลทำให้เปลือกด้านในมีสีเข้มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนไปมีผลทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในเซลล์ส่งผลทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เปลือก (ดนัย, 2540) การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะเริ่มเกิดขึ้นที่ชั้นของ mesocarp cell ตามด้วย endocarp หลังจากนั้นจึงแพร่กระจายไปทั่ว pericarp surface โดยเฉพาะที่ pericarp และชั้นนอกของ mesocarp นอกจากนี้การที่ผลลำไยได้รับความเครียดจากความร้อนทำให้มีการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์อย่างต่อเนื่องเป็นผลให้เซลล์สูญเสีย permeability ทำให้เอนไซม์โดยเฉพาะเอนไซม์ PPO และสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันได้ง่าย (Jiang *et al.*, 2002) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในพืชเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและมีเอนไซม์ PPO จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็นออร์โท-ไดฟีนอล (*o*-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดซ์ต่อให้เป็นออร์โท-ควิโนน (*o*-quinone) ควิโนนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO นี้จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด์กับสารประกอบฟีนอลอื่นๆหรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล ดังภาพที่ 23 สารตั้งต้นที่ถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยเอนไซม์ PPO ได้แก่ สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในพืชซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น แอนโทไซยานิดิน ลูโคแอนโทไซยานิดิน ฟลาโวนอล และไทโรซีน (นิธิยา, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 23 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของเอนไซม์ PPO (นิธิยา, 2543)

เอนไซม์ PPO ในเปลือกของผลลำไยสามารถทำงานได้ในช่วงพีเอช 4-7 โดยมีพีเอชที่เหมาะสม (optimum pH) อยู่ที่พีเอช 6.5 ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส อีกทั้งเอนไซม์ PPO เป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวสูงโดยจะสูญเสียกิจกรรมไป 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อได้รับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นานกว่า 20 นาที (Jiang, 1999) ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อแช่ในผลลำไยในน้ำที่มีอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที อาจชักนำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ทำให้ผนังเซลล์สูญเสีย permeability ส่งผลทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในลำดับต่อมา อีกทั้งในการทดลองนี้ได้พบว่าปริมาณโปรตีนในเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ดังนั้นในทุกกรรมวิธีผลลำไยจึงมีสีคล้ำลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 ค่า L* สีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ค่า L* สีเปลือกด้านนอก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	47.04	37.97	41.21	44.63	39.38	39.49	42.38
40 °ซ นาน 10 นาที	44.93	41.04	40.51	44.36	40.60	39.91	42.03
40 °ซ นาน 15 นาที	46.89	39.92	39.73	41.98	40.73	39.27	41.38
40 °ซ นาน 20 นาที	46.74	40.73	40.65	44.59	40.56	39.09	43.82
40 °ซ นาน 25 นาที	47.16	38.59	40.27	44.54	42.16	37.83	38.40
40 °ซ นาน 30 นาที	47.15	39.33	40.35	43.92	40.08	38.24	41.69
50 °ซ นาน 5 นาที	46.64	39.37	39.24	42.46	43.69	37.89	41.72
50 °ซ นาน 10 นาที	48.50	39.94	40.30	42.80	39.28	39.70	41.34
50 °ซ นาน 15 นาที	46.98	39.87	39.95	41.46	40.54	40.21	42.54
50 °ซ นาน 20 นาที	47.51	40.71	42.03	42.65	38.73	38.92	39.23
50 °ซ นาน 25 นาที	46.24	40.19	41.19	42.61	40.60	39.04	41.89
50 °ซ นาน 30 นาที	47.39	40.28	41.42	40.46	40.13	40.96	39.75
ชุดควบคุม	48.79	40.60	40.66	42.27	41.12	40.18	41.14
C.V. (%)	2.44	3.63	4.03	6.22	6.07	4.86	6.34

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 ค่า L* สีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า L* สีเปลือกด้านนอก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	46.65	39.60	40.45	44.00[a]	40.58	38.97	41.61
50 °ซ	46.21	40.06	40.69	42.07[b]	40.49	38.95	41.08
C.V. (%)	2.64	3.77	3.85	5.53	6.10	5.12	6.40
เวลา (ปัจจัย B)	ค่า L* สีเปลือกด้านนอก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
5 นาที	46.84	38.67	40.23	43.54	41.53	38.69	42.05
10 นาที	46.71	40.49	40.41	43.58	39.94	38.30	41.68
15 นาที	46.94	39.89	39.84	41.72	40.63	39.74	41.96
20 นาที	47.12	40.72	41.34	43.62	39.64	39.01	41.52
25 นาที	46.70	39.88	40.73	43.57	41.38	38.43	40.14
30 นาที	47.27	39.81	40.89	42.19	40.10	39.60	40.72
C.V. (%)	2.85	3.62	3.89	6.07	6.20	5.23	6.60
ชุดควบคุม	48.79	40.60	40.66	42.27	41.12	40.18	41.14
A	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 ค่า C* สีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ค่า C* สีเปลือกด้านนอก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	30.51	27.61	31.10	27.72	30.12	29.52	29.60
40 °ซ นาน 10 นาที	30.16	30.91	28.80	27.66	28.33	29.28	28.09
40 °ซ นาน 15 นาที	29.25	27.89	28.72	26.94	27.21	29.71	28.78
40 °ซ นาน 20 นาที	29.70	28.71	27.82	27.25	28.34	29.80	28.82
40 °ซ นาน 25 นาที	29.62	26.45	27.51	26.58	27.32	27.44	28.24
40 °ซ นาน 30 นาที	28.79	28.43	26.93	26.85	28.05	27.96	26.03
50 °ซ นาน 5 นาที	28.54	27.05	27.59	27.98	29.90	28.81	29.02
50 °ซ นาน 10 นาที	28.72	27.90	27.29	28.20	28.49	27.21	28.22
50 °ซ นาน 15 นาที	29.41	28.25	28.15	26.53	29.00	28.55	28.12
50 °ซ นาน 20 นาที	29.43	29.64	27.09	27.27	27.61	27.46	26.54
50 °ซ นาน 25 นาที	28.58	29.02	26.99	28.48	27.74	28.33	27.66
50 °ซ นาน 30 นาที	27.28	27.80	28.62	26.70	27.17	27.82	27.22
ชุดควบคุม	29.14	29.03	28.95	28.25	29.11	28.14	28.41
C.V. (%)	4.30	5.24	5.70	4.44	4.97	4.88	5.13

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 ค่า C* สีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า C* สีเปลือกด้านนอก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	29.67[a]	28.33	28.48	27.17	28.23	28.95	28.26
50 °ซ	28.66[b]	28.28	27.62	27.53	28.32	28.03	27.80
C.V. (%)	3.96	6.10	6.28	4.44	5.54	5.05	5.47
เวลา (ปัจจัย B)	**ค่า C* สีเปลือกด้านนอก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**						
	0	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
5 นาที	29.52	27.33	29.35	27.85	30.01	29.17	29.31
10 นาที	29.44	29.40	28.05	27.93	28.41	28.24	28.16
15 นาที	29.33	28.07	28.43	26.74	28.11	29.13	28.45
20 นาที	29.56	29.18	27.46	27.26	27.97	28.63	27.68
25 นาที	29.10	27.74	27.25	27.53	27.53	27.88	27.95
30 นาที	29.03	28.12	27.77	26.77	27.61	27.89	26.62
C.V. (%)	4.18	5.82	6.34	4.40	4.95	5.29	4.97
ชุดควบคุม	29.14	29.03	28.95	28.25	29.11	28.14	28.41
A	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 ค่า H° สีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและ ระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ค่า H° สีเปลือกด้านนอก (องศา) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	74.02	63.99	69.55	67.58	65.84	66.95	67.47
40 °ซ นาน 10 นาที	70.77	69.90	64.65	66.38	66.26	66.00	65.92
40 °ซ นาน 15 นาที	72.24	67.33	66.47	66.85	66.62	65.12	66.32
40 °ซ นาน 20 นาที	74.76	68.74	66.64	67.93	67.09	66.30	68.68
40 °ซ นาน 25 นาที	74.16	64.92	66.43	67.86	67.30	64.45	66.28
40 °ซ นาน 30 นาที	75.46	67.91	66.59	67.24	65.23	65.39	65.36
50 °ซ นาน 5 นาที	73.33	65.21	66.79	65.56	68.44	66.63	68.39
50 °ซ นาน 10 นาที	73.90	67.56	65.77	68.03	65.66	64.72	67.28
50 °ซ นาน 15 นาที	72.71	70.46	66.35	65.58	67.39	68.11	67.27
50 °ซ นาน 20 นาที	73.77	69.08	68.28	68.18	65.67	66.40	66.37
50 °ซ นาน 25 นาที	71.74	67.24	65.53	66.92	67.98	66.87	66.21
50 °ซ นาน 30 นาที	71.54	66.31	67.93	65.94	65.40	66.40	65.31
ชุดควบคุม	74.82	67.69	67.31	66.13	65.92	65.63	66.95
C.V. (%)	3.31	3.43	3.00	2.67	3.48	2.98	3.22

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 20 ค่า H° สีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า H° สีเปลือกด้านนอก (องศา) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	73.57	67.13	66.72	67.31	66.39	65.70	66.67
50 °ซ	72.83	67.64	66.78	66.71	66.76	66.52	66.84
C.V. (%)	3.39	4.07	3.23	2.64	3.37	2.94	3.03
เวลา (ปัจจัย B)	**ค่า H° สีเปลือกด้านนอก (องศา) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**						
	0	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
5 นาที	73.67	64.60^{c}	68.17	66.57	67.14	66.79	68.03
10 นาที	72.33	68.73^{ab}	65.21	67.23	65.96	65.36	66.60
15 นาที	72.47	68.89^{a}	66.41	66.22	67.00	66.62	66.79
20 นาที	74.26	68.91^{a}	67.46	68.05	66.38	66.35	67.52
25 นาที	72.95	66.08^{bc}	65.98	67.39	67.64	65.66	66.24
30 นาที	73.50	67.11^{abc}	67.28	66.59	65.32	65.89	65.33
C.V. (%)	3.51	3.46	3.03	2.67	3.37	3.09	2.89
ชุดควบคุม	74.82	67.69	67.31	66.13	65.92	65.63	66.95
A	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 21 ค่า L* สีเปลือกด้านในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ค่า L* สีเปลือกด้านใน ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	75.46	68.61	72.02	71.75	71.17	68.55	66.24
40 °ซ นาน 10 นาที	75.09	70.34	70.80	70.69	70.39	68.19	67.27
40 °ซ นาน 15 นาที	75.41	70.83	72.01	68.59	70.94	68.54	66.62
40 °ซ นาน 20 นาที	75.39	71.12	71.57	71.10	70.92	68.80	68.29
40 °ซ นาน 25 นาที	76.58	70.48	70.94	70.24	68.60	66.56	66.52
40 °ซ นาน 30 นาที	74.14	71.81	69.32	70.71	68.50	62.92	65.37
50 °ซ นาน 5 นาที	75.83	70.74	68.27	68.68	70.39	67.30	65.16
50 °ซ นาน 10 นาที	74.81	71.12	68.87	68.58	68.53	68.01	65.59
50 °ซ นาน 15 นาที	75.46	71.57	71.44	69.69	69.79	67.10	67.60
50 °ซ นาน 20 นาที	75.03	71.53	69.60	69.71	67.23	62.92	65.96
50 °ซ นาน 25 นาที	75.30	71.04	69.33	69.56	68.85	67.97	67.17
50 °ซ นาน 30 นาที	75.22	67.05	67.76	69.96	67.51	64.32	65.93
ชุดควบคุม	76.16	73.05	70.54	69.05	69.08	66.76	65.87
C.V. (%)	1.29	2.50	2.36	3.34	2.61	3.11	2.92

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 22 ค่า L* สีเปลือกด้านในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า L* สีเปลือกด้านใน ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	75.34	70.53	71.11[a]	70.51	70.09[a]	67.26	66.72
50 °ซ	75.27	70.51	69.21[b]	69.36	68.72[b]	66.28	66.23
C.V. (%)	1.34	2.84	2.46	3.09	2.82	4.11	2.71
เวลา (ปัจจัย B)	ค่า L* สีเปลือกด้านใน ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
5 นาที	75.64	69.68	70.14	70.21	70.78	67.92[a]	65.70
10 นาที	74.95	70.73	69.84	69.63	69.46	68.10[a]	66.43
15 นาที	75.43	71.20	71.72	69.14	70.36	67.82[a]	67.11
20 นาที	75.21	71.33	70.59	70.41	69.07	65.89[ab]	67.13
25 นาที	75.94	70.76	70.13	69.90	68.73	67.26[a]	66.85
30 นาที	74.68	69.43	68.54	70.33	68.00	63.62[b]	65.65
C.V. (%)	1.29	2.80	2.63	3.34	2.82	3.61	2.73
ชุดควบคุม	76.16	73.05	70.55	69.05	69.08	66.76	65.87
A	ns	ns	*	ns	*	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
A X B	ns	ns	*	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 23 ค่า C* สีเปลือกด้านในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ค่า C* สีเปลือกด้านใน ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	20.49	22.34	22.27	23.27	26.37	24.16	24.84
40 °ซ นาน 10 นาที	20.52	21.70	21.98	23.35	23.03	24.56	25.03
40 °ซ นาน 15 นาที	21.67	22.39	21.60	23.37	23.93	24.42	24.69
40 °ซ นาน 20 นาที	20.46	22.37	22.85	24.40	22.93	24.64	25.58
40 °ซ นาน 25 นาที	20.55	21.88	22.49	23.70	24.03	24.09	24.65
40 °ซ นาน 30 นาที	19.72	22.46	22.28	22.18	23.90	23.70	24.60
50 °ซ นาน 5 นาที	19.62	21.90	22.63	23.40	23.27	23.12	24.08
50 °ซ นาน 10 นาที	21.15	20.89	23.61	23.98	24.45	24.08	23.50
50 °ซ นาน 15 นาที	19.26	21.19	22.35	23.02	25.12	24.46	25.01
50 °ซ นาน 20 นาที	20.16	20.63	21.89	22.87	23.53	22.90	24.75
50 °ซ นาน 25 นาที	19.99	22.52	22.13	22.56	24.09	23.53	24.72
50 °ซ นาน 30 นาที	20.47	23.11	23.80	23.35	25.03	24.28	24.53
ชุดควบคุม	19.97	21.60	21.30	23.51	23.86	23.83	26.08
C.V. (%)	4.13	6.52	6.40	4.83	7.24	3.63	3.18

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 24 ค่า C* สีเปลือกด้านในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า C* สีเปลือกด้านใน ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	20.47	22.19	22.25	23.38	23.70	24.26	24.90
50 °ซ	20.11	21.71	22.74	23.20	24.25	23.73	24.43
C.V. (%)	4.23	6.44	6.13	4.89	7.57	3.66	3.32
เวลา (ปัจจัย B)	**ค่า C* สีเปลือกด้านใน ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**						
	0	2	4	6	8	10	12
5 นาที	20.05	22.12	22.45	23.33	24.82	23.64	24.46
10 นาที	20.83	21.39	22.79	23.66	23.74	24.32	24.26
15 นาที	20.16	21.79	21.98	23.20	24.52	24.44	24.85
20 นาที	20.31	21.50	22.37	23.63	23.24	23.77	25.16
25 นาที	20.27	22.20	22.31	23.13	24.06	23.81	24.69
30 นาที	20.09	22.78	23.04	22.77	24.06	23.99	24.57
C.V. (%)	4.38	6.52	6.42	5.02	7.76	3.85	3.45
ชุดควบคุม	19.97	21.60	21.30	23.51	23.86	23.84	26.08
A	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 25 ค่า H° สีเปลือกด้านในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและ ระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	ค่า H° สีเปลือกด้านใน (องศา) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	84.30	87.63^{ab}	79.32	78.66	80.27	78.15^{ab}	77.39
40 °ซ นาน 10 นาที	84.32	80.95^{ab}	77.45	77.60	79.13	78.08^{ab}	76.07
40 °ซ นาน 15 นาที	86.34	81.08^{ab}	80.22	77.98	78.56	77.79^{ab}	77.68
40 °ซ นาน 20 นาที	86.23	82.36^{ab}	80.60	79.16	79.38	78.44^{ab}	77.95
40 °ซ นาน 25 นาที	86.31	80.44^{ab}	80.51	79.47	77.75	77.02^{ab}	77.55
40 °ซ นาน 30 นาที	87.31	81.93^{ab}	79.52	78.48	78.28	77.35^{ab}	76.67
50 °ซ นาน 5 นาที	85.66	80.41^{ab}	79.19	78.28	79.04	78.54^{ab}	77.71
50 °ซ นาน 10 นาที	84.94	80.28^{ab}	79.01	79.88	78.28	78.20^{ab}	78.21
50 °ซ นาน 15 นาที	86.70	82.61^{a}	80.83	78.64	79.27	79.56^{a}	78.19
50 °ซ นาน 20 นาที	84.13	81.67^{ab}	79.12	80.55	77.99	76.96^{ab}	77.89
50 °ซ นาน 25 นาที	86.24	81.57^{ab}	79.81	79.10	79.59	78.61^{ab}	77.07
50 °ซ นาน 30 นาที	84.85	79.39^{b}	79.71	79.27	77.76	76.89^{b}	76.95
ชุดควบคุม	86.83	81.95^{ab}	78.99	78.16	78.00	77.35^{ab}	76.71
C.V. (%)	1.62	1.71	1.79	2.07	1.82	1.15	1.53

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 26 ค่า H° สีเปลือกด้านในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

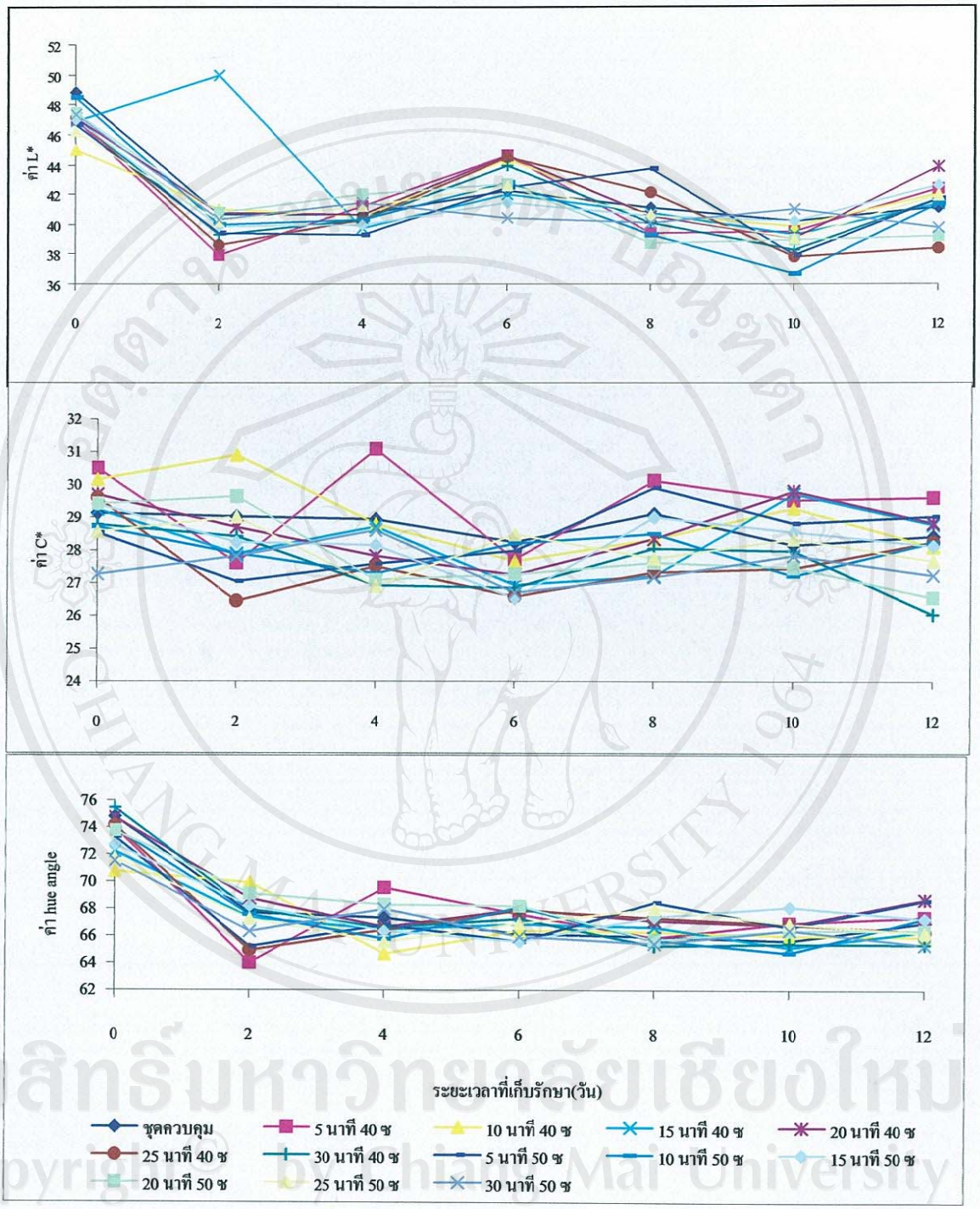
อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า H° สีเปลือกด้านใน (องศา) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	85.80	80.90	79.65	78.56	78.89	77.80	77.22
50 °ซ	85.42	80.82	79.61	79.29	78.65	78.13	77.67
C.V. (%)	1.83	2.18	1.87	2.01	1.85	1.40	1.34
เวลา (ปัจจัย B)	**ค่า H° สีเปลือกด้านใน (องศา) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**						
	0	2	4	6	8	10	12
5 นาที	84.98	79.52[b]	79.25	78.47	79.65	78.34	77.55
10 นาที	84.63	80.62[ab]	78.38	78.74	78.70	78.14	77.14
15 นาที	86.52	81.85[a]	80.52	78.31	78.92	78.68	77.93
20 นาที	85.18	82.02[a]	79.86	79.85	78.68	77.70	77.92
25 นาที	86.27	81.01[ab]	80.16	79.29	78.67	77.81	77.31
30 นาที	86.08	80.16[ab]	79.61	78.88	78.02	77.12	76.81
C.V. (%)	1.74	1.99	1.76	2.08	1.86	1.33	1.34
ชุดควบคุม	86.83	81.95	78.99	78.16	77.10	77.35	76.71
A	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	*	ns	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

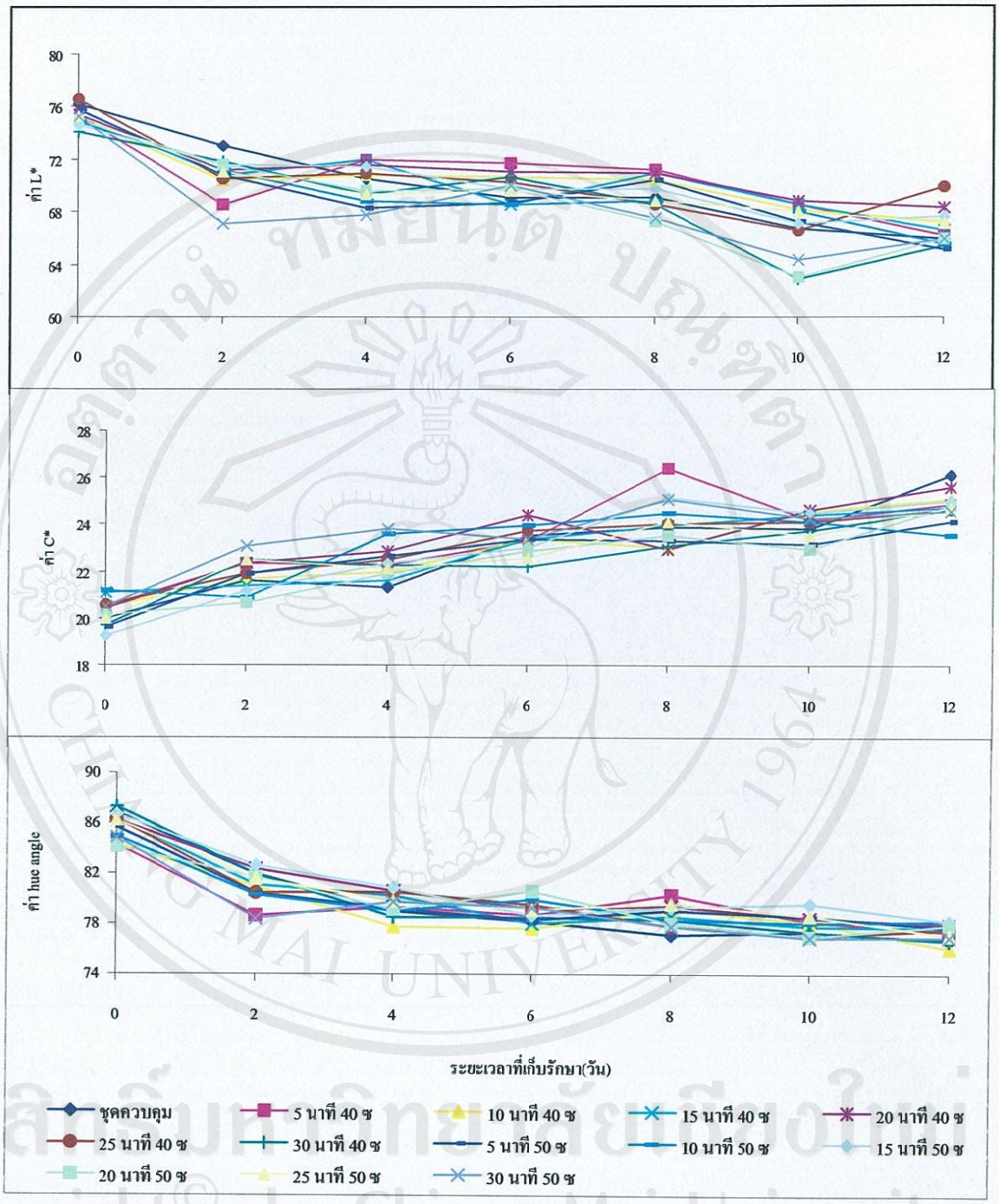
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



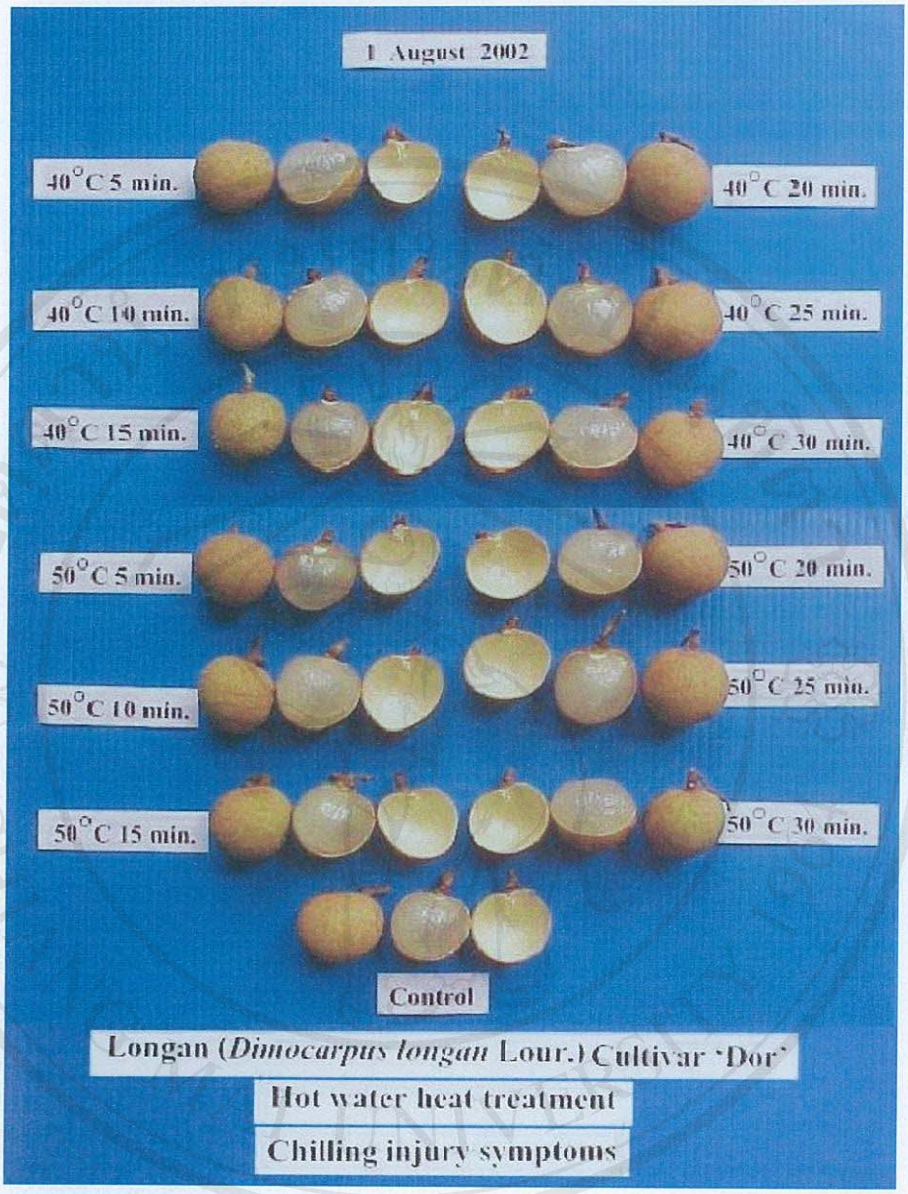
ภาพที่ 24 ค่า L* ค่า C* และค่า H° สีเปลือกนอกของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



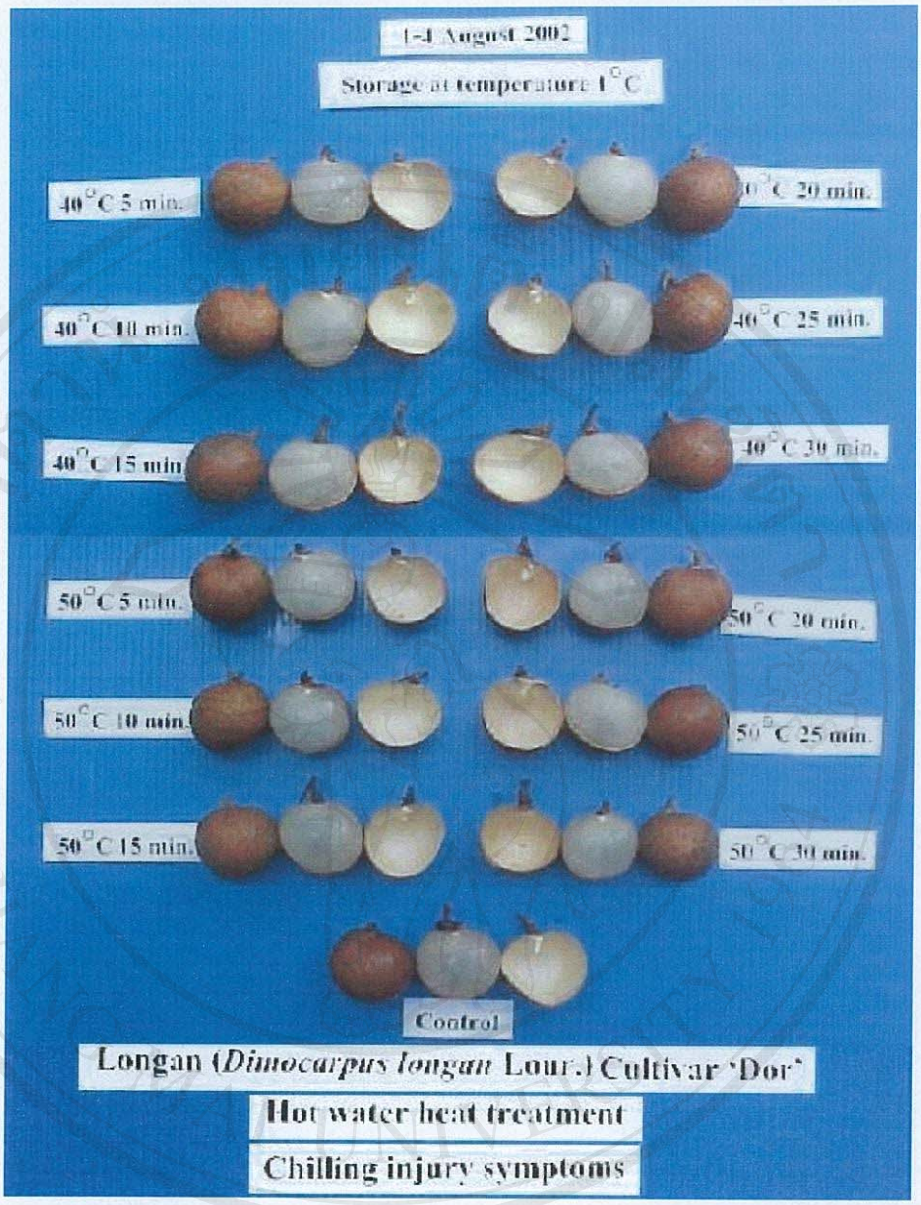
ภาพที่ 25 ค่า L* ค่า C* และค่า H° สีเปลือกในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



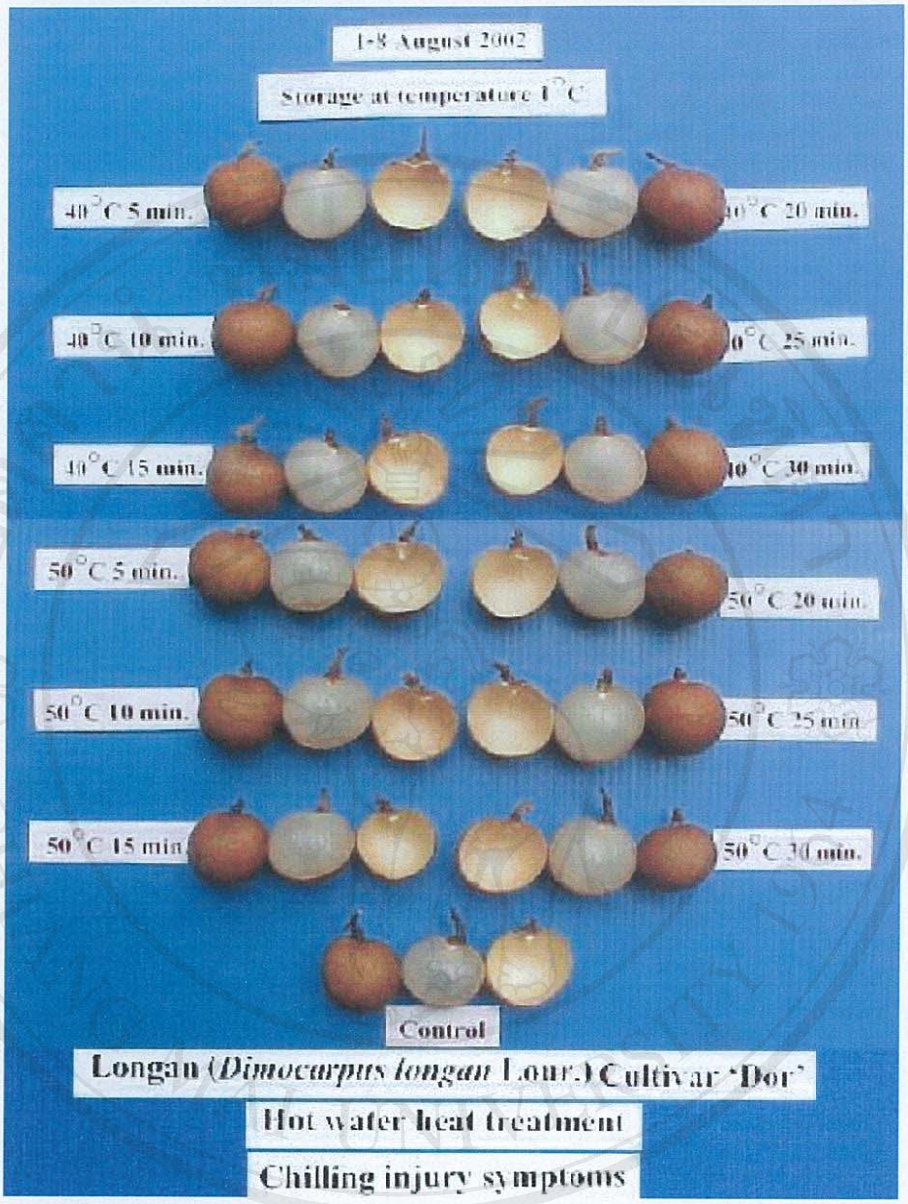
ภาพที่ 26 ลักษณะภายนอกและภายในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



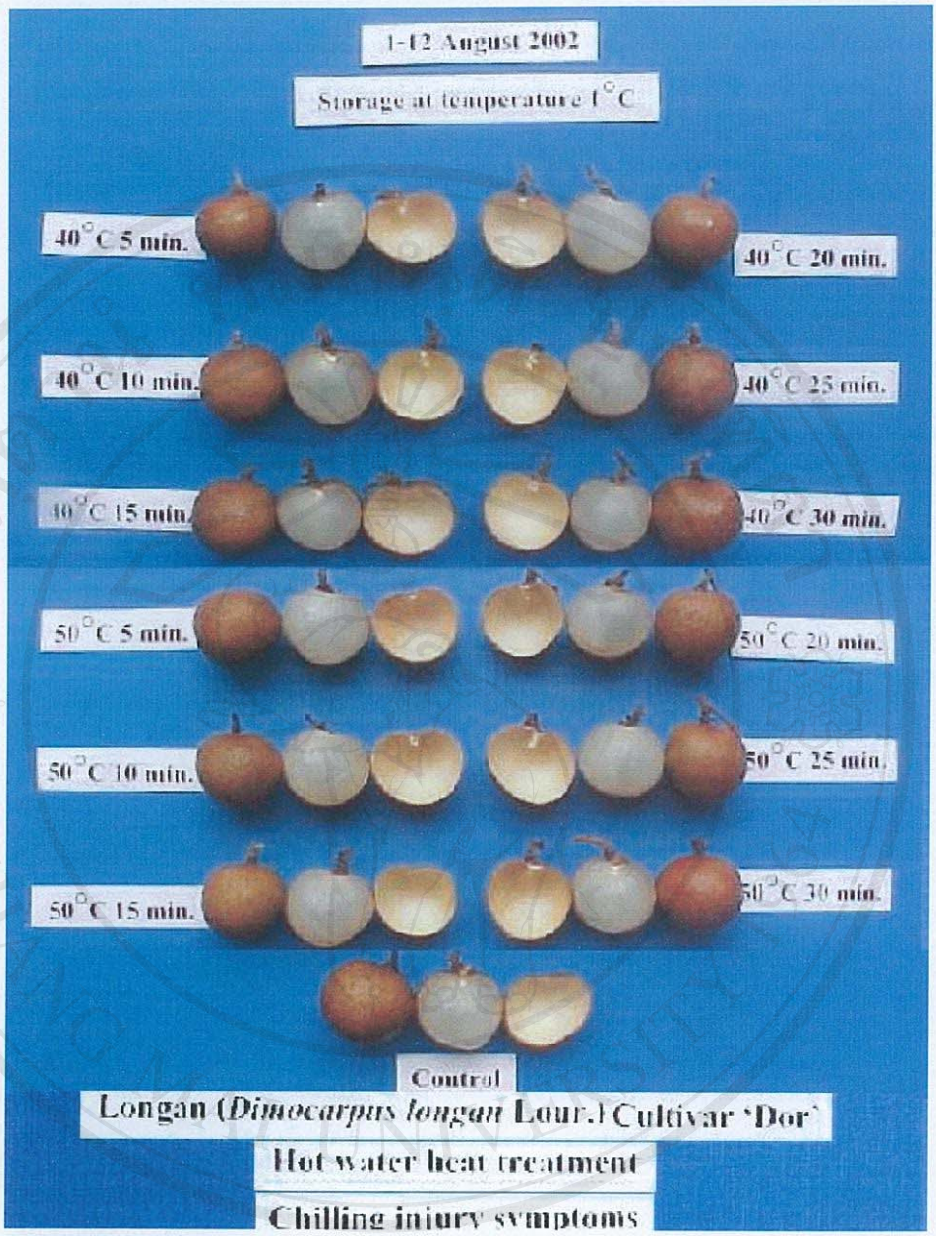
ภาพที่ 27 ลักษณะภายนอกและภายในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 28 ลักษณะภายนอกและภายในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 29 ลักษณะภายนอกและภายในของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ความร้อนต่อการสูญเสียน้ำหนักกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับความร้อน พบว่า ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 4.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10, 15 และ 25 นาที และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ที่มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.35, 2.14, 2.43, 2.32, 2.03, 2.17, 2.12, 2.93 และ 2.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P = 0.02$) และในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 5.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 25 นาที ที่มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.61 และ 3.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P = 0.02$) แต่เมื่อเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 4 วัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การที่ชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการใช้ความร้อนอาจเนื่องจากชุดควบคุมไม่ได้แช่ผลลำไยในน้ำร้อนทำให้ไม่มีน้ำเคลือยผิวผลลำไย ดังนั้นการสูญเสียน้ำหนักจึงมีค่ามากกว่า (ตารางที่ 27)

การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ในผลลำไยในน้ำร้อนพบว่า การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 30) ผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 7.30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 6.73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น ($P = 0.02$) ส่วนเวลาที่ใช้ในการแช่ในน้ำร้อนไม่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลลำไย และในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษาอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนมีปฏิสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P = 0.03$ และ 0.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 28)

การสูญเสียน้ำหนักที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการหายใจของผลิตผลและการแพร่กระจายของไอน้ำผ่านคิวติเคิลที่เคลือบผิวทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลระหว่างการเก็บรักษา (จริงแท้, 2542) เนื่องจากผลลำไย มีเปลือกแห้ง กรอบ และมีสีคล้ำลง นอกจากนี้เมื่อผลลำไยสูญเสียน้ำอาจส่งผลกระตุ้นให้เอนไซม์ PPO มีกิจกรรมมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามบทบาทของเอนไซม์ PPO ต่อการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลยังไม่ชัดเจนนัก (Jiang *et al.*, 2002) ดังนั้นผลลำไยในทุกกรรมวิธีจึงมีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษาโดยที่ได้รับอุณหภูมิสูงมาก่อนในผลพริกหวาน (เพชรดา, 2540) ผลมะม่วง (ธเนศวร์, 2541) ผลมะเขือเทศ (นันทวุฒิ, 2545) ผลแอปเปิล (Klein and Lurie, 1990) และผลส้มพันธุ์ Fortune (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 1997)

2.5 การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์

ผลของการใช้ความร้อนต่อการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไย พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ชุดควบคุมมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์มากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 22.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ที่มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 14.32 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 29)

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อน ผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 19.03 และ 16.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา (วันที่ 0) แต่เมื่อเก็บรักษานาน 4 และ 6 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คือมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 44.94 และ 40.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน และมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 48.85 และ 46.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30 นาทีมีแนวโน้มมากที่สุด คือในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (วันที่ 0) การแช่ในน้ำร้อนนาน 30, 25, 20 และ 10 นาที ทำให้การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยเท่ากับ 20.15, 19.11, 18.03 และ 17.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการแช่ในน้ำร้อนนาน 5 และ 15 นาที ซึ่งมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 17.01 และ 16.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน การแช่ในน้ำร้อนนาน 30, 25, และ 10 นาที มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ไม่แตกต่างกัน คือมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

52.36, 48.05 และ 46.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการแช่ในน้ำร้อนนาน 5, 15 และ 20 นาที ที่มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 46.16, 45.12 และ 46.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษานาน 12 วันพบว่า การแช่ในน้ำร้อนนาน 30, 15 และ 20 นาทีทำให้การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยมากกว่าการแช่ในน้ำร้อนนาน 5, 25 และ 10 นาที โดยที่การแช่ในน้ำร้อนนาน 30, 15 และ 20 นาทีมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ใกล้เคียงกัน คือ มีค่าเท่ากับ 48.36, 47.25 และ 44.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการแช่ในน้ำร้อนนาน 5, 25 และ 10 นาทีที่มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ใกล้เคียงกัน่ คือมีค่าเท่ากับ 42.68, 42.29 และ 40.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้งในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (วันที่ 0) และวันที่ 6 ของการเก็บรักษาอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ในน้ำกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยมีปฏิสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P = 0.01$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ (ตารางที่ 30) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่เปลือกของผลลำไยพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 30)

การทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้ความร้อนก่อนการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการลดอาการสะท้านหนาวได้ เนื่องจากค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ผลงานวิจัยที่ให้ความร้อนก่อนการเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส พบว่า ทำให้ผลลำไยมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นและไม่สามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้ (ดนัยและคณะ, 2544) ทั้งนี้การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์จากเนื้อเยื่อเปลือกของผลลำไยอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเก็บรักษาผลลำไยไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ที่เป็นระดับของอุณหภูมิต่ำที่ชักนำให้เกิดการสะท้านหนาวทำให้องค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือเยื่อหุ้มอวัยวะภายในเซลล์ของผลลำไยบางส่วนมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือ กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนสภาพจากลักษณะที่เป็นของเหลว (liquid crystalline) มาเป็นลักษณะแข็ง (solid gel) ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์มีการทำงานผิดปกติ ซึ่งเยื่อหุ้มเหล่านี้ทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ แบ่งให้อวัยวะต่างๆในเซลล์อยู่แยกจากกัน นอกจากนี้ยังเป็นบริเวณที่มีกระบวนการสำคัญต่างๆ เกิดขึ้น ได้แก่ การหายใจ และการสังเคราะห์แสง (จริงแท้, 2542 ; ดนัย, 2540 ; Wang, 1982) สอดคล้องกับดนัยและคณะ (2543) ที่รายงานว่า ผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มมากในวันที่ 5-6 ของการเก็บรักษาในผลมะเขือเทศพันธุ์ที่อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 7 และ 15 วัน เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มากกว่าสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ (King and Ludford, 1983) การเก็บรักษาพริกหวานที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่า แสดงอาการสะท้านหนาวและมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 และ 6 องศาเซลเซียส (เพชรดา, 2540) นอกจากนี้การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอาจเป็นเพราะเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลลำไยเข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพซึ่งในช่วงการเสื่อมสภาพจะมีการสลายตัวของเยื่อหุ้มต่างๆ ภายในเซลล์ทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง (ดนัยและคณะ, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับในการทดลองนี้ที่ปรากฏว่าผิวของผลลำไยมีสีคล้ำลง และมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

การใช้ความร้อนก่อนการเก็บรักษาผลลำไยให้ผลที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่นคือ การแช่ในผลมะเขือเทศดิบในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ (McDonald and McCollum, 1996) เช่นเดียวกับ Hakim and Voipio (1995) การแช่ในผลมะเขือเทศดิบในน้ำอุณหภูมิ 38-46 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 หรือ 6 สัปดาห์ ช่วยลดอาการสะท้านหนาวของผลมะเขือเทศได้ การเก็บรักษาผลมะเขือเทศในสภาพที่มีอุณหภูมิ 36, 38 และ 40 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ก่อนนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ทำให้การรั่วไหลของโพแทสเซียมของเนื้อเยื่อลดลงและสามารถป้องกันการสะท้านหนาวของผลมะเขือเทศได้ ในขณะที่ผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษามีการรั่วไหลของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของฟอสโฟลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase D และ phosphatidic acid เพิ่มขึ้นในผลมะเขือเทศที่แสดงอาการสะท้านหนาวในระหว่างการเก็บรักษา (Lurie and Klein, 1991) การแช่ในผลอะโวกาโดพันธุ์ Hass ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส ทำให้การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดอาการสะท้านหนาวของผลอะโวกาโดในระหว่างการเก็บรักษาได้ ขณะที่ผลอะโวกาโดที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษามีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นถึง 480 เปอร์เซ็นต์ (Woolf, 1997) แต่จากผลการทดลองนี้พบว่า การแช่ผลลำไยในน้ำร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ กัน ทำให้มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นประมาณ 47.69 – 71.07 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลลำไยที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษามีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นประมาณ 49.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน การใช้ความร้อนช่วยป้องกันการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สะท้านหนาวโดยการชักนำให้มีการสังเคราะห์ HSPs ระหว่างที่ได้รับความร้อนโดย HSPs ช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์และโปรตีนที่เกี่ยวกับเยื่อหุ้ม และยังช่วยป้องกันเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะที่เก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นไปได้ว่า HSPs เข้ามาเกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มโดยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์และช่วยให้กระบวนการทำงานของเยื่อหุ้มดำเนินไปตามปกติในระหว่างที่พืชเกิดความเครียดจากการได้รับความร้อน (Sabehat *et al.*, 1996) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาของ Lurie and Klein (1991) พบว่าการให้ความร้อนแก่ผลมะเขือเทศในระยะผลแก่จัดสีเขียวก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเมื่อแยกโปรตีนโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสแบบ SDS-PAGE มีแถบโปรตีนเป็นจำนวนมากบนแผ่นเจลซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี เกิดการรั่วไหลของโพแทสเซียมออกจากเนื้อเยื่อของผลมะเขือเทศเพิ่มขึ้น และไม่สามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนก่อนการเก็บรักษาไม่ได้ลดอาการสะท้านหนาวได้เสมอไป

2.6 ลักษณะปรากฏของอาการสะท้านหนาว

ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นกับผลลำไยคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวโดยผิวเปลือกของผลลำไยมีสีคล้ำลงทั้งด้านนอกและด้านใน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของดนัยและคณะ (2543) และ Kader (2002) ที่รายงานว่า เมื่อเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสทำให้ผลลำไยแสดงอาการสะท้านหนาวที่ผิวของเปลือกเป็นสีคล้ำ รสชาติผิดปกติ และเน่าเสียง่าย

ผลการสังเกตอาการสะท้านหนาวของผลลำไย ซึ่งแบ่งการให้คะแนนอาการสะท้านหนาวของผลลำไยออกเป็น 5 ระดับคือ 1=ไม่มีอาการ, 2=มีอาการเล็กน้อย น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์, 3=มีอาการปานกลาง ตั้งแต่ 5-25 เปอร์เซ็นต์, 4=มีอาการรุนแรง ตั้งแต่ 25-50 เปอร์เซ็นต์ และ 5=มีอาการรุนแรง มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Chaplin *et al.*, 1986) พบว่า ลักษณะปรากฏของอาการสะท้านหนาวในผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20, 25 และ 30 นาที มีคะแนนอาการสะท้านหนาวมากกว่าชุดควบคุม คือมีคะแนนเท่ากับ 1.33, 1.40, 1.60 และ 1.00 เมื่อเก็บรักษานาน 2 วัน ; มีคะแนนเท่ากับ 3.20, 3.33, 3.47 และ 2.80 เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 6 วันชุดควบคุมมีคะแนนอาการสะท้านหนาวมากกว่าผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที คือมีคะแนนเท่ากับ 5.00 และ 4.20 ตามลำดับ (ตารางที่ 31)

เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ผลลำไยในน้ำร้อน พบว่า ลักษณะปรากฏของอาการสะท้านหนาวในผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนอาการสะท้านหนาวของผลลำไยมากกว่าการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คือ มีคะแนน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 1.23 และ 1.00 เมื่อเก็บรักษานาน 2 วัน ; มีคะแนนเท่ากับ 3.12 และ 2.80 เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ; มีคะแนนเท่ากับ 4.98 และ 4.55 เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ตามลำดับ หลังจากวันที่ 6 ผลลำไยทุกกรรมวิธีได้คะแนนอาการสะท้านหนาวสูงสุดเท่ากับ 5 เท่ากันทั้งหมด ซึ่งมีอาการรุนแรงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน อาการสะท้านหนาวของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30, 25 และ 20 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือมีอาการสะท้านหนาวเท่ากับ 1.30, 1.20 และ 1.17 คะแนน ตามลำดับ แต่อาการสะท้านหนาวของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30 นาทีแตกต่างจากอาการสะท้านหนาวของผลลำไยที่แช่น้ำร้อนนาน 15, 10 และ 5 นาที ที่มีอาการสะท้านหนาวเท่ากับ 1.03, 1.00 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน อาการสะท้านหนาวของผลลำไยที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30, 25 และ 20 นาที มีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีค่าเท่ากับ 3.17, 3.13 และ 3.00 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่น้ำร้อนนาน 15, 10 และ 5 นาที ที่มีอาการสะท้านหนาวเท่ากับ 2.87, 2.83 และ 2.77 คะแนน ตามลำดับ ($P < 0.01$) ในวันที่ 2, 4 และ 6 ของการเก็บรักษาอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงในการแช่ในน้ำกับระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไยมีปฏิสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.01$ เท่ากันทั้งหมด (ตารางที่ 32) ผลการทดลองได้พบว่า ลักษณะปรากฏของอาการสะท้านหนาวของผลลำไยในทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2-6 หลังจากนี้ค่อนข้างคงที่ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 26-29, 30) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ ผลลำไยมีผิวสีคล้ำลง มีการสูญเสียน้ำหนักและการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 27 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	2.66^{ab}	5.09^{ab}	6.80	7.19	7.39	7.66
40 °ซ นาน 10 นาที	2.35^{b}	4.55^{ab}	6.15	6.48	6.87	7.16
40 °ซ นาน 15 นาที	2.14^{b}	4.13^{ab}	6.36	6.85	7.17	7.26
40 °ซ นาน 20 นาที	2.49^{ab}	4.74^{ab}	6.48	6.81	6.96	7.13
40 °ซ นาน 25 นาที	2.43^{b}	4.67^{ab}	6.73	7.01	7.16	7.35
40 °ซ นาน 30 นาที	2.50^{ab}	4.80^{ab}	6.58	6.92	7.10	7.24
50 °ซ นาน 5 นาที	2.32^{b}	4.40^{ab}	6.35	6.72	6.87	7.21
50 °ซ นาน 10 นาที	2.03^{b}	3.61^{b}	5.46	6.09	6.36	6.65
50 °ซ นาน 15 นาที	2.17^{b}	4.12^{ab}	5.92	6.34	6.57	6.69
50 °ซ นาน 20 นาที	2.12^{b}	4.04^{ab}	5.88	6.21	6.39	6.54
50 °ซ นาน 25 นาที	2.93^{b}	3.50^{b}	5.31	5.84	6.09	6.30
50 °ซ นาน 30 นาที	2.23^{b}	4.51^{ab}	6.45	6.60	6.82	6.99
ชุดควบคุม	4.41^{a}	5.34^{a}	6.97	7.31	7.41	7.72
C.V. (%)	27.31	13.14	9.67	7.50	7.08	9.54

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 28 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	2.43[a]	4.66[a]	6.52[a]	6.88[a]	7.11[a]	7.30[a]
50 °ซ	2.13[b]	4.03[b]	5.89[b]	6.30[b]	6.52[b]	6.73[b]
C.V. (%)	10.88	13.32	9.87	7.49	6.80	8.88
เวลา (ปัจจัย B)	**การสูญเสียน้ำหนัก (%) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**					
	2	4	6	8	10	12
5 นาที	2.49	4.74	6.58	6.96	7.13	7.43
10 นาที	2.19	4.08	5.80	6.28	6.62	6.90
15 นาที	2.15	4.12	6.14	6.59	6.87	6.98
20 นาที	2.31	4.39	6.18	6.51	6.68	6.84
25 นาที	2.18	4.08	6.02	6.43	6.62	6.82
30 นาที	2.37	4.65	6.51	6.76	6.96	7.11
C.V. (%)	12.27	14.76	10.87	8.57	8.10	9.92
ชุดควบคุม	4.41	5.34	6.97	7.31	7.41	7.72
A	*	*	*	*	*	*
B	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B	*	*	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 29 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ (%)						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	16.27^{abc}	35.39	45.98	49.94^{ab}	44.87	41.93	43.00
40 °ซ นาน 10 นาที	15.12^{abc}	29.22	44.39	47.66^{ab}	42.64	46.93	41.72
40 °ซ นาน 15 นาที	14.32^{c}	35.22	39.24	44.43^{ab}	48.06	55.55	46.76
40 °ซ นาน 20 นาที	15.34^{abc}	27.82	49.21	53.03^{a}	49.65	50.84	44.83
40 °ซ นาน 25 นาที	18.63^{abc}	34.45	43.56	47.17^{ab}	51.88	46.19	44.28
40 °ซ นาน 30 นาที	21.12^{ab}	32.19	47.29	50.87^{ab}	41.40	50.82	49.24
50 °ซ นาน 5 นาที	17.75^{abc}	36.38	40.23	42.37^{ab}	45.01	52.04	42.36
50 °ซ นาน 10 นาที	19.13^{abc}	36.51	45.20	46.18^{ab}	41.31	50.54	38.80
50 °ซ นาน 15 นาที	18.05^{abc}	30.76	39.09	45.81^{ab}	47.97	49.62	47.74
50 °ซ นาน 20 นาที	20.52^{abc}	29.04	39.98	39.23^{b}	43.61	48.58	45.12
50 °ซ นาน 25 นาที	19.60^{abc}	38.69	34.52	48.94^{ab}	38.83	47.17	40.30
50 °ซ นาน 30 นาที	19.18^{abc}	27.21	42.02	53.86^{a}	48.48	51.14	47.48
ชุดควบคุม	22.52^{a}	29.81	34.97	44.97^{ab}	42.58	49.60	43.86
C.V. (%)	11.49	16.06	12.68	8.59	12.02	10.73	9.57

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 30 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ (%) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	16.83[b]	32.38	44.94[a]	48.85[a]	46.42	48.71	44.97
50 °ซ	19.03[a]	34.77	40.17[b]	46.06[b]	44.20	49.85	43.63
C.V. (%)	14.41	16.87	13.31	10.81	13.22	11.38	10.84
เวลา (ปัจจัย B)	**การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ (%) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**						
	0	2	4	6	8	10	12
5 นาที	17.01[c]	35.88	43.10	46.16[b]	44.94	46.98	42.68[bc]
10 นาที	17.12[ab]	32.86	44.79	46.92[ab]	41.97	48.73	40.26[c]
15 นาที	16.18[c]	32.99	39.17	45.12[b]	48.02	52.59	47.25[ab]
20 นาที	18.03[ab]	28.43	44.59	46.13[b]	46.63	49.71	44.97[abc]
25 นาที	19.11[ab]	36.57	39.04	48.05[ab]	45.35	46.68	42.29[c]
30 นาที	20.15[a]	34.70	44.65	52.36[a]	44.94	50.98	48.36[a]
C.V. (%)	14.59	16.18	14.02	10.63	13.61	11.26	9.18
ชุดควบคุม	22.52	29.81	34.97	44.97	42.58	49.60	43.86
A	*	ns	*	*	ns	ns	ns
B	*	ns	ns	*	ns	ns	*
A X B	*	ns	ns	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 31 อาการสะท้านหนาวของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วิธีการ ระดับอุณหภูมิที่แช่ผลลำไยและระยะเวลาที่ได้รับความร้อนของผลลำไย	อาการสะท้านหนาว (คะแนน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ นาน 5 นาที	1.00	1.00^{c}	2.67^{d}	4.20^{b}	5.00	5.00	5.00
40 °ซ นาน 10 นาที	1.00	1.00^{c}	2.80^{d}	4.60^{ab}	5.00	5.00	5.00
40 °ซ นาน 15 นาที	1.00	1.00^{c}	2.73^{d}	4.47^{ab}	5.00	5.00	5.00
40 °ซ นาน 20 นาที	1.00	1.00^{c}	2.80^{d}	4.40^{ab}	5.00	5.00	5.00
40 °ซ นาน 25 นาที	1.00	1.00^{c}	2.93^{cd}	4.80^{ab}	5.00	5.00	5.00
40 °ซ นาน 30 นาที	1.00	1.00^{c}	2.87^{cd}	4.87^{ab}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ นาน 5 นาที	1.00	1.00^{c}	2.87^{cd}	4.93^{a}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ นาน 10 นาที	1.00	1.00^{c}	2.87^{cd}	4.93^{a}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ นาน 15 นาที	1.00	1.07^{c}	3.00^{bcd}	5.00^{a}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ นาน 20 นาที	1.00	1.33^{b}	3.20^{abc}	5.00^{a}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ นาน 25 นาที	1.00	1.40^{ab}	3.33^{ab}	5.00^{a}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ นาน 30 นาที	1.00	1.60^{a}	3.47^{a}	5.00^{a}	5.00	5.00	5.00
ชุดควบคุม	1.00	1.00^{c}	2.80^{d}	5.00^{a}	5.00	5.00	5.00
C.V. (%)	-	2.04	4.47	5.10	-	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Tukey's (HSD) test

ระบบการให้คะแนน 5 ระดับ คือ

1 = ไม่มีอาการ

2 = มีอาการเล็กน้อย น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

3 = มีอาการปานกลาง ตั้งแต่ 5-25 เปอร์เซ็นต์

4 = มีอาการรุนแรง ตั้งแต่ 25-50 เปอร์เซ็นต์

5 = มีอาการรุนแรงมาก มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Chaplin *et al.*, 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 32 อาการสะท้านหนาวของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	อาการสะท้านหนาว (คะแนน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
40 °ซ	1.00	1.00^{b}	2.80^{b}	4.55^{b}	5.00	5.00	5.00
50 °ซ	1.00	1.23^{a}	3.12^{a}	4.98^{a}	5.00	5.00	5.00
C.V. (%)	-	15.82	6.98	5.70	-	-	-
เวลา (ปัจจัย B)	อาการสะท้านหนาว (คะแนน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
5 นาที	1.00	1.00^{b}	2.77^{c}	4.57	5.00	5.00	5.00
10 นาที	1.00	1.00^{b}	2.83^{c}	4.77	5.00	5.00	5.00
15 นาที	1.00	1.03^{b}	2.87^{bc}	4.73	5.00	5.00	5.00
20 นาที	1.00	1.17^{ab}	3.00^{abc}	4.70	5.00	5.00	5.00
25 นาที	1.00	1.20^{ab}	3.13^{ab}	4.90	5.00	5.00	5.00
30 นาที	1.00	1.30^{a}	3.17^{a}	4.93	5.00	5.00	5.00
C.V. (%)	-	17.04	7.71	7.24	-	-	-
ชุดควบคุม	1.00	1.00	2.80	5.00	5.00	5.00	5.00
A	ns	*	*	*	ns	ns	ns
B	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	*	*	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระบบการให้คะแนน 5 ระดับ คือ

1 = ไม่มีอาการ

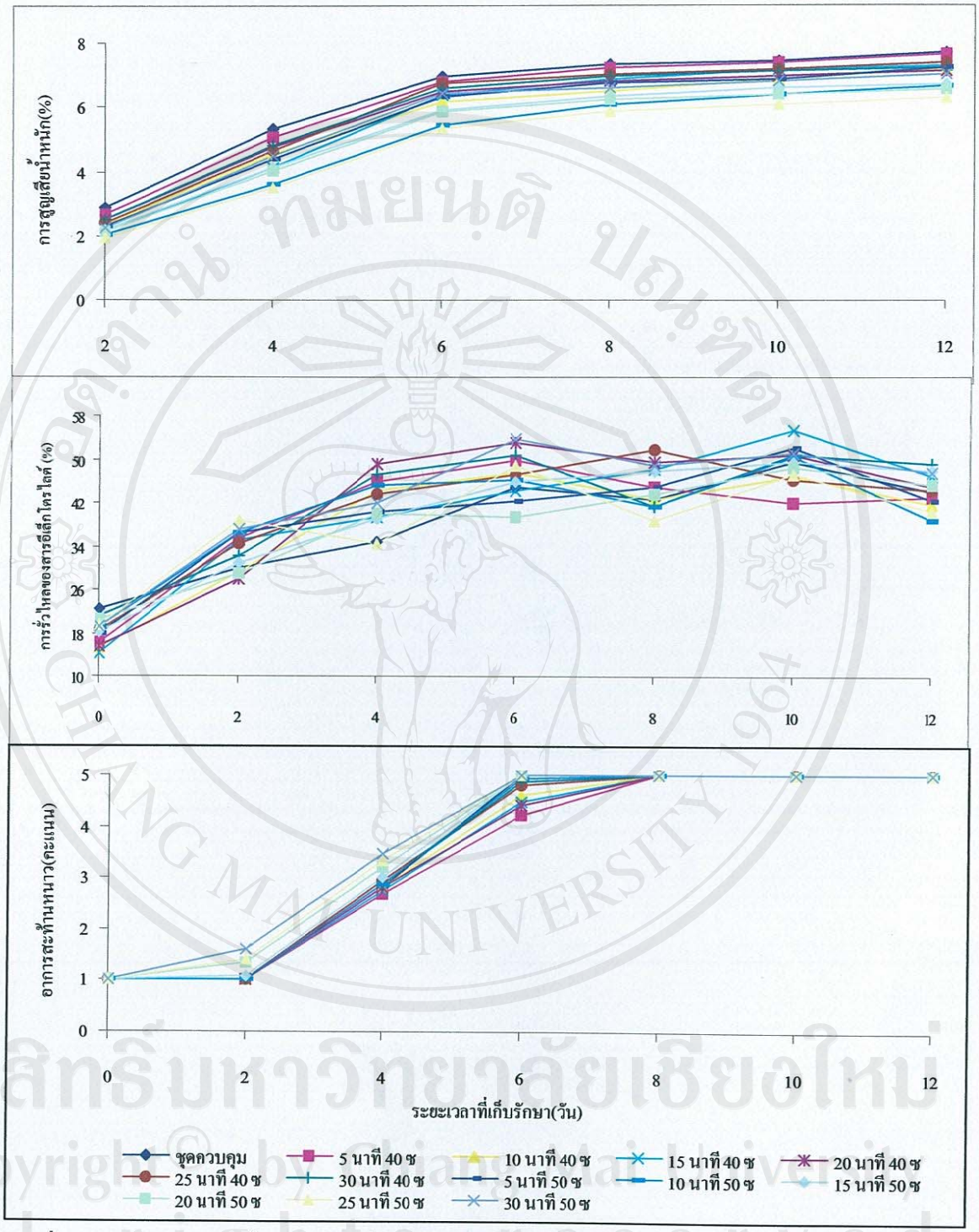
2 = มีอาการเล็กน้อย น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

3 = มีอาการปานกลาง ตั้งแต่ 5-25 เปอร์เซ็นต์

4 = มีอาการรุนแรง ตั้งแต่ 25-50 เปอร์เซ็นต์

5 = มีอาการรุนแรงมาก มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Chaplin *et al.*, 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 30 **การสูญเสียน้ำหนัก การรั่วไหลของสาร อิเล็กโตรไลต์ และอาการสะท้านหนาวของผลลำไยพันธุ์ดอที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved