บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 ผลของการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำผึ้งชนิดต่างๆ

ได้นำน้ำผึ้งดอกลำไย น้ำผึ้งดอกสาบเสือ และน้ำผึ้งดอกทานตะวัน จากสุภาฟาร์มผึ้ง อ. แม่ริม จ.เชียงใหม่ มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่ทำให้น้ำผึ้งเกิดการตกผลึก

4.1.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งเริ่มต้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำผึ้งทั้ง สามชนิด ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนได้ผลดังตารางที่ 4.1 จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำผึ้งดอกลำไยมีความชื้น (ฐานเปียก) ร้อยละ 21.00 ซึ่งสูงกว่าน้ำผึ้งดอกสาบเสือและน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีความชื้น (ฐานเปียก) ร้อยละ 20.00 และ 19.50 ตามลำดับ ซึ่งปกติแล้วน้ำผึ้งดอกสาบเสือจะมีความชื้นสูงกว่าน้ำผึ้งดอกลำไย เนื่องจากลักษณะของดอกสาบเสือจะมีความชื้นในน้ำหวานสูงกว่าดอกลำไย (ชลดา, 2547) แต่ความชื้นในน้ำผึ้งที่นำมาศึกษานี้ มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย อาจมีสาเหตุมาจากความชื้นของน้ำหวานในดอกไม้แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย เพราะในฤดูแล้งความชื้นในน้ำหวานก็จะน้อยตามไปด้วย รวมถึงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวน้ำผึ้งดอกสาบเสืออาจจะนานขึ้น ทำให้ผึ้งสามารถกำจัดความชื้นออกได้มากขึ้น

ปริมาณของแข็งในน้ำผึ้งจะแปรผกผันกับความชื้น ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีปริมาณของแข็งมากที่สุดคือร้อยละ 80.50 รองลงมาคือน้ำผึ้งดอกสาบเสือที่มีร้อยละ 80.00 และน้ำผึ้งดอกลำไยที่ร้อยละ 79.00 แต่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) จะแปรผันตามปริมาณความชื้น ซึ่งพบว่าเมื่อมีปริมาณความชื้นมาก ปริมาณน้ำอิสระจะมีค่ามากตามไปด้วย ดังผลการทดลอง น้ำผึ้งดอกลำไยจึงมีปริมาณน้ำอิสระสูงสุด (0.53±0.01) ในขณะที่น้ำผึ้งดอกสาบเสือและน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากัน (0.52±0.02) และต่ำกว่าน้ำผึ้งดอกลำไย อันเนื่องมาจากการที่น้ำผึ้งทั้งสองชนิดมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่า

ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในน้ำผึ้งทั้งสามชนิดอยู่ในช่วง 3.53-4.49 ซึ่งเป็นช่วงที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำผึ้ง 3.6-5.6 (ตารางที่ 2.3) ปริมาณกรดในน้ำผึ้งทั้งสามชนิดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.02-0.06 ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างจะไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรด และปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นหรือปริมาณน้ำอิสระ เนื่องจากในน้ำผึ้งแต่ละชนิดมีปริมาณของสารที่เป็นบัฟเฟอร์อยู่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ปริมาณกรดอิสระในน้ำผึ้งจะขึ้นอยู่กับชนิดและเอนไซม์ที่สร้างกรดในน้ำผึ้งด้วย (ลักขณา และนิธิยา, 2544)

น้ำผึ้งเป็นอาหารที่มีน้ำตาลอยู่สูงมากดังนั้นจึงมีโปรตีนน้อย โดยทั่วไปน้ำผึ้งจะมีไนโตรเจนอยู่ที่ร้อยละ 0.05-0.38 (ตารางที่ 2.3) จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำผึ้งดอกลำไยมีไนโตรเจนร้อยละ 0.05 ในขณะที่ทั้งน้ำผึ้งดอกสาบเสือและน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีไนโตรเจนเท่ากัน คือ ร้อยละ 0.06

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไย น้ำผึ้งดอกสาบเสือ และน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

คุณภาพทางเคมี	ชนิด		
	น้ำผึ้งดอกลำไย	น้ำผึ้งดอกสาบเสือ	น้ำผึ้งดอกทานตะวัน
1. ความชื้น (ร้อยละ)	21.0 ± 0.21	20.0 ± 0.19	19.5 ± 0.46
2. ของแข็ง (ร้อยละ)	79.0 ± 0.05	80.0 ± 0.02	80.5 ± 0.02
3. เถ้า (ร้อยละ)	0.07 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.11 ± 0.03
4. น้ำอิสระ (a_w)	0.53 ± 0.01	0.52 ± 0.02	0.52 ± 0.01
5. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	4.49 ± 0.01	3.84 ± 0.00	3.53 ± 0.02
6. ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (ร้อยละ)	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.06 ± 0.00
7. กลูโคส (ร้อยละ)	33.85	31.13	32.10
8. ฟรุกโตส (ร้อยละ)	43.89	48.54	40.66
9. ซูโครส (ร้อยละ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
10. มอลโตส (ร้อยละ)	1.26	0.33	7.67
11. ไนโตรเจน (ร้อยละ)	0.05 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01

น้ำตาลที่พบในน้ำผึ้งมาก คือ กลูโคสและฟรุกโตส และอาจพบมอลโตส หรือซูโครสได้บ้างเพียงเล็กน้อย (The national honey board, 2007) ในน้ำผึ้งแท้ที่ไม่มีการเจือปนซูโครส องค์การอาหารและยาในประเทศไทยกำหนดไว้ว่าจะต้องมีซูโครสอยู่ไม่เกินร้อยละ 5 ส่วนมาตรฐานฟาร์มโดยทั่วๆ ไปกำหนดให้ไม่เกิน ร้อยละ 1-1.5 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสและฟรุกโตสในน้ำผึ้งทั้งสามชนิด พบว่าในน้ำผึ้งแต่ละชนิดจะมีปริมาณฟรุกโตสสูงกว่ากลูโคส ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของน้ำผึ้ง โดยพบว่าน้ำผึ้งดอกสาบเสือมีปริมาณฟรุกโตสสูงที่สุดคือร้อยละ 48.54 รองลงมาคือน้ำผึ้งดอกลำไย ร้อยละ 43.89

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และน้อยที่สุดคือน้ำผึ้งดอกทานตะวัน ร้อยละ 40.66 ส่วนปริมาณกลูโคสในน้ำผึ้งดอกลำไยมีมากที่สุดคือ ร้อยละ 33.85 ในน้ำผึ้งดอกลำไย ร้อยละ 31.13 และในน้ำผึ้งดอกทานตะวันร้อยละ 32.10 โดยที่น้ำผึ้งทั้งสามชนิดมีปริมาณซูโครสน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ซึ่งทั้งความชื้น ปริมาณฟรุกโตส และปริมาณกลูโคส ที่มีในน้ำผึ้งแต่ละชนิดจะมีผลต่อการตกผลึกในน้ำผึ้งได้

น้ำผึ้งที่มีกลูโคสปริมาณมากจะเกิดการตกผลึกได้เร็ว เนื่องจากกลูโคสมีความสามารถในการละลายต่ำกว่าฟรุกโตส (Zomora and Chirife, 2006) และผลึกที่เกิดขึ้นคือผลึกของกลูโคสบริสุทธิ์ (Escobedo *et al*., 2006) จากรายงานการวิจัยในต่างประเทศพบว่ามีหลายปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้น้ำผึ้งเกิดการตกผลึก เช่น เมื่อมีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคส น้อยกว่า 1.14 และมีอัตราส่วนกลูโคสต่อน้ำ มากกว่าหรือเท่ากับ 2.1 (White *et al*., 1974) จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าในน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเท่ากับ 1.27 ซึ่งมากกว่า 1.14 แต่จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าการเก็บรักษาน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาห้าเดือน น้ำผึ้งดอกทานตะวันจะเกิดการตกผลึกส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส น้ำผึ้งดอกทานตะวันจะเกิดการตกผลึกอย่างรวดเร็ว และตกผลึกทั้งหมดภายในเวลา 1 เดือน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการมีอนุภาคสารแขวนลอยขนาดเล็กผสมอยู่ในน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการตกผลึกได้ง่ายขึ้นถึงแม้อัตราส่วนของฟรุกโตสและกลูโคสจะมีค่าสูงกว่า 1.14 ก็ตาม (The national honey board, 2007) จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสในน้ำผึ้งทั้งสามชนิด พบว่าน้ำผึ้งดอกทาทานตะวันมีแนวโน้มในการเกิดผลึกเร็วที่สุด รองลงมาคือน้ำผึ้งดอกลำไยและน้ำผึ้งดอกสาบเสือ ซึ่งมีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเท่ากับ 1.27, 1.30 และ 1.56 ตามลำดับ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนของกลูโคสต่อความชื้น พบว่ามีค่าสูงที่สุด (1.65) ดังนั้นน้ำผึ้งดอกทานตะวัน จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถเกิดการตกผลึกได้มากกว่าน้ำผึ้งอีกสองชนิด

ตารางที่ 4.2 อัตราส่วนระหว่างชนิดของน้ำตาลและปริมาณความชื้นที่มีในน้ำผึ้งแต่ละชนิด

ชนิด	อัตราส่วน	
	ฟรุกโตสต่อกลูโคส	กลูโคสต่อความชื้น
1. น้ำผึ้งดอกลำไย	1.30	1.61
2. น้ำผึ้งดอกสาบเสือ	1.56	1.61
3. น้ำผึ้งดอกทานตะวัน	1.27	1.65

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด ได้ผลดังตารางที่ 4.3 พบว่าน้ำผึ้งดอกลำไย มีค่าความสว่าง (ค่าสี L* = 38.74) มากกว่าน้ำผึ้งดอกสาบเสือ (L* = 34.97) และน้ำผึ้งดอกทานตะวัน (L* = 35.65) ส่วนค่าสีแดง (a*) ของน้ำผึ้งดอกสาบเสือและดอกทานตะวันมีค่ามากกว่าน้ำผึ้งดอกลำไย และค่าสีเหลือง (b*) ของน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่ามากที่สุด ซึ่งแสดงว่าน้ำผึ้งดอกลำไยมีค่าความสว่างมากว่าน้ำผึ้งชนิดอื่นจึงมีโทนสีไปทางน้ำตาลอ่อน น้ำผึ้งดอกสาบเสือมีโทนสีน้ำตาลแดง และน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่าความสว่างน้อยและมีค่าสีเหลืองมากว่าน้ำผึ้งชนิดอื่นแสดงว่ามีสีน้ำตาลเหลืองค่อนข้างเข้ม

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกลำไย น้ำผึ้งดอกสาบเสือ และน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

คุณภาพทางกายภาพ	ชนิด		
	น้ำผึ้งดอกลำไย	น้ำผึ้งดอกสาบเสือ	น้ำผึ้งดอกทานตะวัน
1. ค่าสี			
ค่าความสว่าง (L*)	38.74 ± 0.82	34.97 ± 0.51	35.65 ± 0.96
ค่าสี (a*)	3.81 ± 0.84	8.21 ± 0.58	7.21 ± 1.35
ค่าสี (b*)	20.55 ± 0.71	22.19 ± 1.13	26.78 ± 0.79
2. ค่าความหนืด (cP)	6656.33 ± 30.35	6291.33 ± 26.76	8358.00 ± 26.46

หมายเหตุ : วิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส

น้ำผึ้งดอกทานตะวันมีความหนืดสูงกว่าน้ำผึ้งชนิดอื่น โดยมีค่าความหนืดเท่ากับ 8258 cP ในขณะที่ความหนืดของน้ำผึ้งดอกสาบเสือและดอกลำไยมีค่าเท่ากับ 6291.33 – 6656.33 cP ค่าความหนืดที่วัดได้จะมีผลมาจากปริมาณความชื้น สารแขวนลอย และชนิดของน้ำผึ้ง การที่น้ำผึ้งดอกทานตะวันมีความหนืดมากที่สุดนั้น เนื่องจากมีอัตราส่วนของฟรุกโตสต่อกลูโคส และมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ ดังนั้นจึงมีโอกาสในการตกผลึกสูงกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ รวมทั้งน่าจะมีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำผึ้งสูงกว่าน้ำผึ้งทั้ง 2 ชนิด ทำให้มีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำผึ้งอีก 2 ชนิด (Yanniotis *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและสัดส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสที่มีผลต่อการตกผลึกของน้ำผึ้ง

จากการนำน้ำผึ้งทั้งสามชนิด คือน้ำผึ้งดอกลำไย น้ำผึ้งดอกสาบเสือ และน้ำผึ้งดอกทานตะวัน มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ ที่ 5, 10, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน โดยที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นการเก็บรักษาแบบสภาวะเร่งเพื่อใช้เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นๆ ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงสมบัติอันเนื่องมาจากการตกผลึก ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

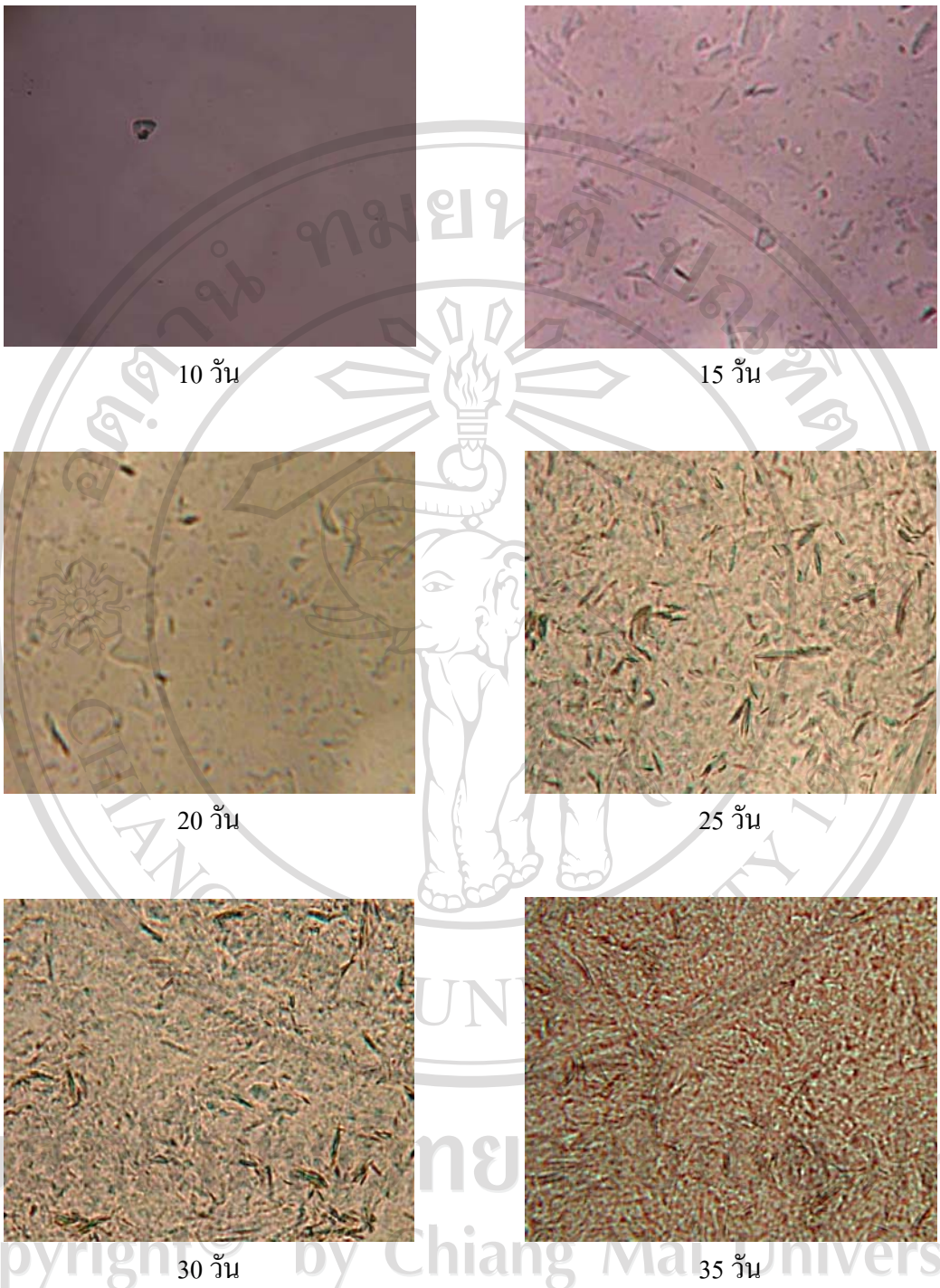
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด น้ำผึ้งแต่ละชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากสมบัติที่แตกต่างกัน ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนที่ 4.1 โดยมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ คือ โครงสร้างของผลึก ความข่น เนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ และ แรงยึดเกาะ) ความหนืด และสี ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.2.1.1 โครงสร้างของผลึกน้ำตาลในน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกทานตะวันขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยพบว่าเริ่มเกิดการตกผลึกและเห็นผลึกในวันที่ 15 แล้วตกผลึกหมดทั้งขวดในวันที่ 35 ส่วนภาพที่ 4.2 เป็นภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่เริ่มเกิดการตกผลึกและเห็นผลึกในวันที่ 21 แล้วตกผลึกทั้งหมดในวันที่ 42 ลักษณะผลึกที่เกิดขึ้นในน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีลักษณะเป็นรูปทรงเรขาคณิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



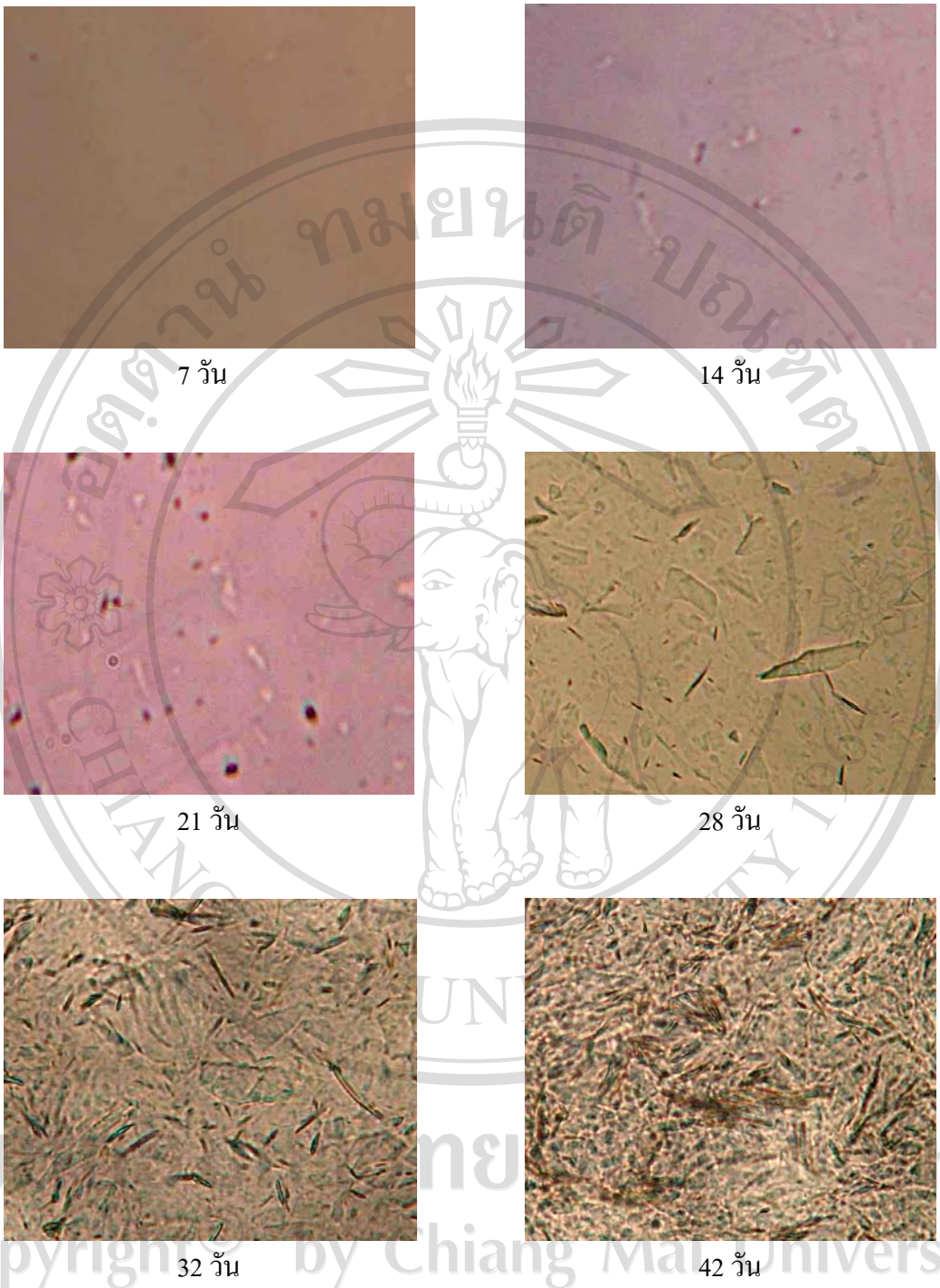
10 วัน 15 วัน

20 วัน 25 วัน

30 วัน 35 วัน

ภาพที่ 4.1 ลักษณะผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



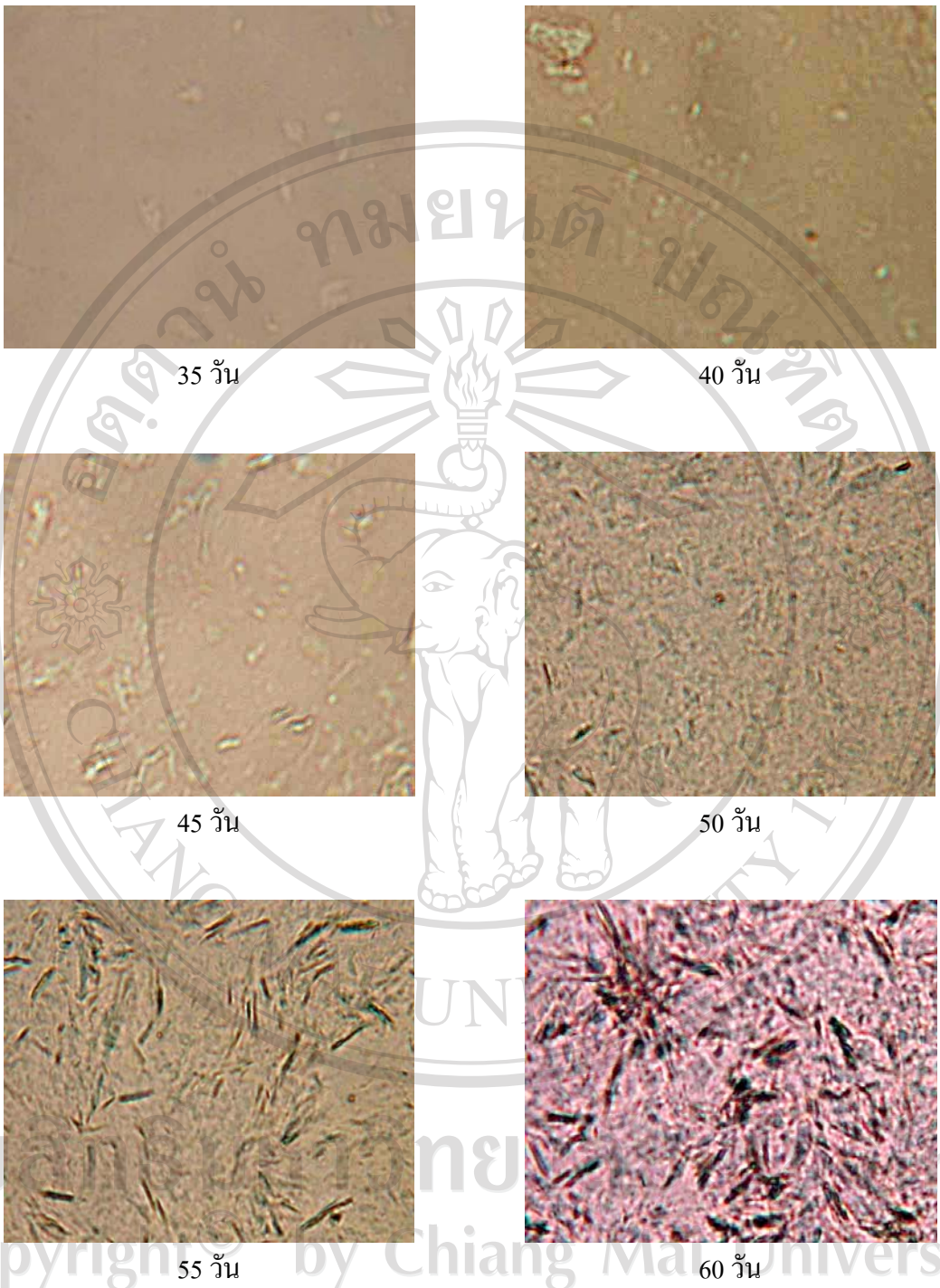
7 วัน 14 วัน

21 วัน 28 วัน

32 วัน 42 วัน

ภาพที่ 4.2 ลักษณะผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



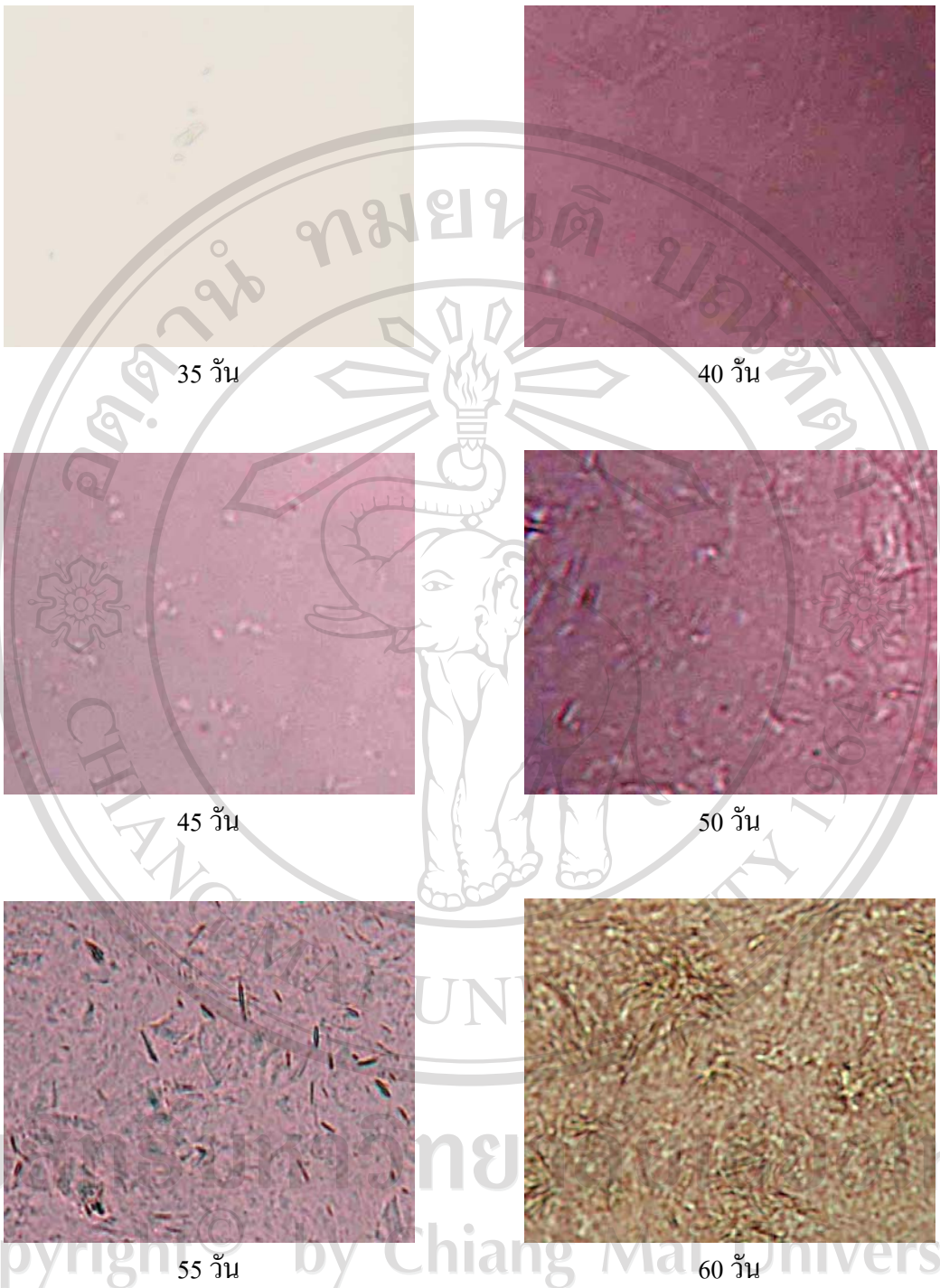
35 วัน 40 วัน

45 วัน 50 วัน

55 วัน 60 วัน

ภาพที่ 4.3 ลักษณะผลึกน้ำผึ้งดอกลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



35 วัน 40 วัน

45 วัน 50 วัน

55 วัน 60 วัน

ภาพที่ 4.4 ลักษณะผลึกน้ำผึ้งดอกสาบเสือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

70 วัน 80 วัน

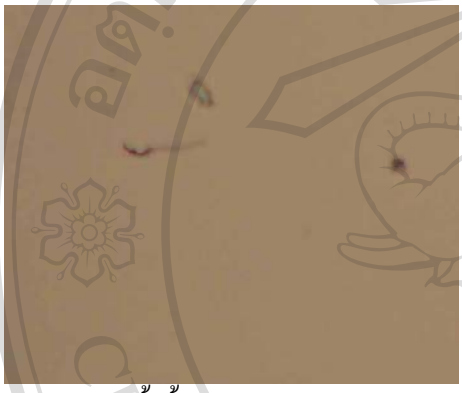
ภาพที่ 4.5 ลักษณะผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

ภาพที่ 4.3 เป็นภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสที่เกิดการตกผลึก โดยเริ่มเห็นผลึกในวันที่ 35 แล้วตกผลึกหมดในวันที่ 60 ส่วนภาพที่ 4.4 เป็นภาพแสดงแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกสาบเสือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เริ่มเกิดการตกผลึกและเห็นผลึกในวันที่ 40 แล้วตกผลึกหมดในวันที่ 60 ลักษณะผลึกที่เกิดขึ้นในน้ำผึ้งดอกลำไยและดอกสาบเสือมีลักษณะเป็นรูปทรงเรขาคณิตเช่นเดียวกับน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

ภาพที่ 4.5 เป็นภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เริ่มเห็นผลึกในวันที่ 80 ส่วนภาพที่ 4.6 เป็นภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 35 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการตกผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจะมีอัตราการตกผลึกช้าที่สุด เนื่องจากเป็นอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นหากต้องการยืดระยะเวลาในการตกผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวันออกไปการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสน่าจะเหมาะสมที่สุด แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมินี้อาจจะทำได้ลำบาก เนื่องจากอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในประเทศไทยอยู่ที่ 28-30 องศาเซลเซียส (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำผึ้งดอกทานตะวัน



น้ำผึ้งดอกลำไย

น้ำผึงดอกสาบเสือ

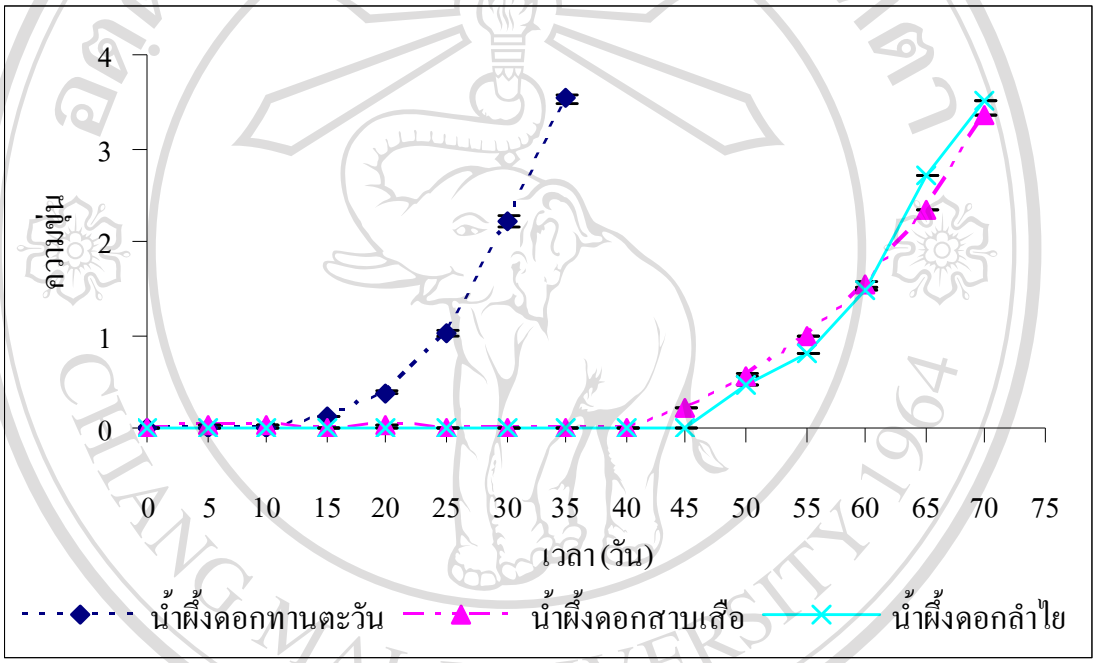
ภาพที่ 4.6 ลักษณะผลึกน้ำผึ้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน

4.2.1.2 การเปลี่ยนแปลงความข่นของน้ำผึ้ง

จากการนำน้ำผึ้งที่เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าความขุ่น พบว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผึ้งดอกลำไยและน้ำผึ้งดอกสาบเสือ ดังภาพที่ 4.7 โดยหลังจากการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 10 ค่าความขุ่นยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน น้ำผึ้งดอกทานตะวันเริ่มมีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และแตกต่างจากค่าความขุ่นของน้ำผึ้งดอกลำไยและน้ำผึ้งดอกสาบเสืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นในน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะยังคงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 35 หลังจากนั้นจะคงที่ เนื่องจากน้ำผึ้งดอกทานตะวันเกิดการตกผลึกทั้งหมดแล้ว ซึ่งจากผลการทดลองในตอนที่ 2 พบว่าสังเกตเห็นผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน ณ วันที่ 15 ของการเก็บรักษา สำหรับน้ำผึ้งดอกลำไยและน้ำผึ้งดอกสาบเสือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงวันที่ 0-35 วัน แต่ค่าความขุ่นของน้ำผึ้งดอกสาบเสือและน้ำผึ้งดอกลำไยจะมีความแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 35 ของการเก็บรักษาแต่ค่าความขุ่นในน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือในแต่ละเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

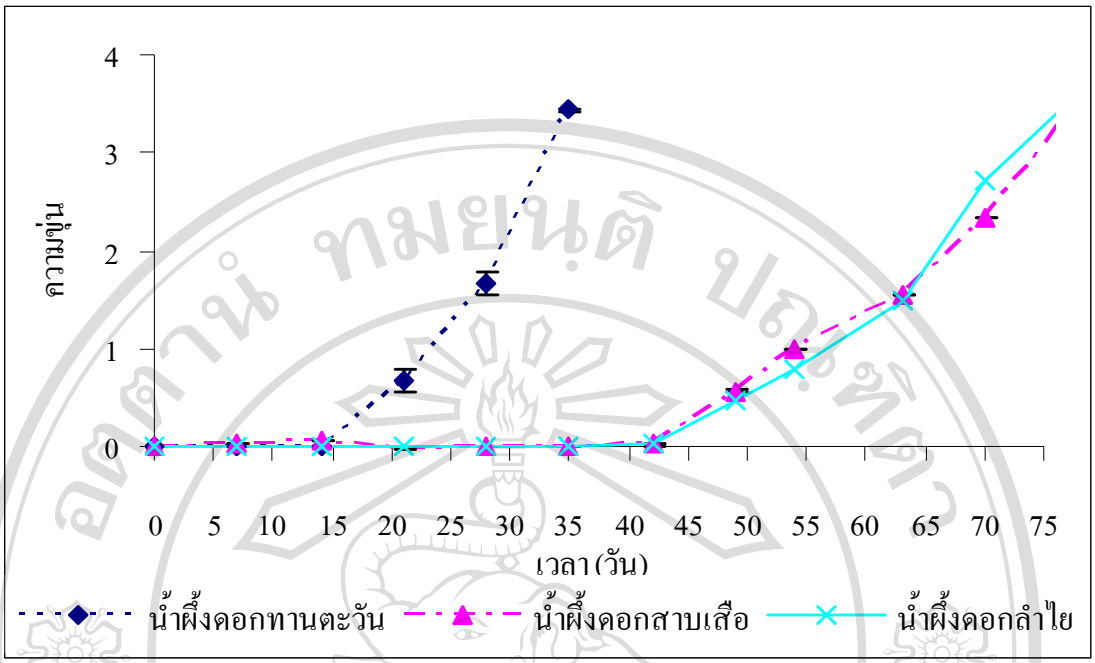
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และได้ผลการทดลองไปในลักษณะเดียวกันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4.8 น้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีค่าความข่นที่เพิ่มขึ้นเร็วกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือเหมือนกับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสแต่เกิดช้ากว่าประมาณ 5 วัน คือที่อุณหภูมิเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียส ค่าความข่นในน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 20 ส่วนน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือมีค่าความข่นเพิ่มขึ้นในวันที่ 40 ซึ่งค่าความข่นที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเก็บน้ำผึ้งไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการตกผลึก

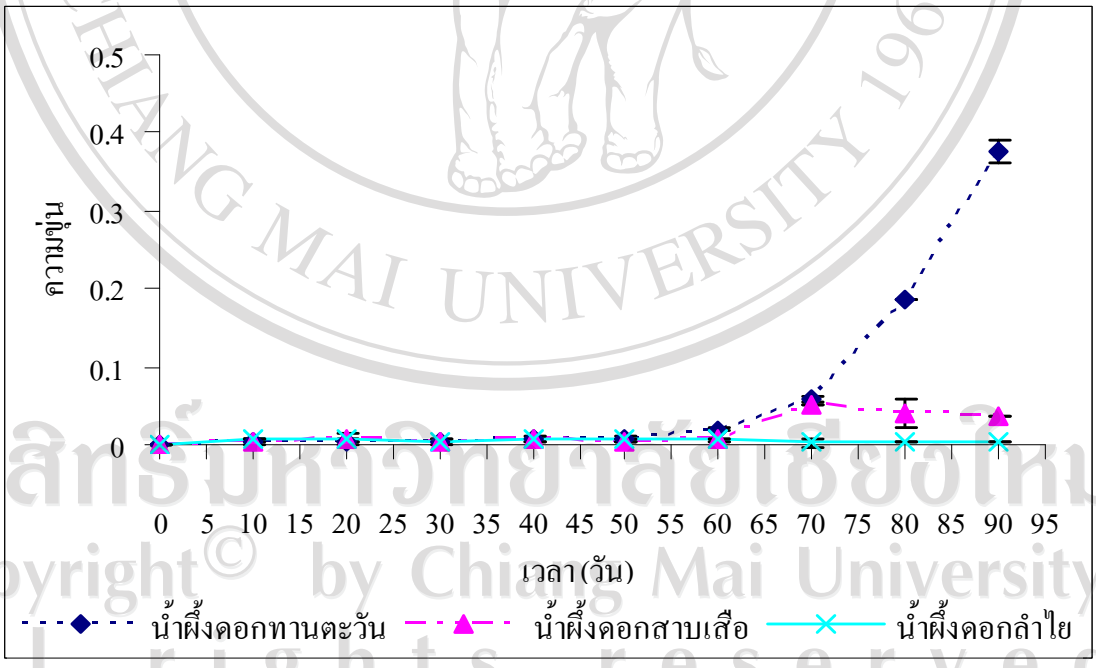


ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความข่นกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

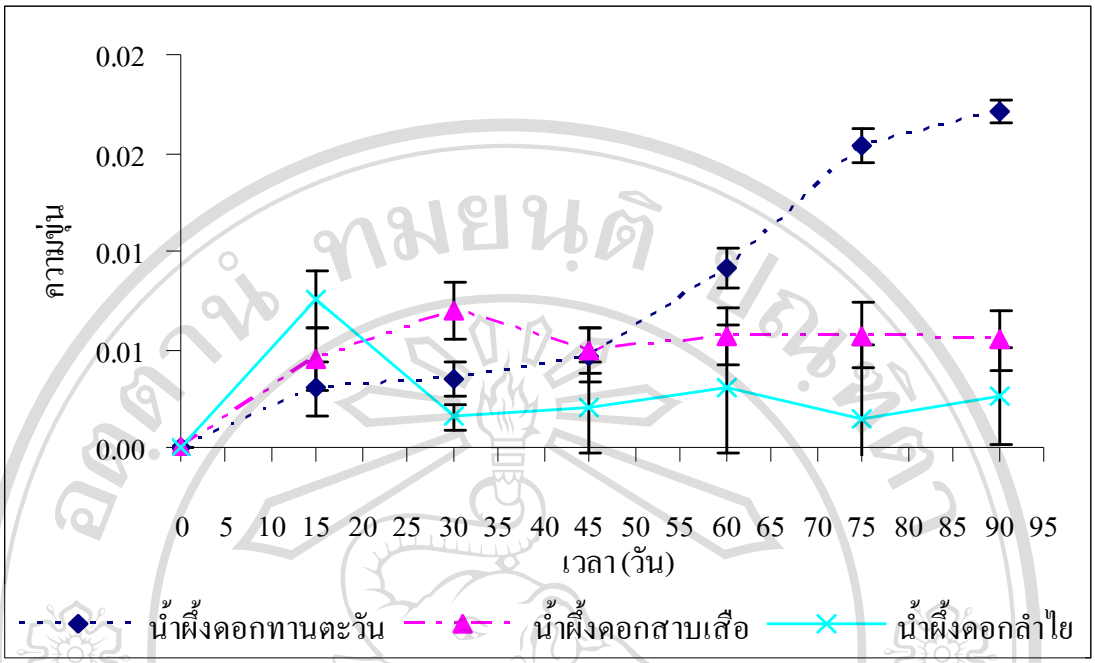


ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

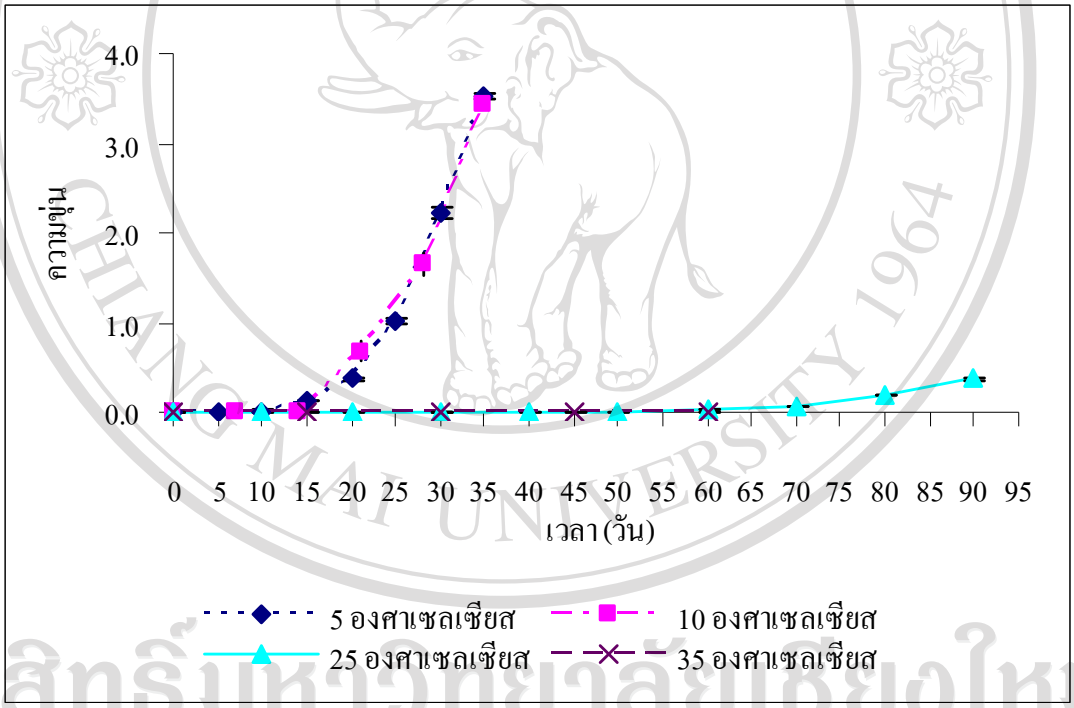
จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ได้ผลดังภาพที่ 4.9 และ 4.10 ค่าความขุ่นในน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย หลังจากวันที่ 60 แต่น้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ภาพที่ 4.10 แสดงถึงผลของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อการตกผลึกในน้ำผึ้งโดยเฉพาะน้ำผึ้งดอกทานตะวัน ที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น แต่การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นที่เกิดขึ้นยังมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส แต่แสดงให้เห็นได้ว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันสามารถเกิดการตกผลึกได้เร็วกว่าน้ำผึ้งอีกสองชนิด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาเป็นปัจจัยในการควบคุมการตกผลึกในน้ำผึ้ง

อัตราส่วนของน้ำตาลที่มีในน้ำผึ้งแต่ละชนิดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตกผลึกในน้ำผึ้ง ถ้าน้ำผึ้งมีอัตราส่วนระหว่างฟรุกโตสต่อกลูโคส น้อยกว่า 1.14 หรือมีอัตราส่วนกลูโคสต่อน้ำ มากกว่าหรือเท่ากับ 2.1 (White *et al.*, 1974) ผลการทดลองในตอนนี้ยืนยันว่าการที่น้ำผึ้งมีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสต่ำ และอัตราส่วนกลูโคสต่อความชื้นสูงนั้น จะทำให้เกิดการตกผลึกได้ดีกว่าและเร็วกว่าน้ำผึ้งที่มีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสสูงกว่า และอัตราส่วนกลูโคสต่อความชื้นต่ำกว่า ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามทฤษฎี พฤติกรรมการตกผลึกดังกล่าวจะเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันยังเกิดการตกผลึกได้เร็วกว่าน้ำผึ้งอีกสองชนิดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังภาพที่ 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความขุ่นของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นในน้ำผึ้งทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ (ภาพที่4.11) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตกผลึกในน้ำผึ้งทานตะวัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเร่งการตกผลึกในน้ำผึ้งได้เร็วกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส และการตกผลึกจะส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นทันที จากภาพที่ 4.11 จะเห็นการเพิ่มขึ้นของความขุ่นในน้ำผึ้งอย่างชัดเจนเมื่อมีการตกผลึกของน้ำตาลในน้ำผึ้ง ซึ่งผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่าไม่ควรที่จะนำน้ำผึ้งดอกทานตะวันไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ดังนั้นน้ำผึ้งนี้จะเกิดการตกผลึกได้เร็วในฤดูหนาว จึงควรมีการศึกษาหามาตรการป้องการการตกผลึกดังกล่าว



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

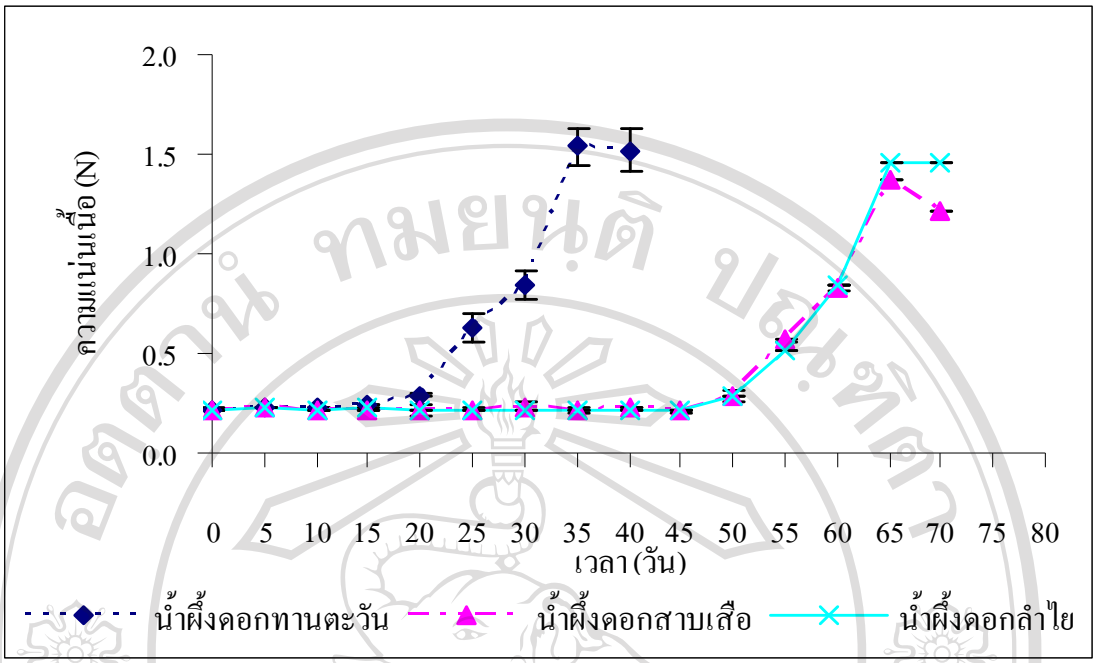
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1.3 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ และแรงยึดเกาะ)

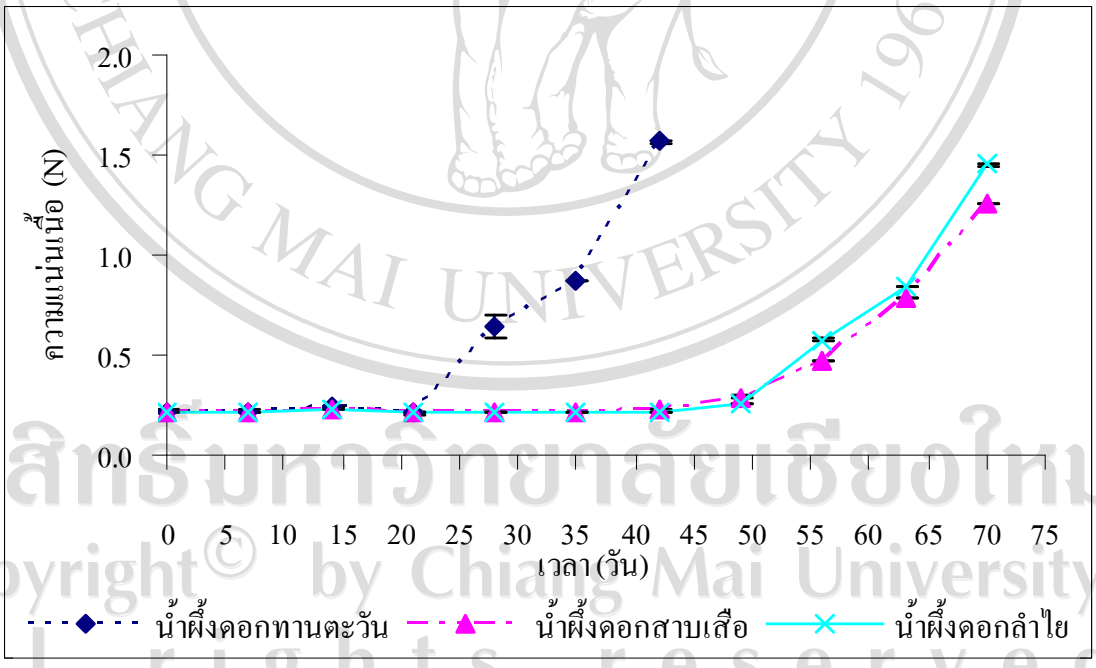
ความแน่นเนื้อ

จากผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงเนื้อสัมผัสที่แน่นหรือแข็งขึ้น และสามารถวัดได้ด้วยแรงที่ใช้กดน้ำผึ้งในระยะความลึกที่กำหนด จะเห็นว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับค่าความขุ่น จากภาพที่ 4.12 และ 4.13 ความแน่นเนื้อของน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะเพิ่มสูงขึ้น ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในวันที่ 15 และการเก็บรักษาอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในวันที่ 20 เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ มีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่น เมื่อค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น เกิดการตกผลึกมากขึ้นทำให้ค่าความแน่นเนื้อ มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่อาจจะมีค่าคงที่เมื่อเกิดการตกผลึกทั้งหมดแล้ว เนื่องจากน้ำผึ้งไม่ได้อยู่ในสถานะของเหลวแต่อยู่ในสถานะของแข็งกึ่งเหลว ส่วนน้ำผึ้งดอกลำไยและน้ำผึ้งดอกสาบเสือมีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ในวันที่ 50 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและชนิดของน้ำผึ้ง จากภาพที่ 4.14 และ 4.15 เป็นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อน้อย ซึ่งแปรผันตามกับค่าความขุ่น ชนิดของน้ำผึ้งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในน้ำผึ้งดอกทานตะวันสามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงที่เริ่มต้นได้ในวันที่ 90 ในขณะที่เมื่อนำน้ำผึ้งดอกทานตะวันมาเปรียบเทียบกันที่อุณหภูมิต่างๆ ดังภาพที่ 4.16 จะสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการตกผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน โดยเฉพาะในน้ำผึ้งดอกทานตะวันการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าความขุ่น เนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นยังมีปริมาณน้อยและขนาดเล็กจึงยังไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

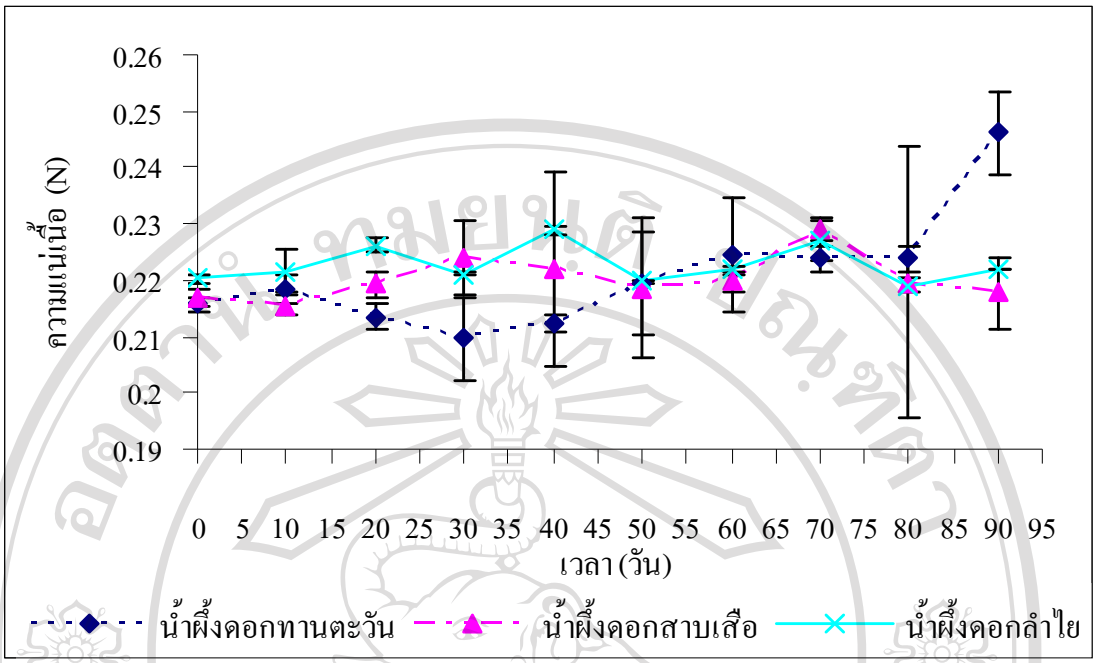


ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

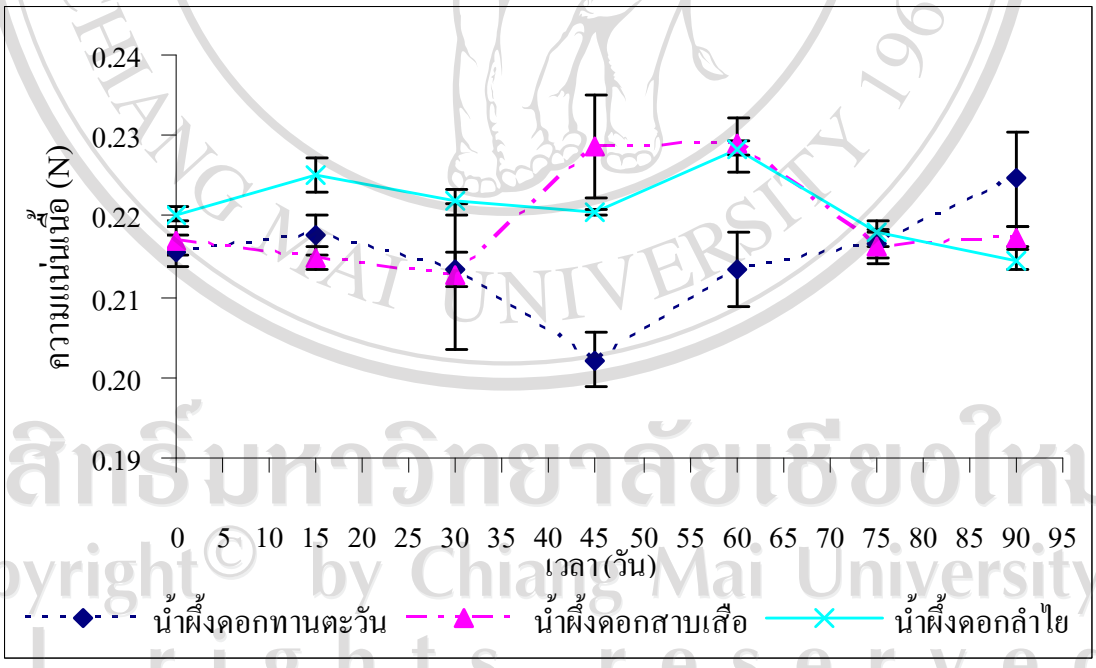


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

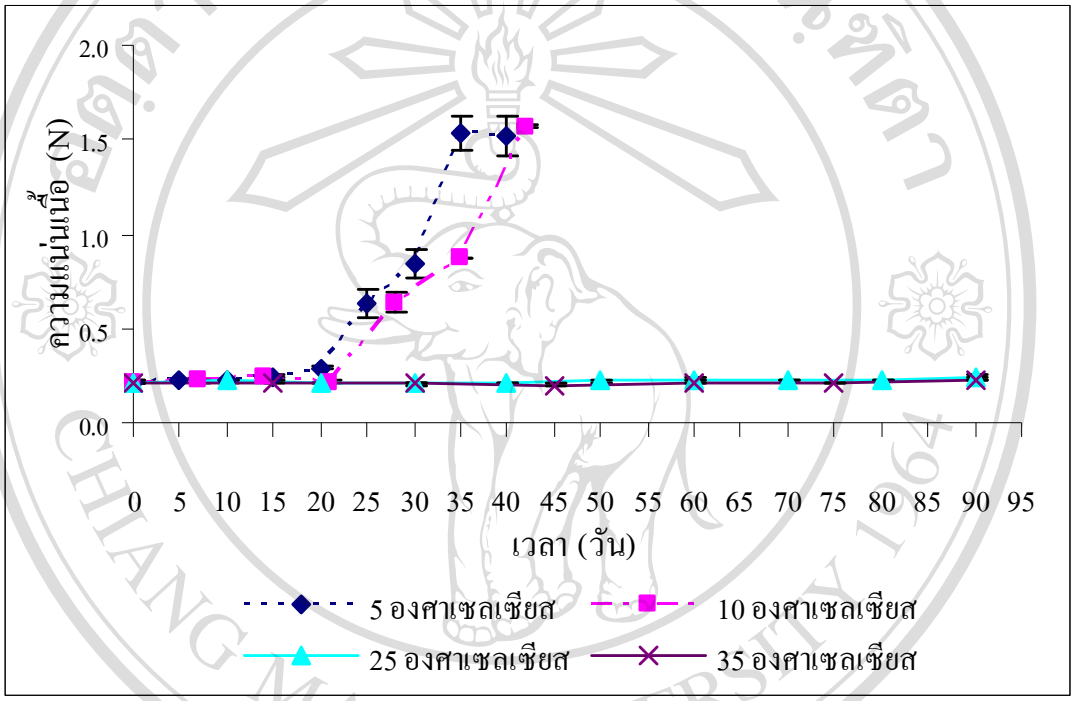


ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อความแน่นเนื้อของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

ภาพที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นการเร่งให้เกิดผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน ดังนั้นการตกผลึกในน้ำผึ้งจึงส่งผลให้ความแน่นเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น



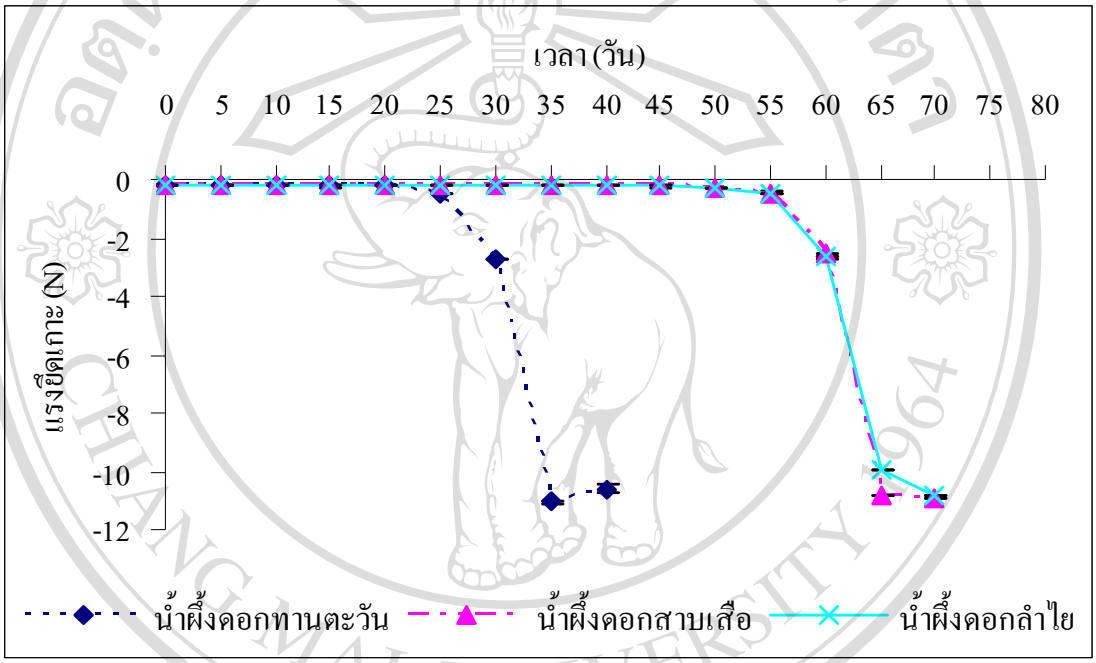
ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

แรงยึดเกาะ

แรงยึดเกาะ คือ ค่าแรงดึงกลับของหัววัดหลังจากกดน้ำผึ้งถึงระยะทางที่กำหนด ดังนั้นแรงยึดเกาะจึงมีค่าติดลบ เมื่อมีความหนืดเหนียวมาก แรงยึดเกาะจะติดลบมาก ซึ่งระหว่างการเก็บรักษาจะเห็นค่าการเปลี่ยนแปลงแรงยึดเกาะเมื่อมีการตกผลึกเกิดขึ้นในน้ำผึ้ง การเปลี่ยนแปลงนี้จะสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อที่เพิ่มมากขึ้น และแปรผกผันกัน เมื่อความแน่นเนื้อมีค่ามากขึ้นแรงยึดเกาะจะมีค่าลดลง จากภาพที่ 4.17 และ 4.18 แสดงผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างน้ำผึ้งที่การเก็บรักษา 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้น้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่าแรงยึดเกาะ ติดลบมากขึ้นเมื่อเกิดการตกผลึก แต่แรงยึดเกาะในน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในช่วงระยะเวลาแรกๆ ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นก็มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าความข่นและความแน่นเนื้อ เมื่อเก็บรักษาน้ำผึ้งที่อุณหภูมิ

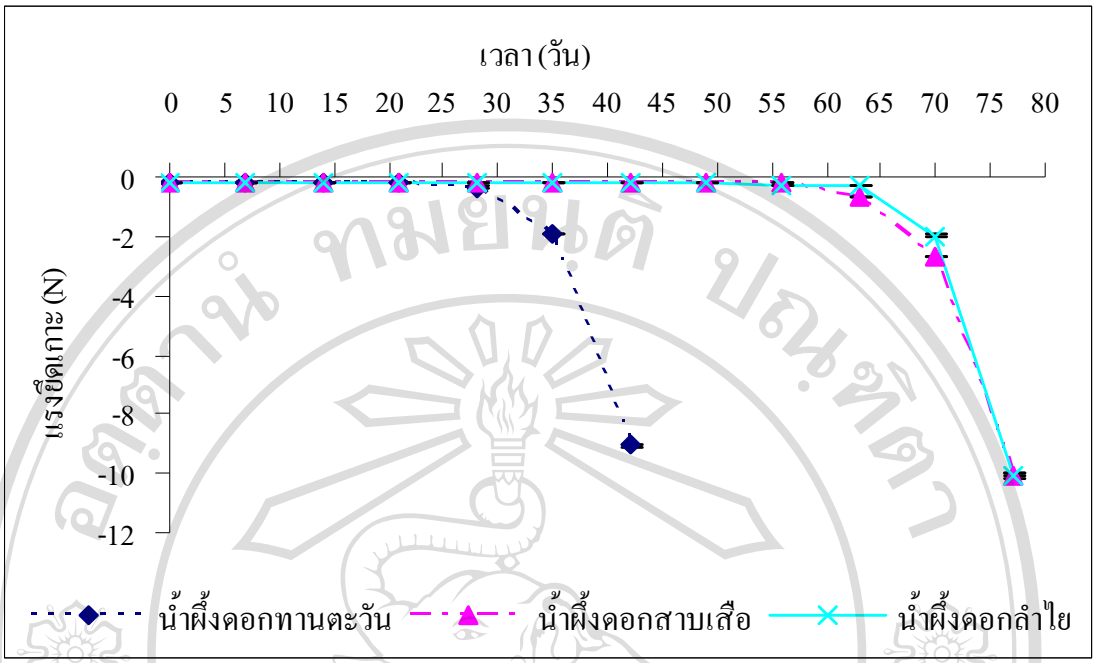
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความเหนียวของน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 40 ในขณะที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเหนียวในน้ำผึ้งอีก 2 ชนิด (ภาพที่ 4.19) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความเหนียวของน้ำผึ้งทั้งสามชนิดจะเพิ่มขึ้นในวันที่ 60 อย่างไรก็ตามแรงยึดเกาะจะมีค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแรงยึดเกาะนี้จะสัมพันธ์กับปริมาณของการตกผลึก ถ้าการตกผลึกมากจะทำให้ได้ค่าแรงยึดเกาะติดลบมาก ซึ่งหมายถึงมีความเหนียวมากนั่นเอง

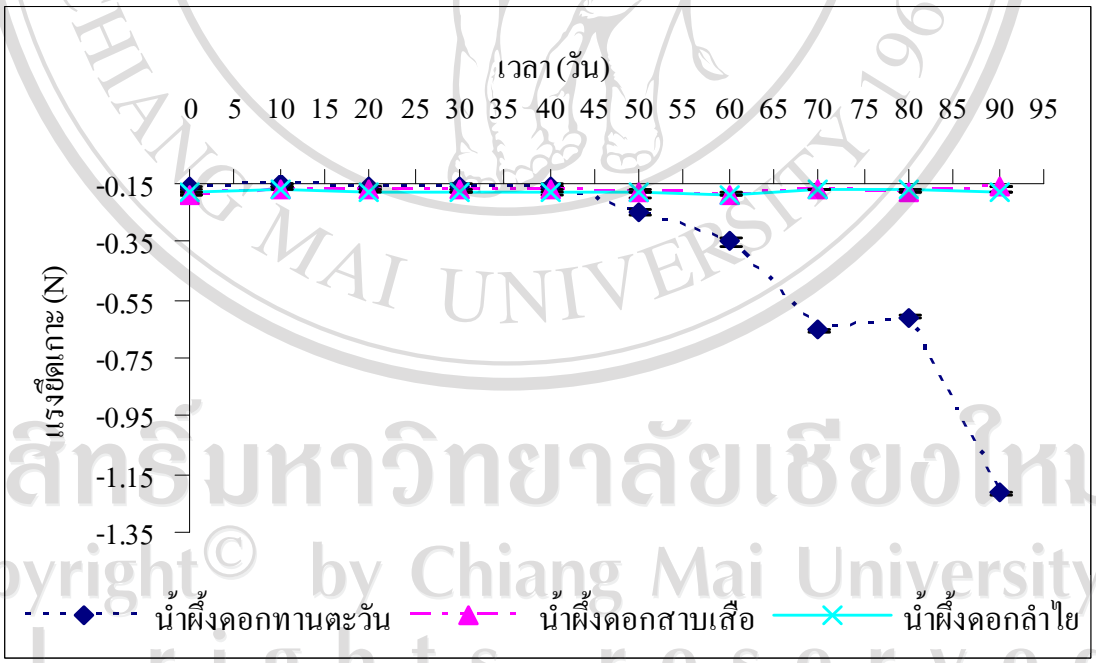


ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

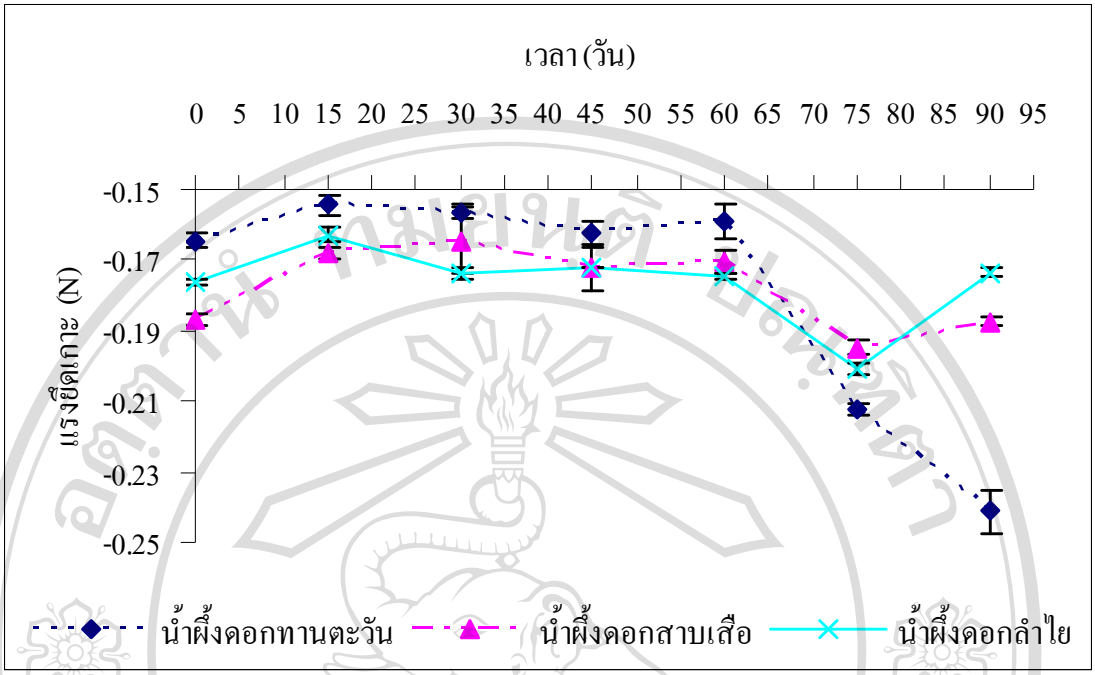


ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

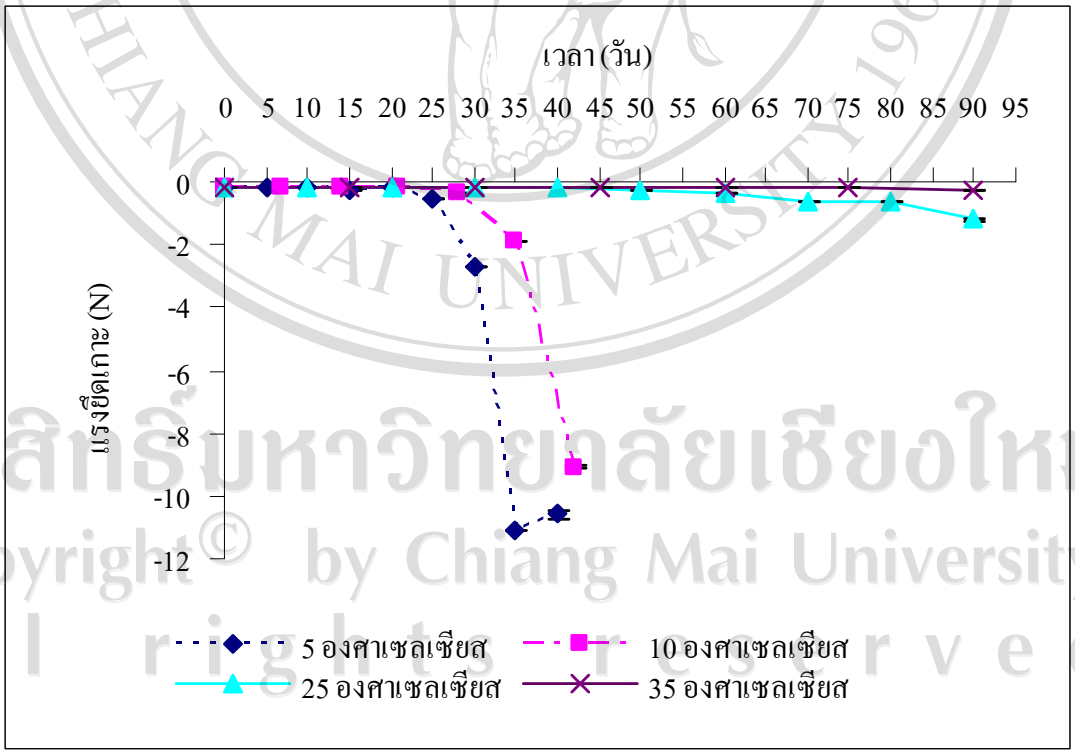


ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเกาะกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

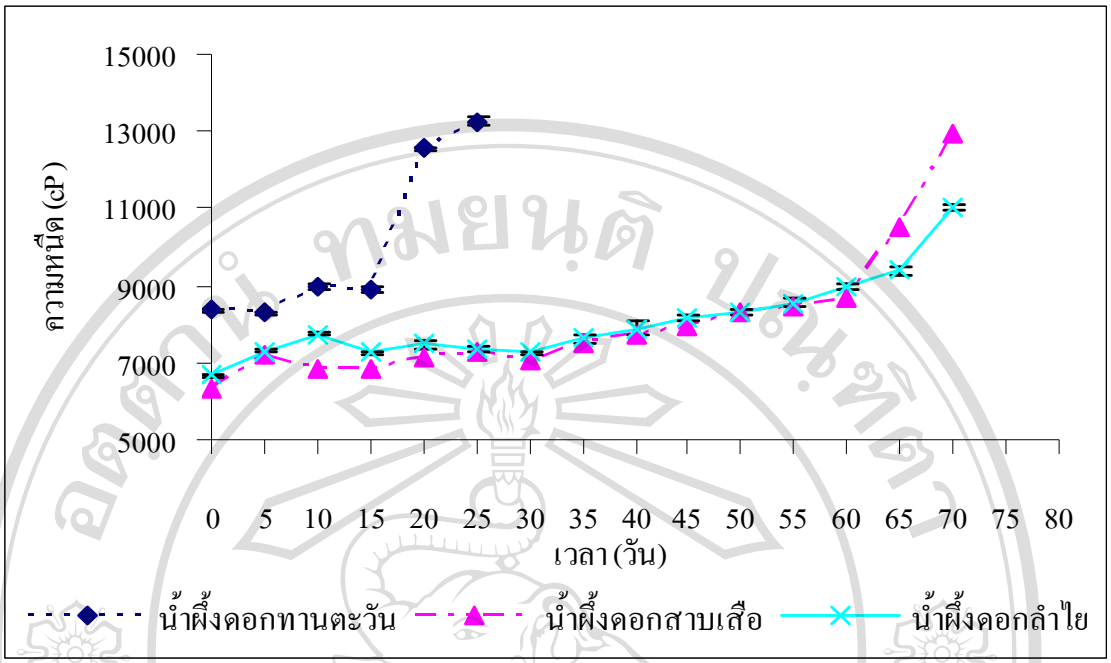
อิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บรักษาและการตกผลึกที่มีต่อความเหนียวของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

แรงยึดเกาะของน้ำผึ้งจะเปลี่ยนเมื่อมีการตกผลึกเกิดขึ้น ซึ่งอัตราและปริมาณการตกผลึกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4.21 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงยึดเกาะของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นการเร่งให้เกิดผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน ดังนั้นการตกผลึกในน้ำผึงจึงส่งผลให้ความเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้น

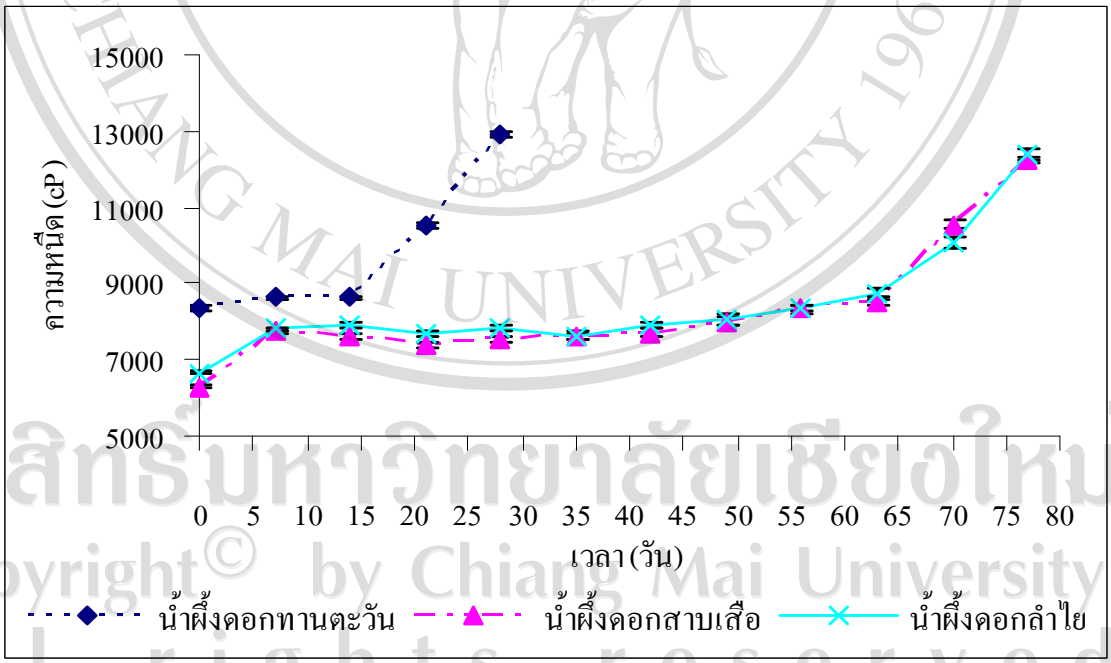
4.2.1.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด

ความหนืดเป็นลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่สามารถแสดงถึงคุณลักษณะของน้ำผึ้ง น้ำผึ้งเป็นของเหลวที่ส่วนมากมีการไหลเป็นไปตามกฎของนิวตัน (Newtonian fluid) ดังนั้นค่าความหนืดจะไม่ขึ้นกับอัตราเฉือน (ความเร็วที่ใช้วัด) น้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่าความหนืดเริ่มต้นมากกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ ซึ่งค่าความหนืดของน้ำผึ้งแปรผันตามปริมาณของแข็งในน้ำผึ้ง เมื่อมีของแข็งปริมาณมากทำให้มีแรงต้านทานการไหลมาก ส่งผลให้ความหนืดมีค่ามาก นอกจากปริมาณของแข็งที่ส่งผลกับค่าความหนืดแล้ว ยังขึ้นกับอุณหภูมิในขณะวัดความหนืดและชนิดของดอกไม้ที่เป็นแหล่งน้ำหวานของผึ้งอีกด้วย (The National Honey Board, 2007) ซึ่งในการวัดค่าความหนืดของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาทุกอุณหภูมิจะทำการวัดที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส (เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิในการวัด) ปริมาณของแข็งที่พบในน้ำผึ้งทั้งสามชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าความหนืดเริ่มต้นที่วัดได้จากน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่าสูงกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ อาจเนื่องมาจากชนิดของดอกไม้ที่เป็นแหล่งน้ำหวานของผึ้ง เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.22 และ 4.23) น้ำผึ้งดอกทานตะวันมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากวันที่ 15 ของการเก็บรักษา เนื่องจากเริ่มเกิดการตกผลึก ในขณะที่ความหนืดของน้ำผึ้งดอกลำไยและดอกสาบเสือไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งหลังจากวันที่ 60 ของการเก็บรักษา ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการตกผลึกได้รวดเร็วกว่าที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.24 และ 4.25) โดยการที่ความหนืดของน้ำผึ้งดอกทานตะวันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 15 นั้นสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่น ความแน่นเนื้อ และแรงยึดเกาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



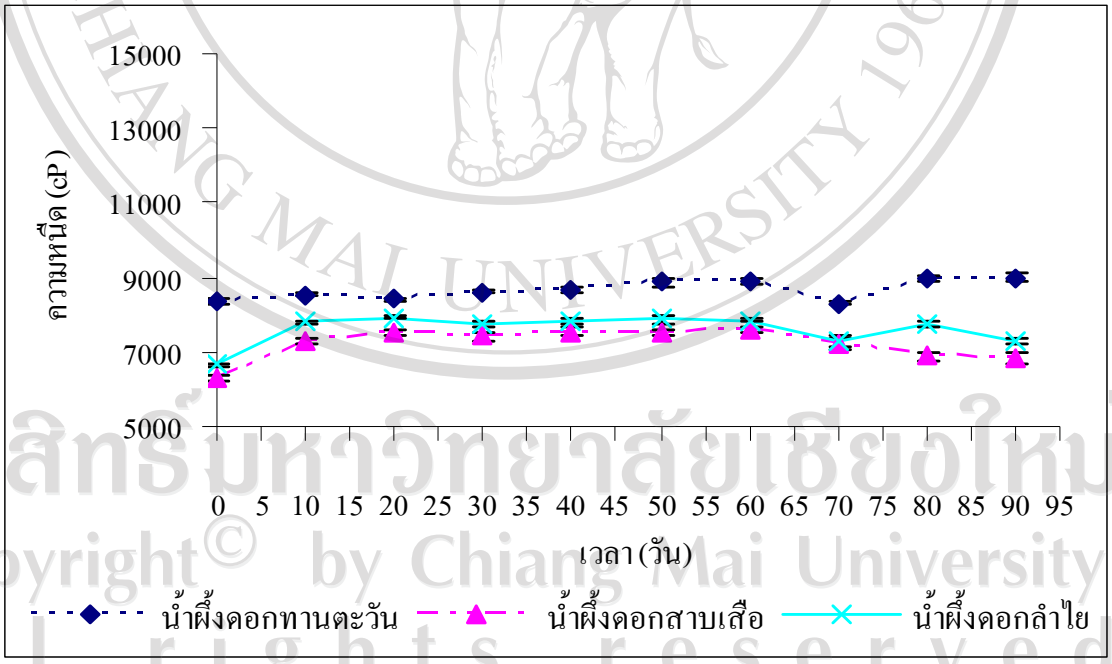
ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

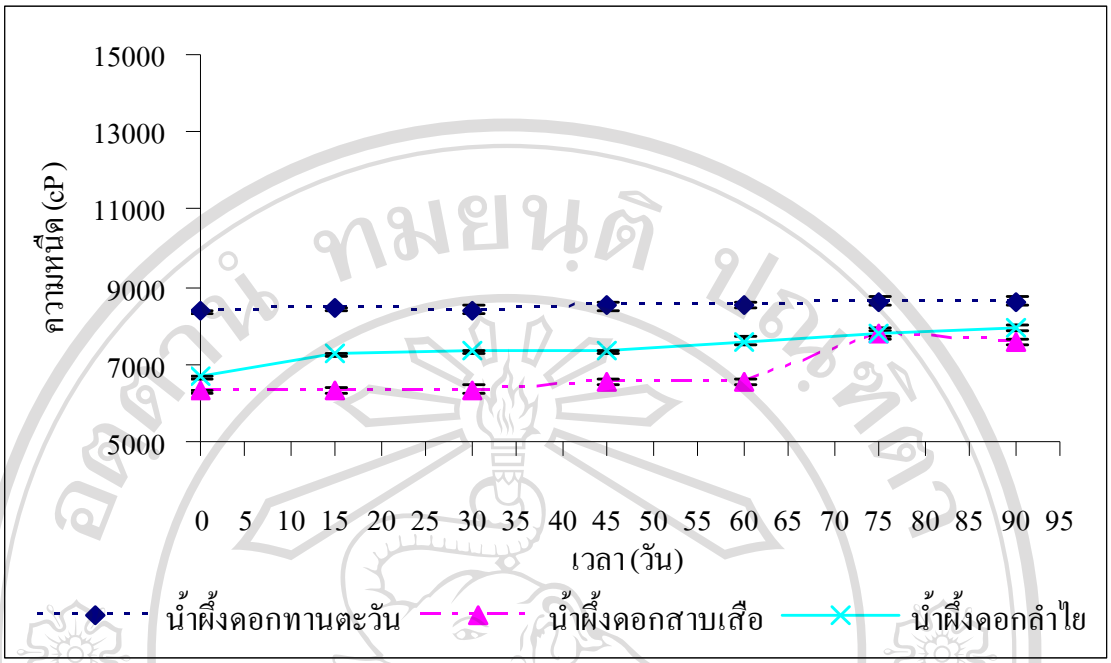
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนค่าความหนืดที่วิเคราะห์ได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.24 และ 4.25) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในช่วง 60 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณการเกิดผลึกที่อุณหภูมิการเก็บรักษานี้มีน้อยมาก ส่วนน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือจากกราฟจะมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ถ้านำมาเปรียบเทียบกับค่าความหนืดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yanniotis *et al.* (2006) และ Sopade *et al.* (2002) ที่ได้ศึกษาผลของความชื้นที่มีผลต่อความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าความหนืดมีผลมาจากอุณหภูมิ ความชื้น ผลึก สารแขวนลอยในน้ำผึ้ง และชนิดของน้ำผึ้งด้วย ดังนั้นถ้าเป็นน้ำผึ้งชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิเดียวกัน ความหนืดจะสัมพันธ์กับความชื้น ในทางกลับกันน้ำผึ้งชนิดเดียวกันและความชื้นมีค่าเท่ากัน อุณหภูมิจะมีผลต่อความหนืด โดยความหนืดจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อมีความชื้นสูงความหนืดจะมีค่าต่ำลง ซึ่งสัมพันธ์กับภาพที่ 4.26 ที่แสดงให้เห็นว่าที่น้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

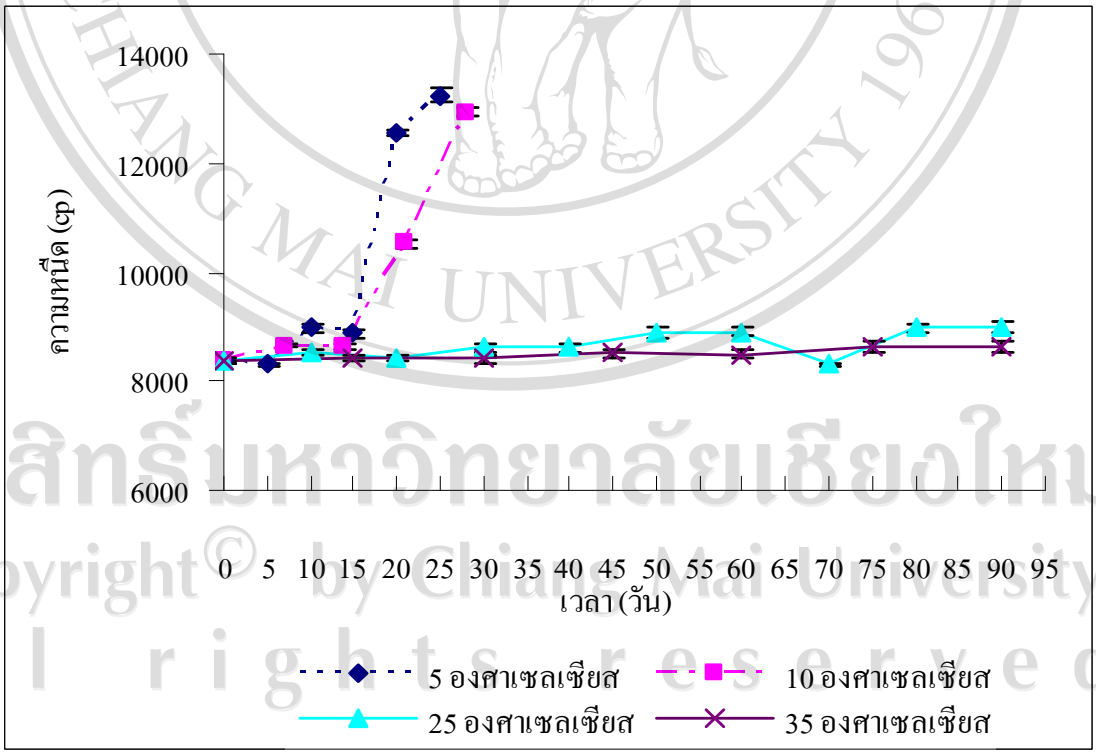


ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

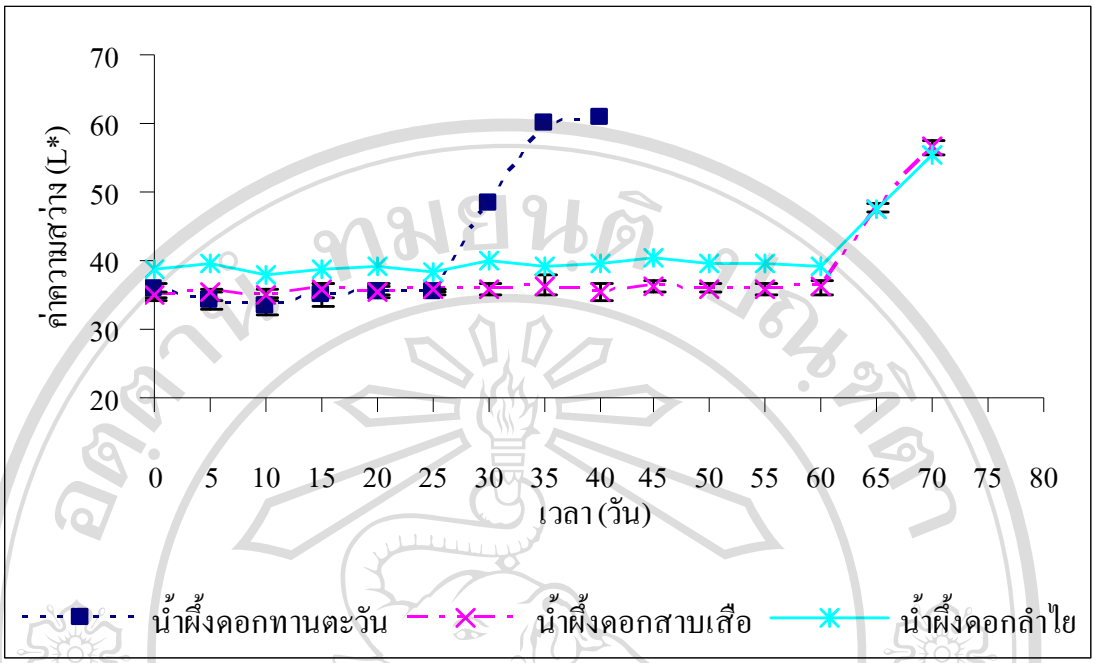
อิทธิพลของอุณหภูมิและการตกผลึกต่อความหนืดของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

ภาพที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25และ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นการเร่งให้เกิดผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน เมื่อเกิดการตกผลึกในน้ำผึงจึงส่งผลให้ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่าความข่นและค่าความแน่นเนื้อ

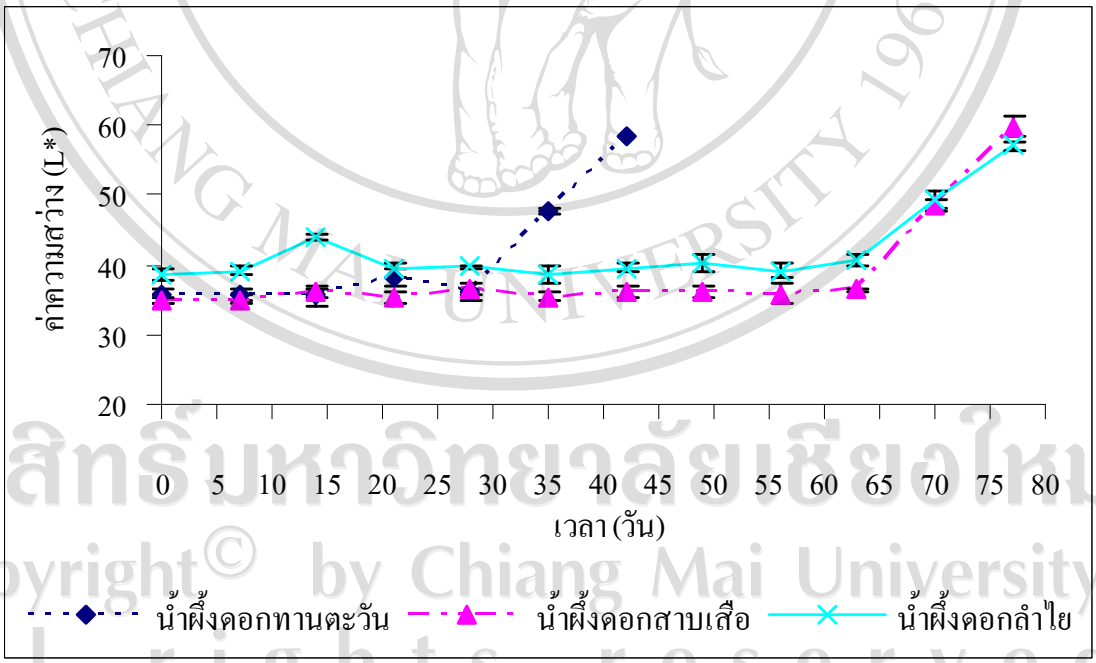
4.2.1.5 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษาจะช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพด้านอื่นๆ ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.27) เพิ่มขึ้นในวันที่ 25 ซึ่งเกิดขึ้นช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านความข่นหรือความหนืด ณ วันที่ 15 ซึ่งค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 25 ถึงวันที่ 40 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะมีค่าคงที่เนื่องจากน้ำผึ้งทานตะวันจะตกผลึกทั้งหมด การเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างจะสัมพันธ์กับปริมาณการตกผลึกที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการตกผลึกที่มีน้อยในช่วงแรกไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างชัดเจน และผลึกที่เกิดขึ้นยังมีขนาดเล็กอยู่ ทำให้มีอิทธิพลต่อการดูดซับหรือสะท้อนของแสงน้อย นอกจากนั้น การวัดค่าความสว่างจะเป็นการวัดหลายๆจุดและเป็นค่าเฉลี่ย ถึงแม้ว่าน้ำผึ้งจะเริ่มตกผลึกแล้วแต่ก็ยังคงเป็นของเหลวกึ่งแข็งจึงทำให้ค่าการวัดที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงช้าในช่วงแรก เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.28) กับที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส น้ำผึ้งมีความสว่างเพิ่มขึ้นน้อยกว่าและช้ากว่าที่ 5 องศาเซลเซียส โดยน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีความสว่างมากขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาได้ 30 วันในขณะที่ทั้งน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือมีความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังจากวันที่ 60 และ 63 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



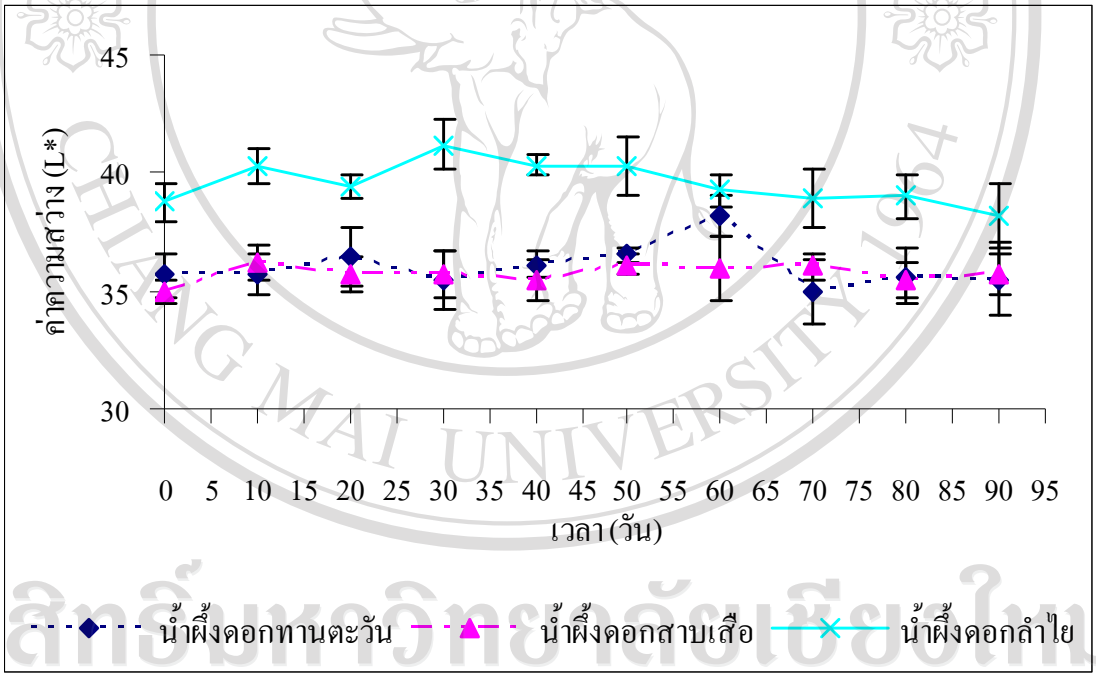
ภาพที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*) กับเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

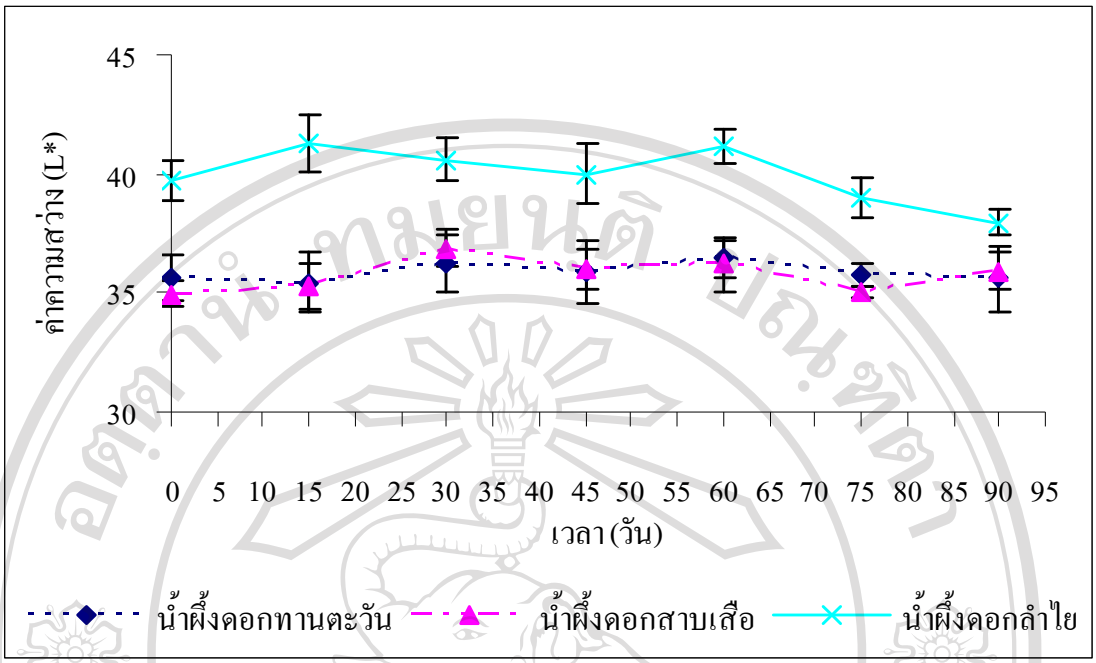
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.29 และ 4.30) เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากระหว่างการเก็บรักษาในช่วงระยะเวลา 60 วันแรก หลังจากนั้นจะมีค่าลดลง ซึ่งหมายถึงน้ำผึ้งทุกชนิดมีสีเข้มขึ้น เนื่องมาจากที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวเป็นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำผึ้งเป็นน้ำตารีดิวซ์เป็นส่วนมากจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้ แต่การเกิดปฏิกิริยานี้มีปัจจัยที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาได้ต่างกันไป เช่น อุณหภูมิ ชนิดของน้ำตาล และชนิดของกรดอะมิโน (นิธิยา, 2543) จากภาพที่ 4.30 พบว่าที่ระยะการเก็บรักษานานขึ้นน้ำผึ้งดอกลำไยจะมีสีที่เข้มขึ้นในขณะที่น้ำผึ้งชนิดอื่นยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามน้ำผึ้งดอกลำไยก็ยังมีสีอ่อนกว่าน้ำผึ้งอีกสองชนิด



ภาพที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*)กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

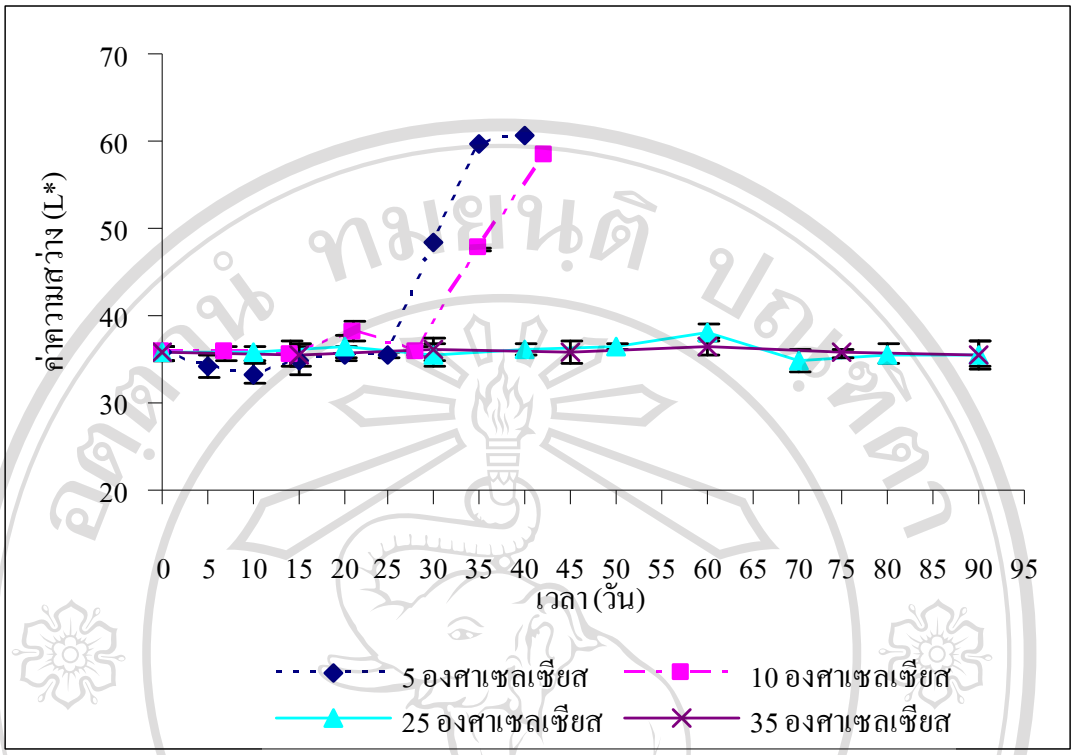


ภาพที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*)กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

อิทธิพลของอุณหภูมิและการตกผลึกต่อค่าความสว่างของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

เมื่อนำกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) ของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน (ภาพที่ 4.31) ที่การเก็บรักษาอุณหภูมิต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นการเร่งให้เกิดการตกผลึก ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ที่อุณหภูมิต่ำเกิดขึ้นได้เร็วกว่าที่การเก็บรักษาอุณหภูมิสูง และผลึกที่เกิดขึ้นในน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีอิทธิพลต่อการดูดซับหรือสะท้อนของแสงในขณะที่ทำการวัดสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

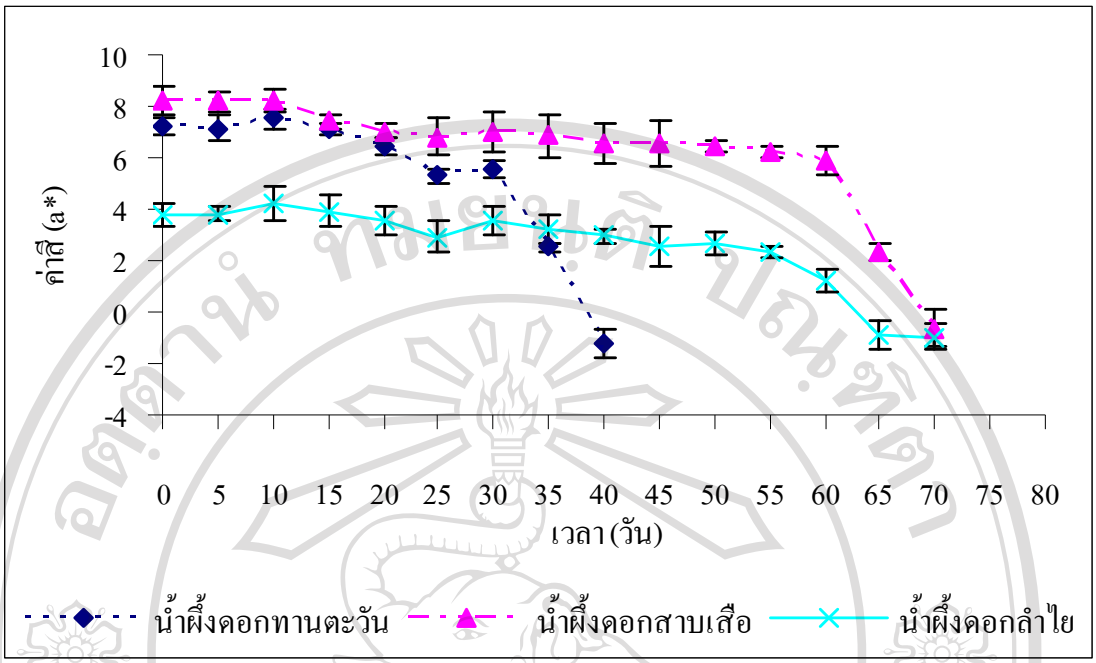


ภาพที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L*) กับเวลา ของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

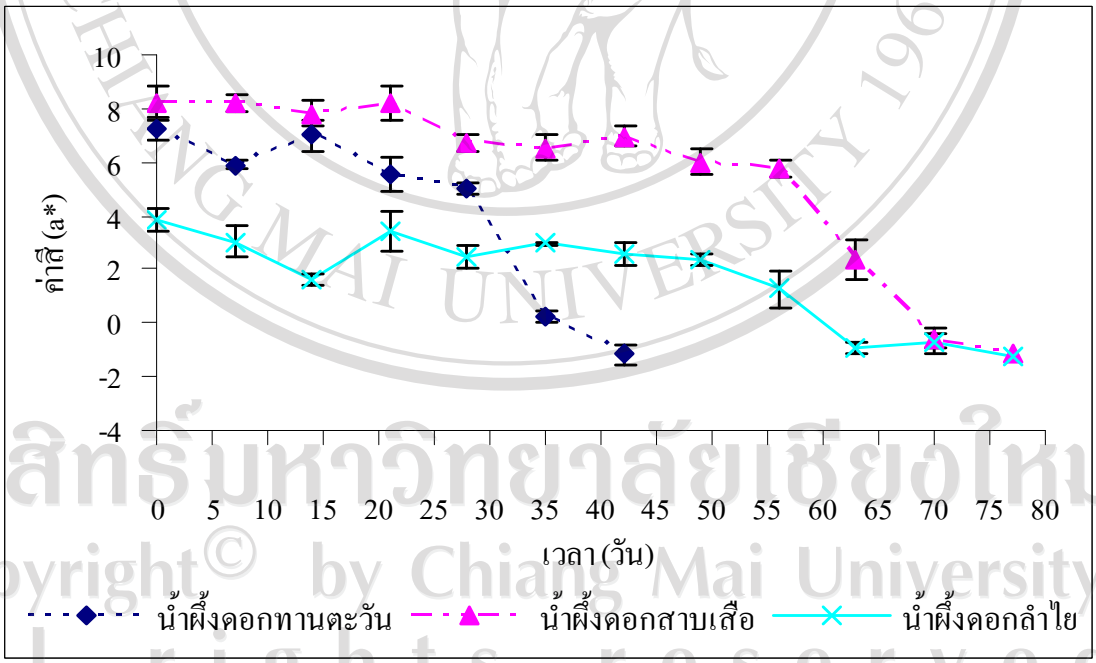
ค่าสี (a*)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง – เขียว (a*) ของน้ำผึ้ง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ10 องศาเซลเซียส ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ ค่าการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นในลักษณะแปรผกผันกับค่าความสว่าง เมื่อเกิดการตกผลึกค่าความสว่างจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าสีแดงจะมีค่าลดลงจนมีค่าติดลบแสดงว่าน้ำผึ้งที่เกิดการตกผลึกโดยเฉพาะน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่เกิดการตกผลึกก่อนน้ำผึ้งชนิดอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (a*) จากเฉดสีที่ออกไปทางสีแดงมีค่าลดลงและยังมีเฉดสีที่ออกไปทางสีเขียวเล็กน้อยอีกด้วย และเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าทางด้านกายภาพอื่นๆ ที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกทานตะวันยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ เร็วกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าสีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี (a*) ที่อุณหภูมิ 25 และ35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.34 และ 4.35) ยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณการตกผลึกยังมีน้อยไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างชัดเจน และผลึกที่เกิดขึ้นยังมีขนาดเล็กอยู่ ทำให้มีอิทธิพลต่อการดูดซับหรือสะท้อนของแสงน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

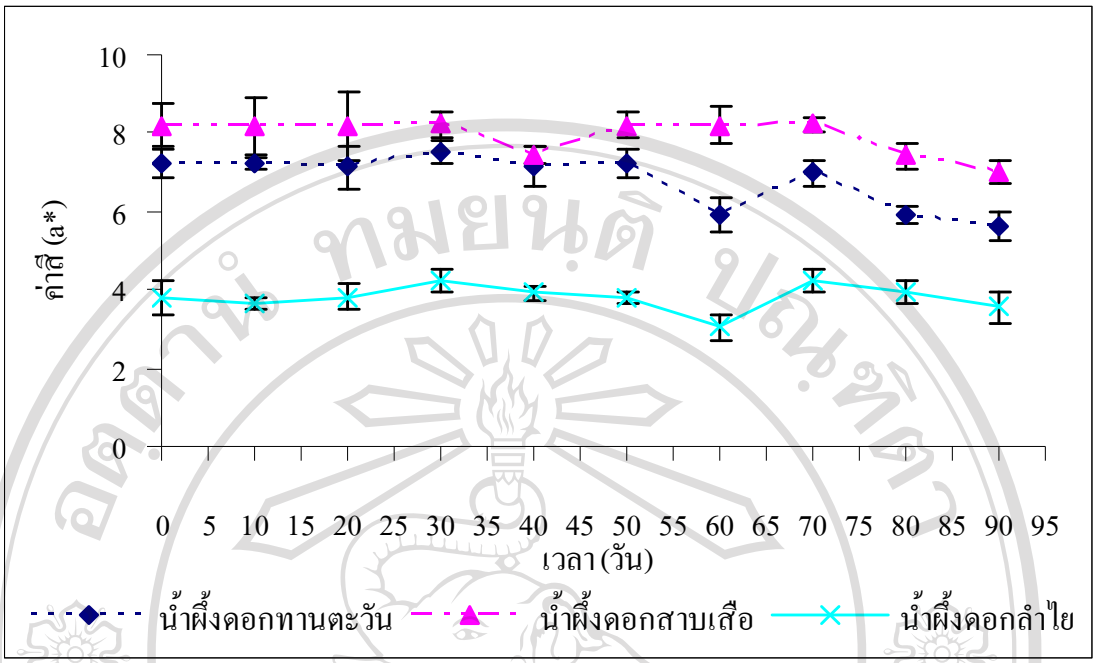


ภาพที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (a*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

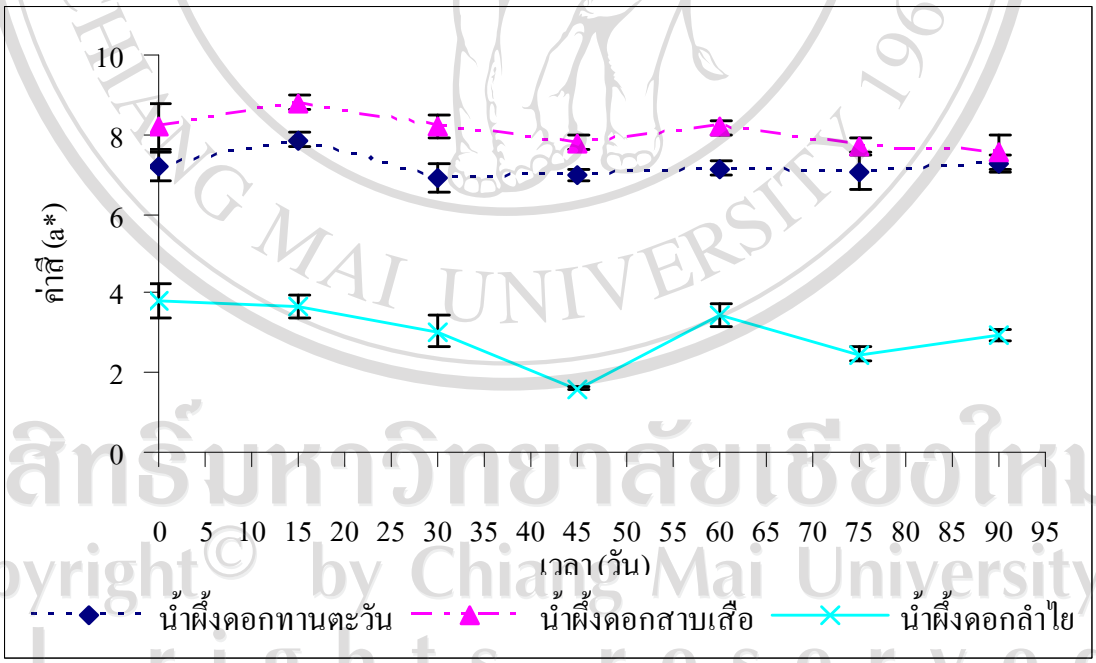


ภาพที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (a*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (a*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

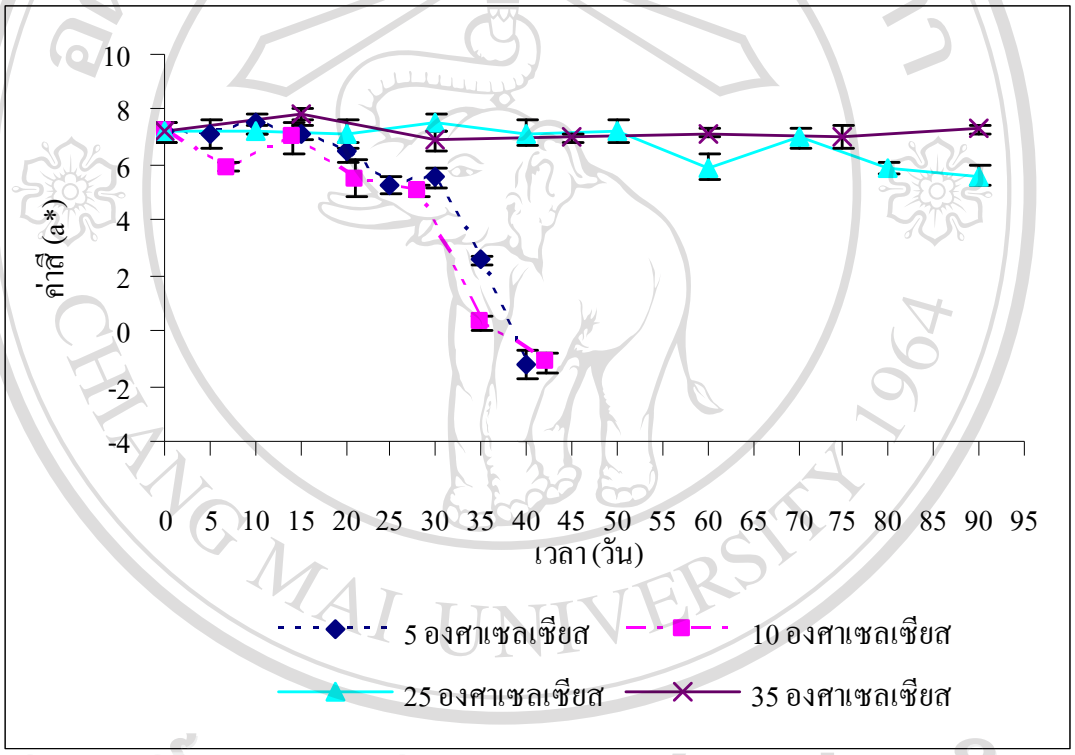


ภาพที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (a*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิทธิพลของอุณหภูมิและการตกผลึกที่มีต่อค่าสี (a*) ของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

เมื่อนำกราฟการเปลี่ยนแปลงค่าสี (a*) ของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน (ภาพที่ 4.36) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ10 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ35 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นในน้ำผึ้งทานตะวัน มีอิทธิพลต่อการดูดซับหรือสะท้อนของแสง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นการเร่งให้เกิดการตกผลึก ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าสี (a*) ที่อุณหภูมิต่ำเกิดขึ้นได้เร็วกว่าที่การเก็บรักษาอุณหภูมิสูงเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าทางด้านกายภาพอื่นๆ



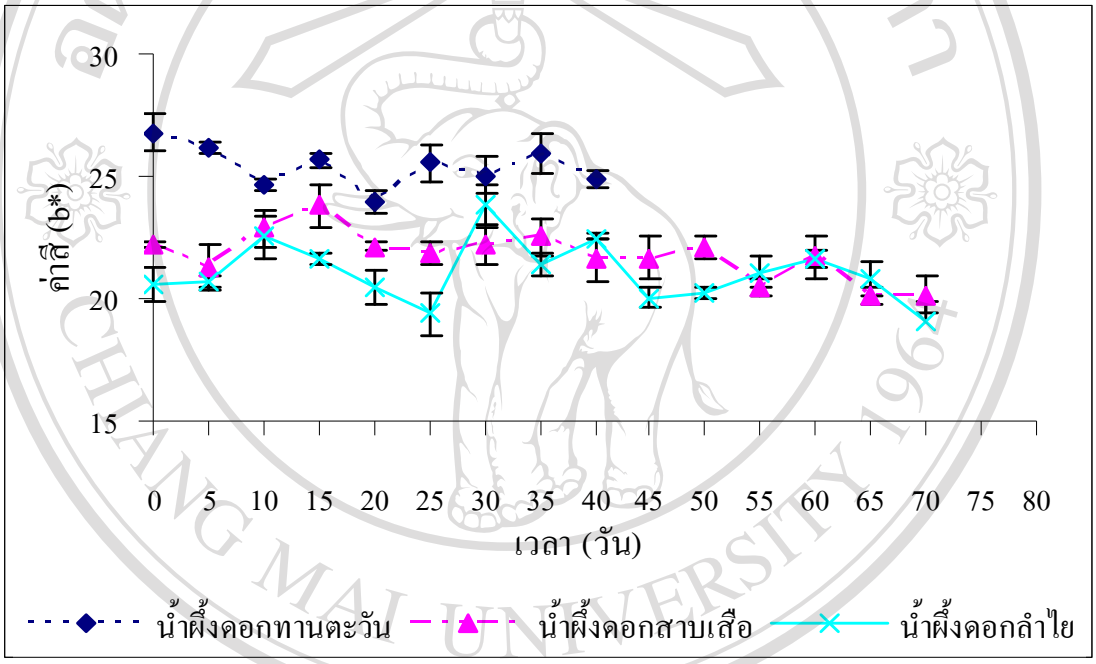
ภาพที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a*) กับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

ค่าสี (b*)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) ดังภาพที่ 4.37 และ 4.38 เป็นการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นในลักษณะแปรผกผันกับค่าความสว่าง เช่นเดียวการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (a*) เมื่อเกิดการตกผลึกค่าความสว่างจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าสีเหลืองจะมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยแสดงว่าน้ำผึ้งที่เกิดการตกผลึกโดยเฉพาะน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่เกิดการตกผลึกก่อนน้ำผึ้งชนิดอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (b*) จากสีที่ออกไปทางสีเหลืองให้มีสีเหลืองน้อยลงเพียงเล็กน้อย หรือถือได้ว่าไม่มีผลต่อสีของน้ำผึ้ง และ

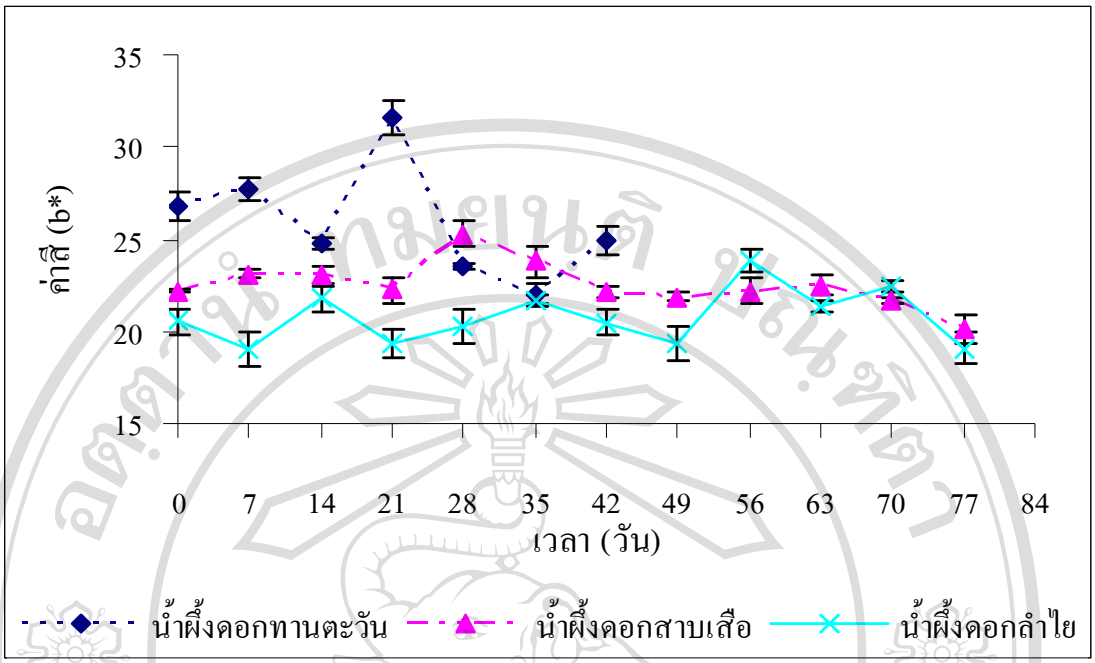
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าทางด้านกายภาพอื่นๆที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำผึ้งดอกทานตะวันยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าสีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี (b*) ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.39 และ 4.40) ยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากในช่วงแรกปริมาณการตกผลึกยังมีน้อยและผลึกที่เกิดขึ้นยังมีขนาดเล็กอยู่ทำให้มีอิทธิพลต่อการดูดซับหรือสะท้อนของแสงน้อยไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (b*) อย่างชัดเจน

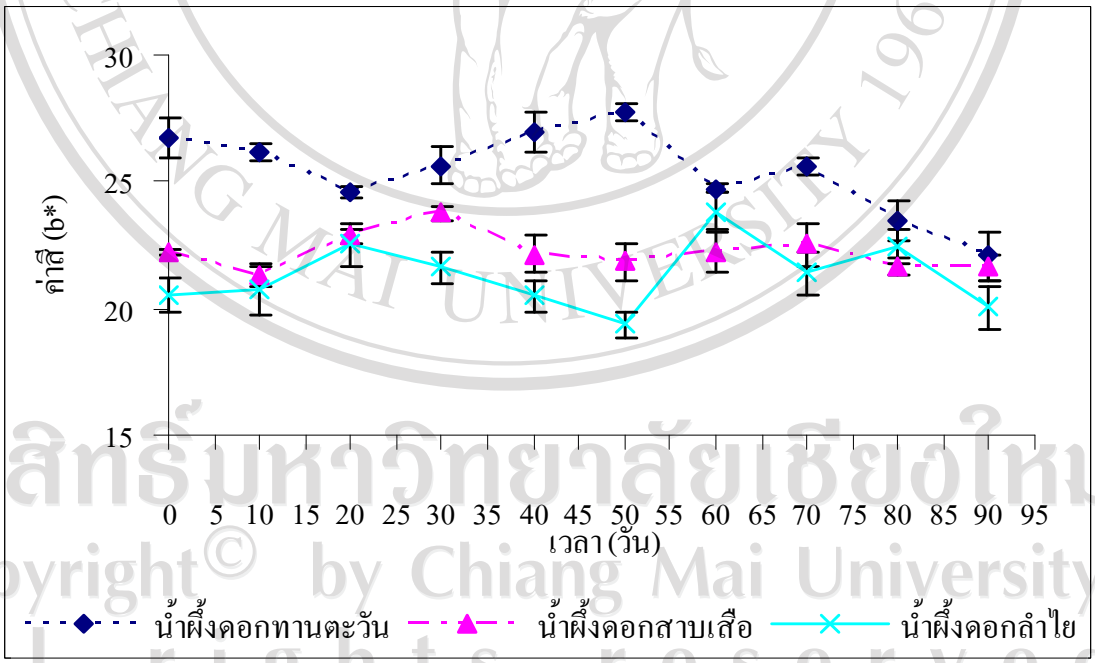


ภาพที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (b*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

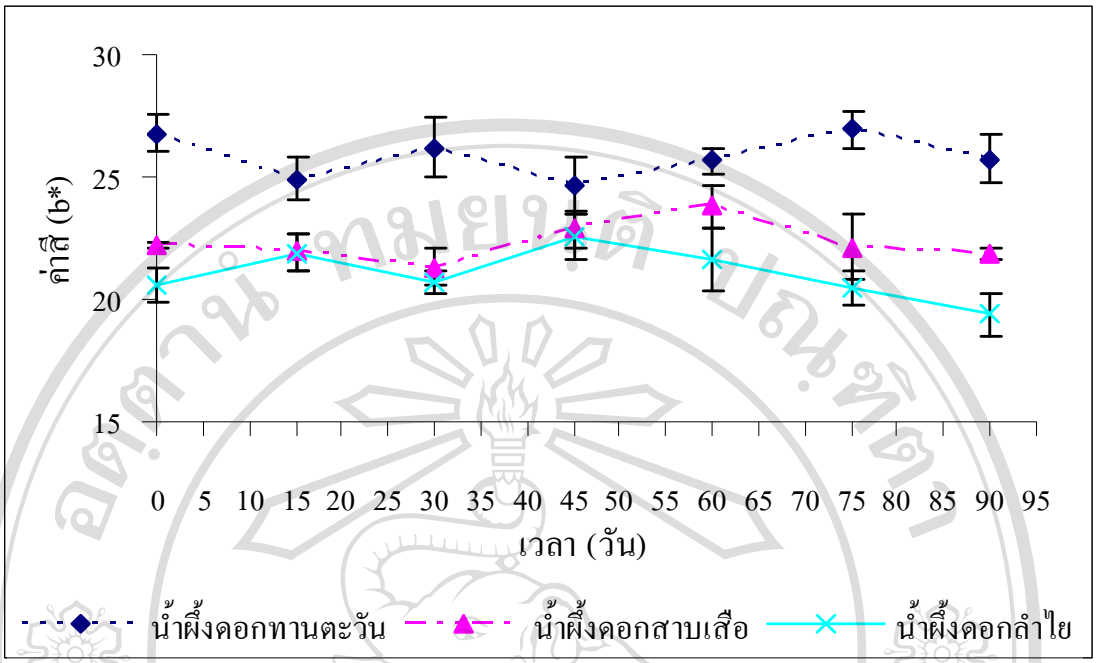


ภาพที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (b*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (b*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

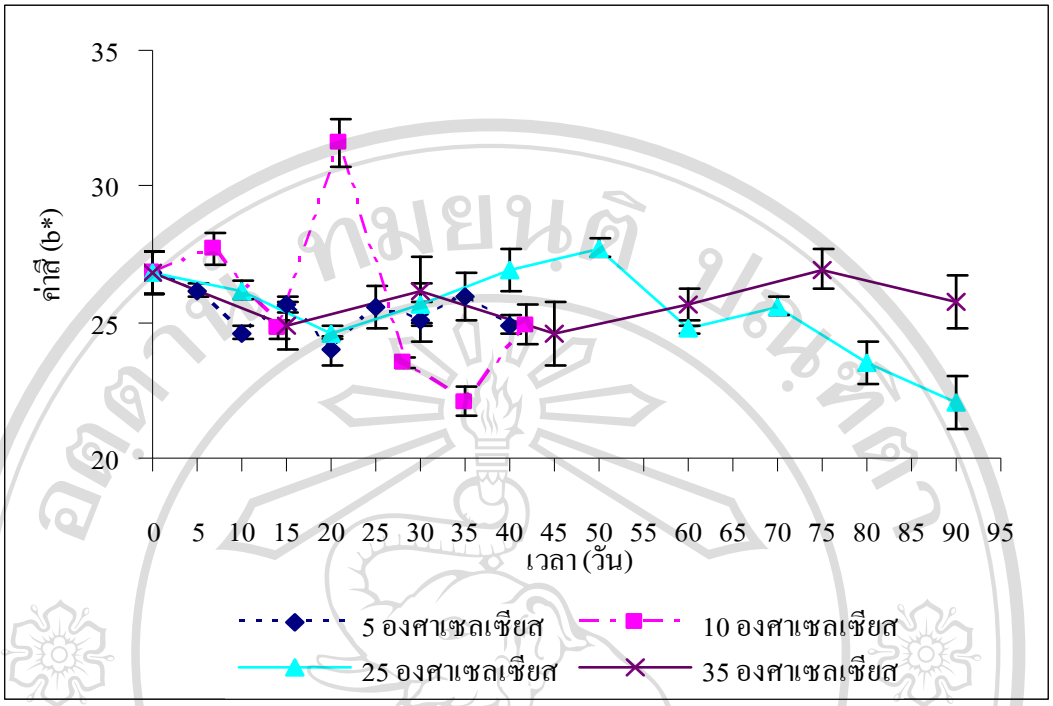


ภาพที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (b*) กับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

อิทธิพลของอุณหภูมิและการตกผลึกที่มีต่อค่าสี (b*) ของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

เมื่อนำกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (b*) (ภาพที่ 4.41) ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มาเปรียบเทียบกันพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นในน้ำผึ้งทานตะวัน มีอิทธิพลต่อการดูดซับหรือสะท้อนของแสง เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าสี (a*) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นการเร่งให้เกิดการตกผลึก ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (b*) ที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดขึ้นได้เร็วกว่าที่การเก็บรักษาอุณหภูมิสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (b*) กับเวลา ของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

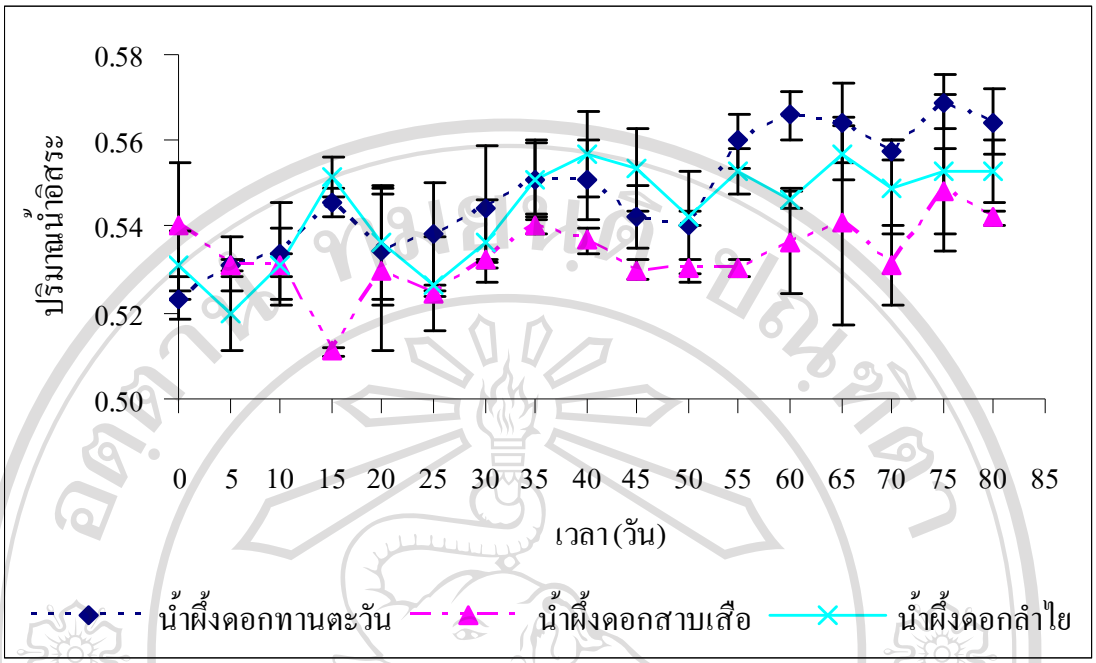
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี

ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีคือ ปริมาณน้ำอิสระ ความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณกรด (ร้อยละของกรดที่ไตเตรทได้) และได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

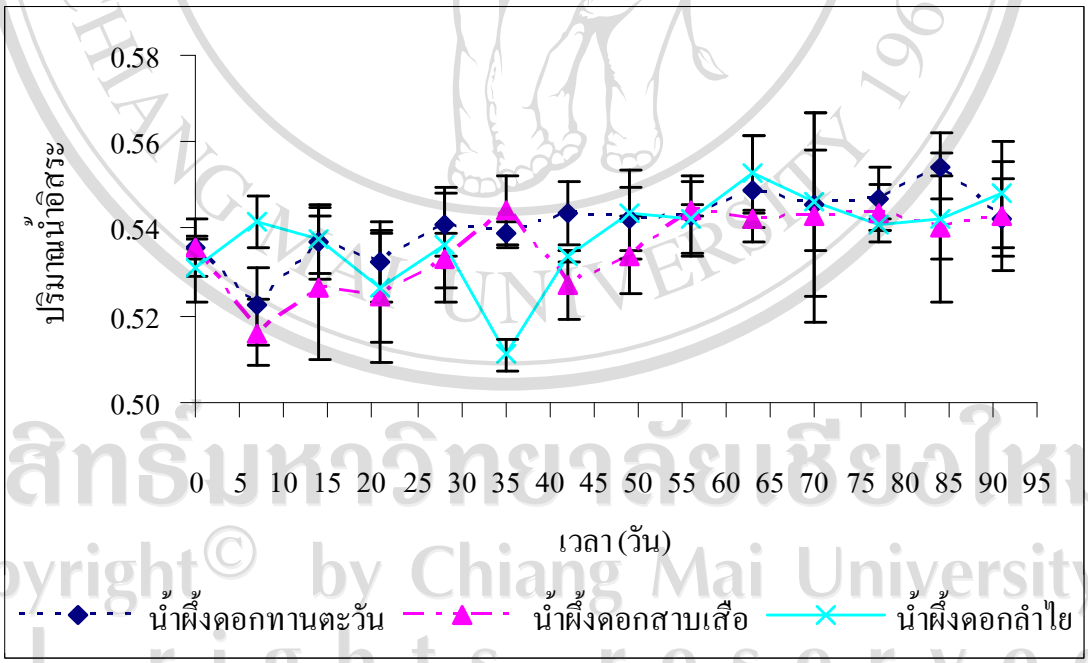
4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

จากการศึกษาค่าปริมาณน้ำอิสระที่เปลี่ยนแปลงไปของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด ที่การเก็บรักษาแบบสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.42) พบว่า ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Zamora and Chirife (2006) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระเนื่องจากการตกผลึกในน้ำผึ้ง ในการทดลองนี้พบว่าการตกผลึกส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในน้ำผึ้งลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำอิสระของน้ำผึ้งเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำอิสระที่เกิดขึ้น(Δa_w) อยู่ในช่วง 0.03-0.04 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระนี้อาจจะส่งผลให้เชื้อยีสต์ที่มีอยู่ในน้ำผึ้ง เช่น Osmophilic yeasts สามารถเจริญได้ ส่วนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.44) อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำอิสระในน้ำผึ้งทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

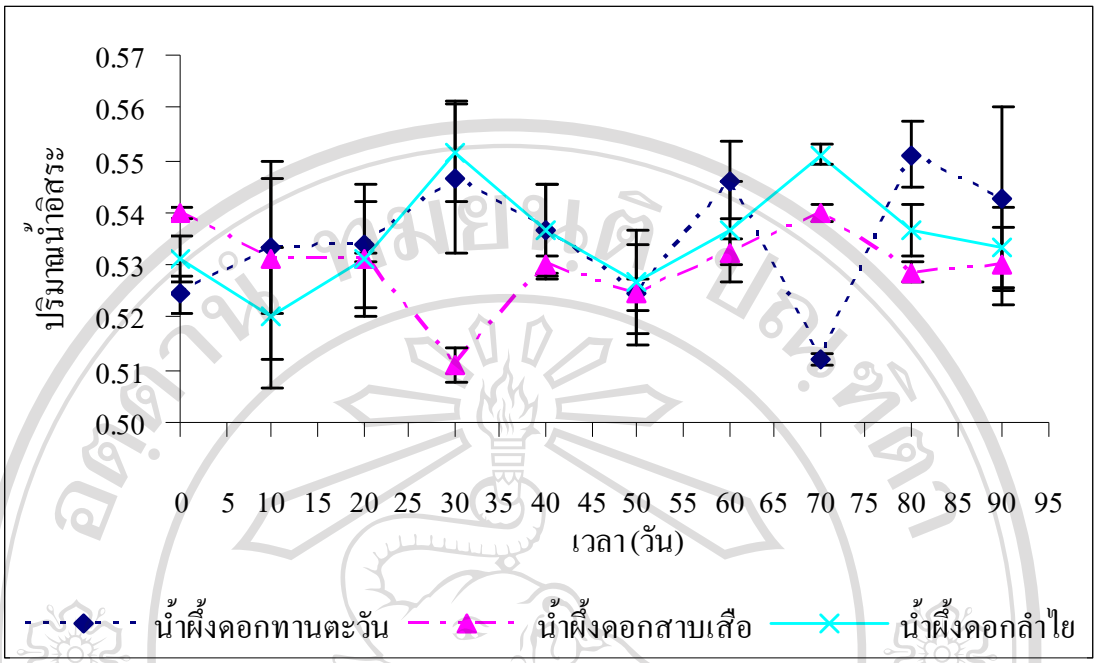


ภาพที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

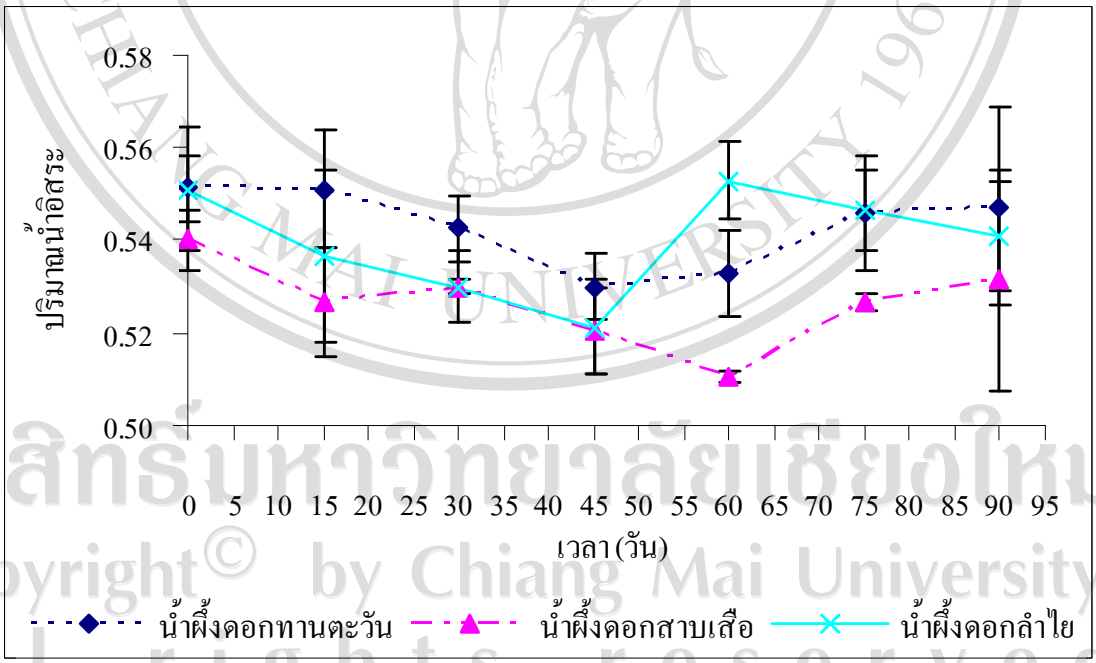


ภาพที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

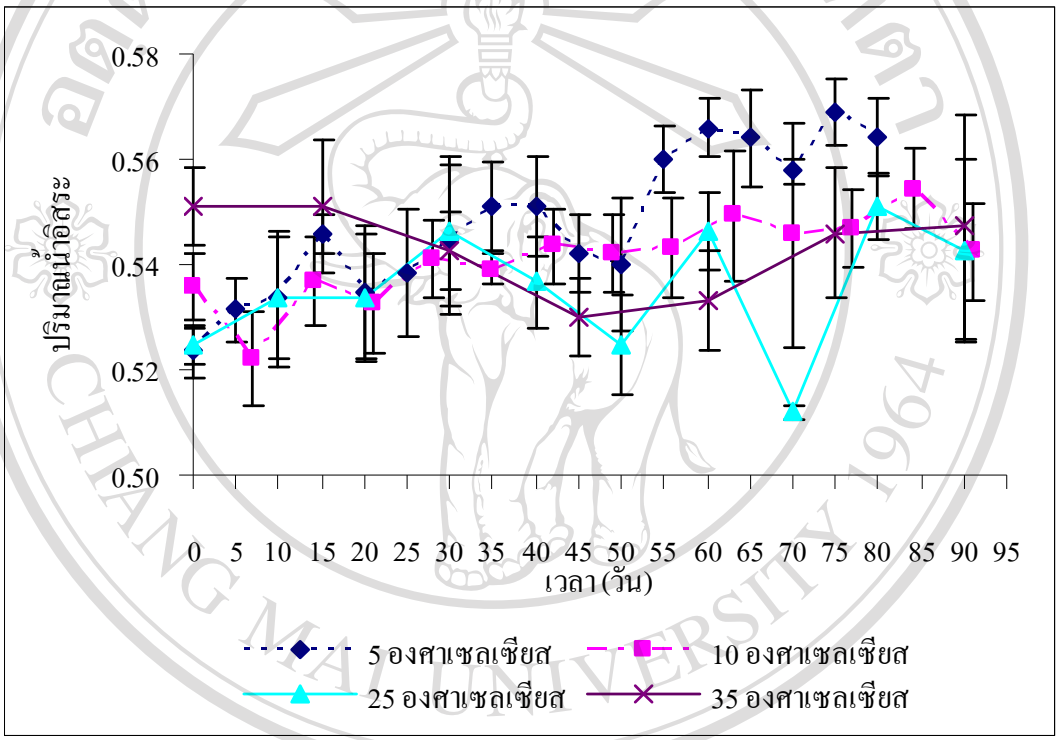


ภาพที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิทธิพลของอุณหภูมิและการตกผลึกที่มีต่อปริมาณน้ำอิสระ (a_w)ของน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

จากภาพที่ 4.46 น้ำผึ้งดอกทานตะวันที่การเก็บรักษาอุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระมีอัตราการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระขึ้นอยู่กับอัตราการตกผลึก เมื่ออัตราการตกผลึกเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในน้ำผึ้งลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำอิสระของน้ำผึ้งเพิ่มขึ้น (Zamora and Chirife, 2006)

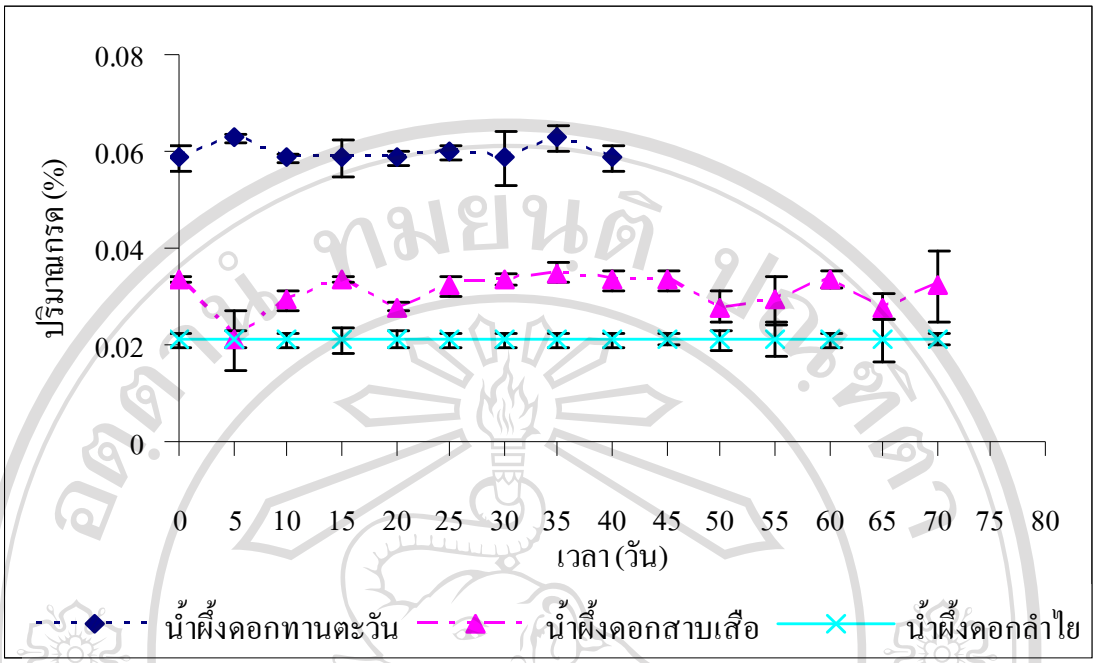


ภาพที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

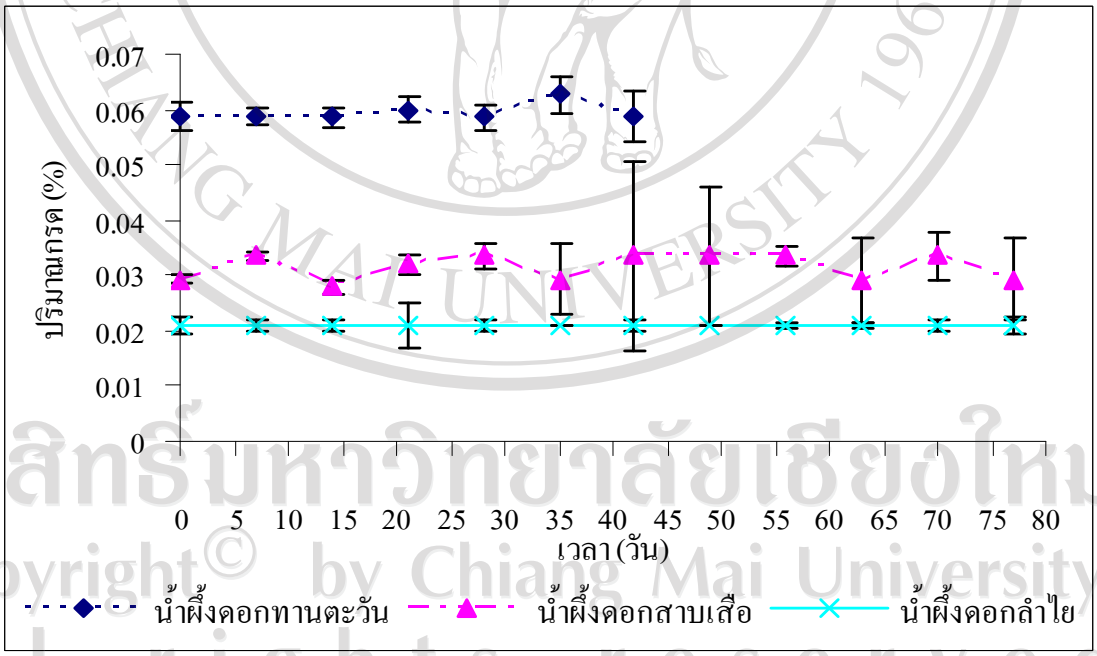
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด

ภาพที่ 4.47, 4.48, 4.49 และ 4.50 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรด ในน้ำผึ้งระว่างการเก็บรักษาที่ 5, 10, 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณกรดในน้ำผึ้งชนิดต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะเห็นว่าปริมาณกรดไม่มีผลต่อการตกผลึกในน้ำผึ้ง ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำผึ้งแต่ละชนิดมีปริมาณของสารที่เป็นบัฟเฟอร์อยู่ไม่เท่ากัน และปริมาณกรดอิสระในน้ำผึ้งจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณเอนไซม์ที่สร้างกรดในน้ำผึ้ง (ลักขณา และนิธิยา, 2544) นอกจากนั้นยังพบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในน้ำผึ้งทุกชนิด (ภาพที่ 4.51)

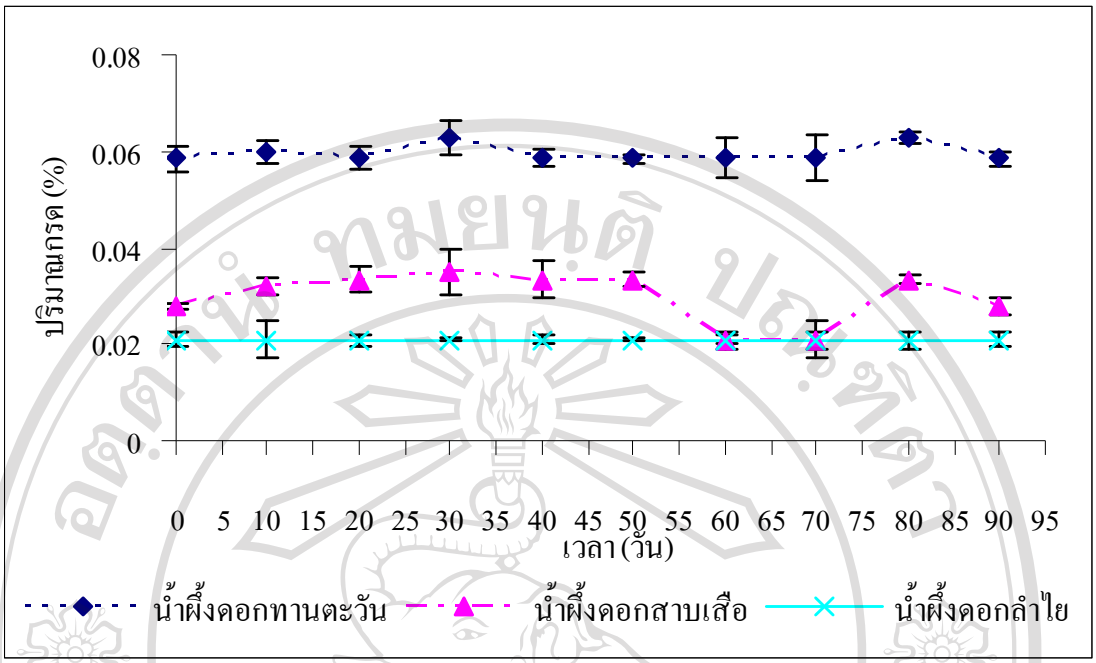


ภาพที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

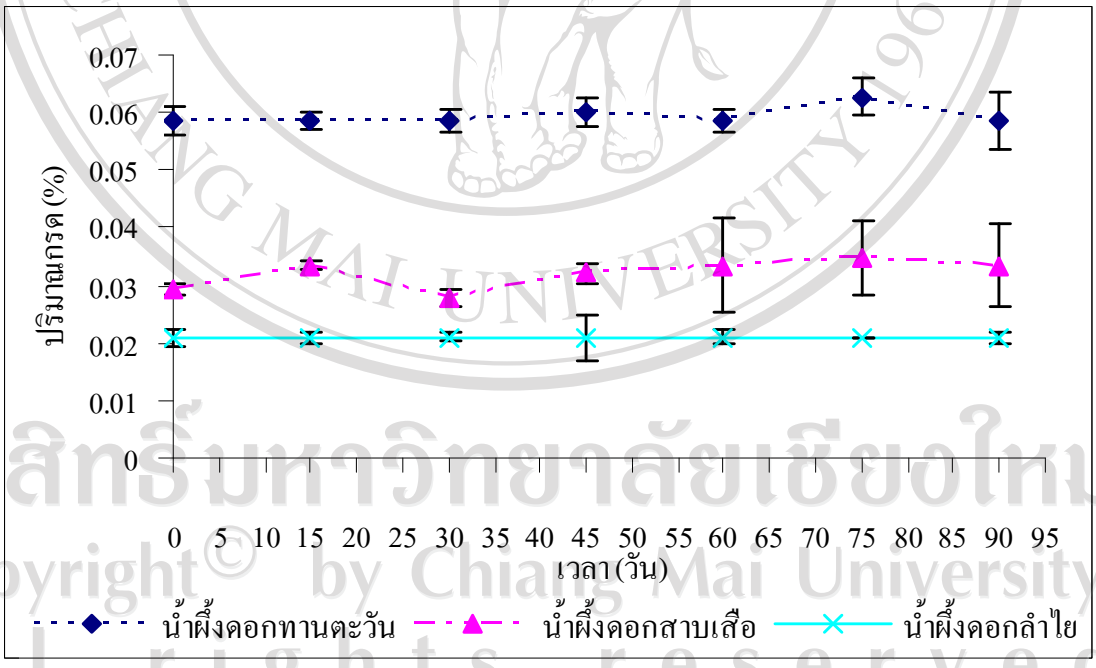


ภาพที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

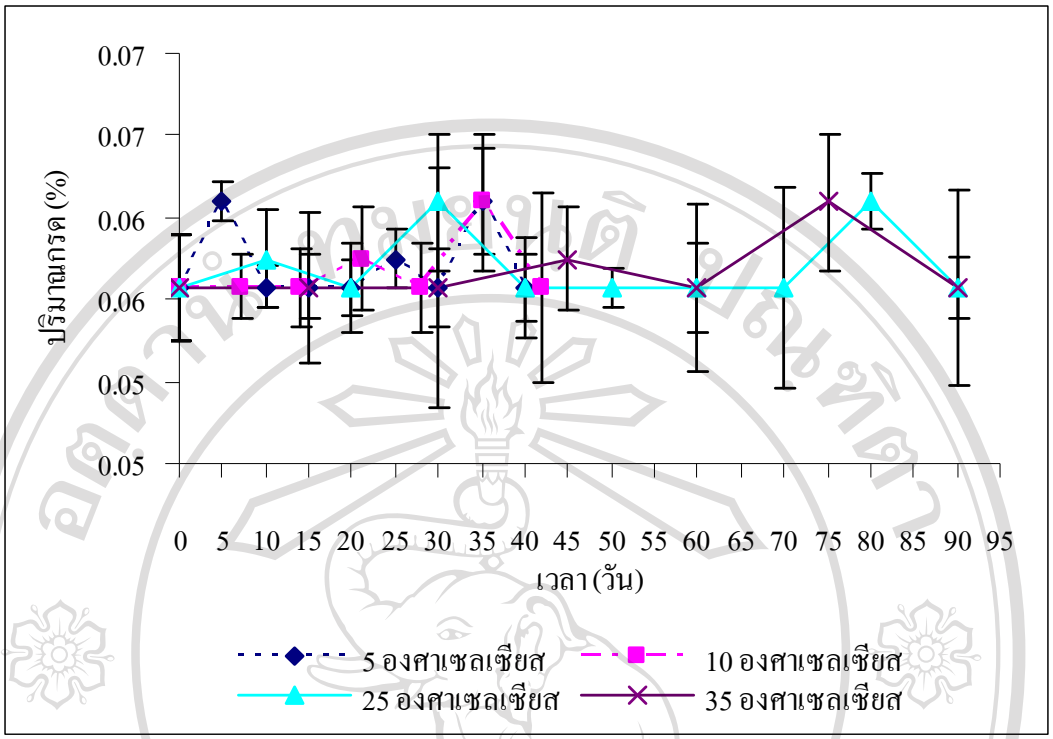


ภาพที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



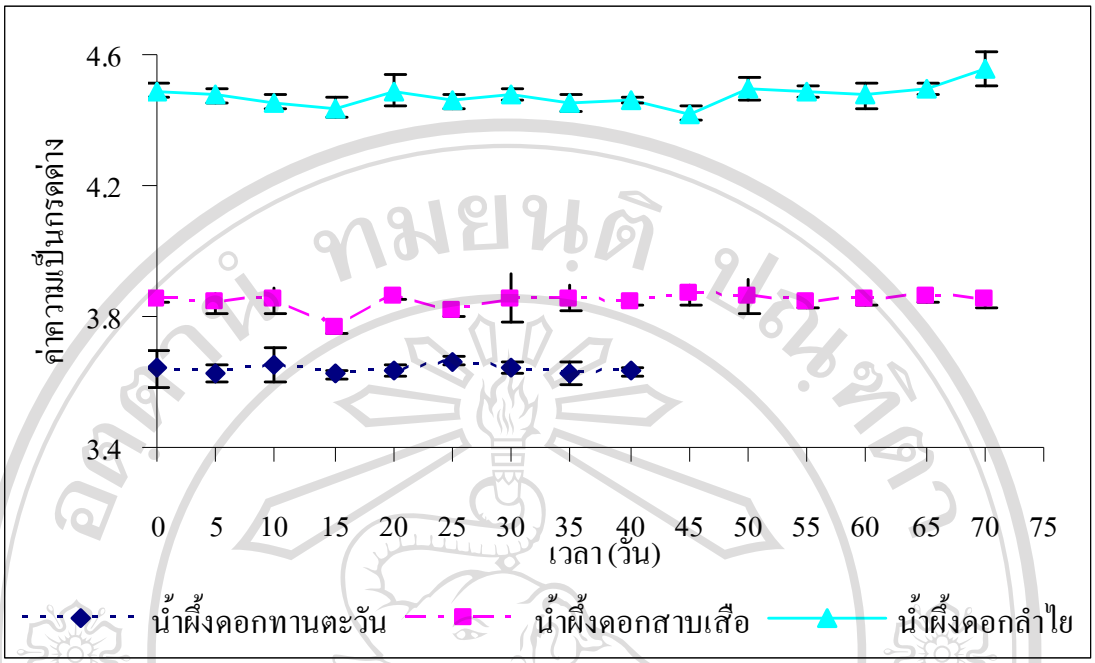
ภาพที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

4.2.2.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง (pH)

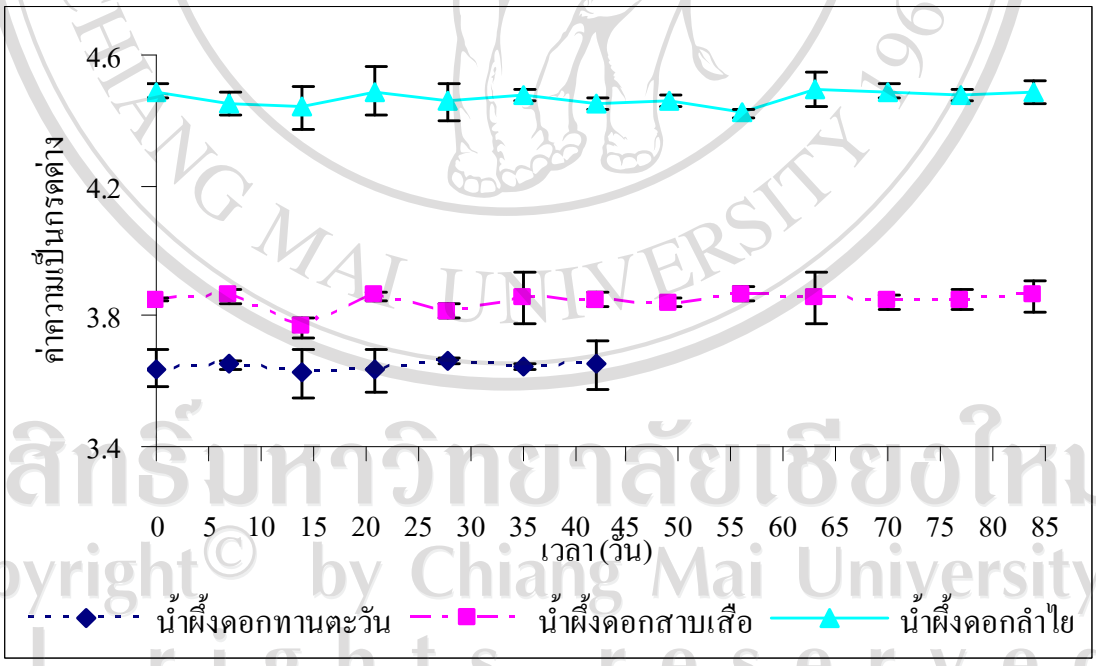
จากการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา และการตกผลึกไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของน้ำผึ้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.52-4.56 ดังนั้นสมบัติดังกล่าวจึงไม่เกี่ยวข้องกับการตกผลึกในน้ำผึ้ง

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ในการตกผลึกของน้ำผึ้งได้ดีที่สุด คือ ความขุ่น เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงพร้อมกับการตกผลึกในขณะที่การเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสจะมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากมีการตกผลึกไปแล้วช่วงเวลาหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

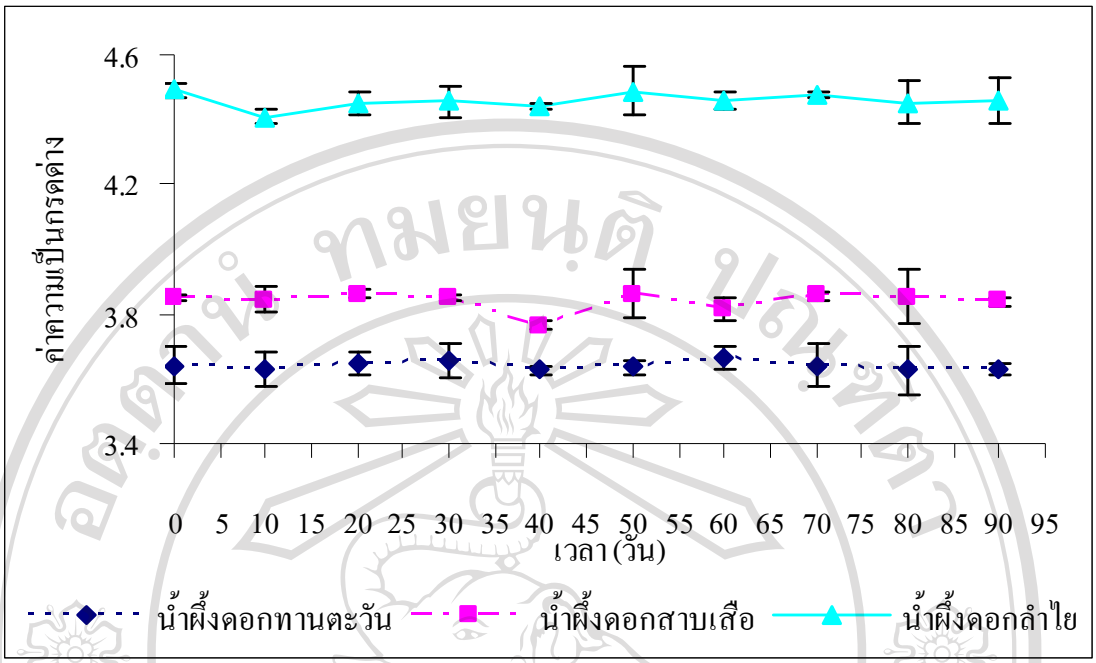


ภาพที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดด่างกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

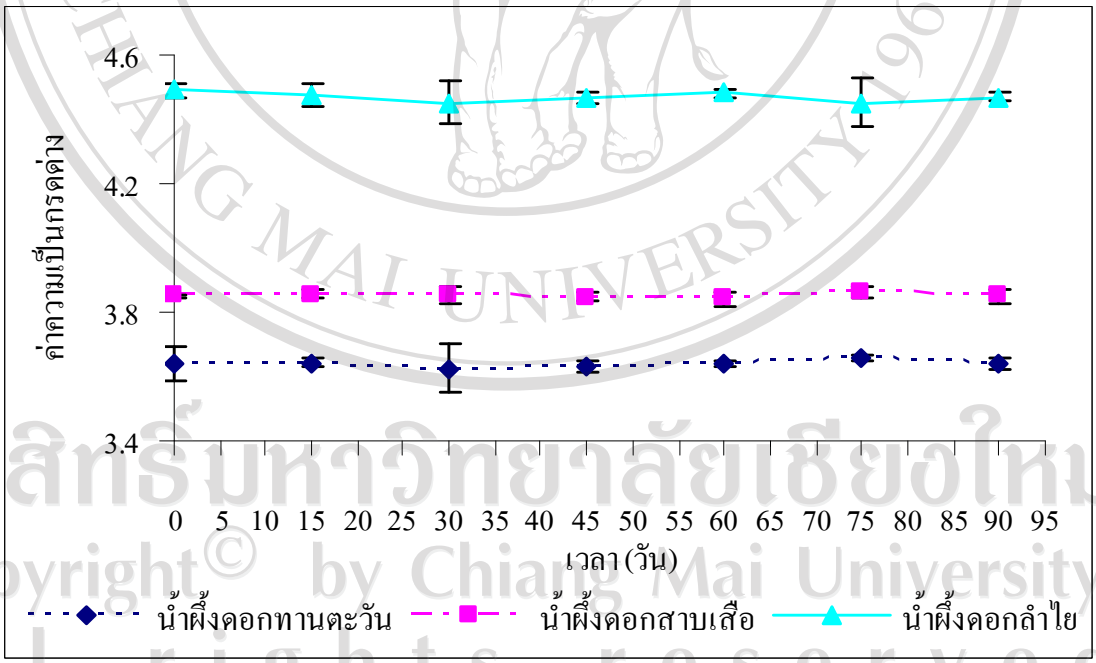


ภาพที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดด่างกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

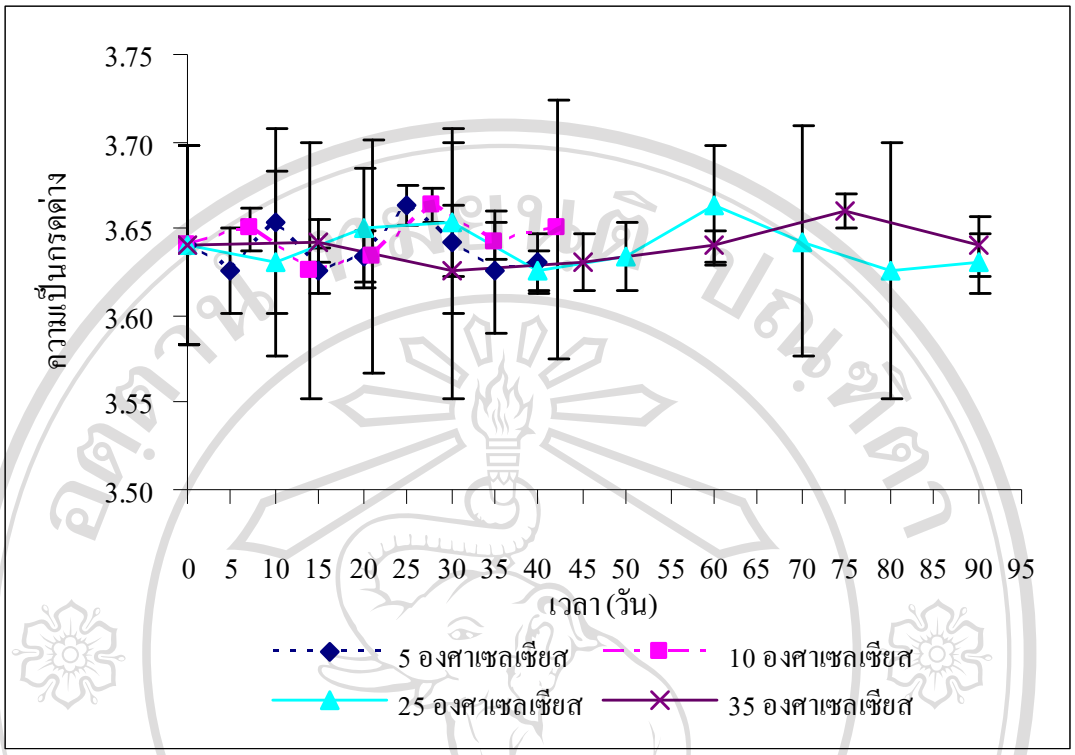


ภาพที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดด่างกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดด่างกับเวลา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดด่างกับเวลาของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ผ่านการแยกผลึก

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ตกผลึกโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับน้ำผึ้งที่ไม่ได้ผ่านการแยกผลึก ได้ผลดังตารางที่ 4.4 พบว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ผ่านการแยกผลึกแล้วจะมีค่าความชื้นร้อยละ 21.73 ค่าความเป็นกรดด่าง 3.65 ซึ่งสูงกว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ไม่ได้ตกผลึกที่มีความชื้น ร้อยละ 19.5 มีผลให้ปริมาณของแข็งลดลงเหลือร้อยละ 78.27 มีปริมาณน้ำอิสระ 0.56 และมีปริมาณฟรุกโตสและกลูโคสลดลง โดยปริมาณฟรุกโตสเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 4.32 ส่วนกลูโคสลดลง ร้อยละ 0.55 มีผลทำให้อัตราส่วนระหว่างฟรุกโตสต่อกลูโคสเปลี่ยนไปจากเดิมที่มีค่า 1.27 เป็น 1.43 ซึ่งถ้านำน้ำผึ้งที่แยกผลึกออกแล้วไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไม่ควรมีการตกผลึกเกิดขึ้นเนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างฟรุกโตสต่อกลูโคสสูงมาก นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมอลโตสลดลงร้อยละ 5.79 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการสูญเสียมอลโตสขณะแยกผลึกเช่นกัน จากการสืบค้นเอกสารพบว่าความสามารถในการละลายของมอลโตสเท่ากับ 1,080 กรัมต่อลิตร (Fisher Science, 2007) ซึ่งละลายได้มากกว่ากลูโคสที่มีความสามารถในการละลายเท่ากับ 620 กรัมต่อลิตร (Yong, 2003) ในขณะที่ฟรุกโตสละลายได้มากที่สุด คือ 4,000 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อลิตร (Flood *et al.*, 1996) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่น้ำตาลมอลโตสจะเกิดการตกผลึกร่วมกับกลูโคส

นอกจากนั้นในกระบวนการแยกผลึกเป็นการแยกส่วนที่เป็นของแข็งออกไปดังนั้นส่วนที่เหลืออยู่จึงมีปริมาณน้ำเป็นส่วนประกอบมากกว่าก่อนที่จะทำการแยกผลึกส่งผลให้มีค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่จะทำให้ปริมาณของแข็งและน้ำตาลลดลงด้วยเช่นกัน ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Gleiter *et al.* (2006) ที่พบว่าน้ำผึ้งที่ตกผลึกจะมีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าน้ำผึ้งปกติ และ การทดลองของ Lazaridou (2004) ที่พบว่าการตกผลึกจะทำให้มีความชื้นสูงขึ้นและทำให้มีปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้นตามไปด้วย รวมทั้ง Chirife *et al.* (2006) ที่พบว่าปริมาณน้ำอิสระในน้ำผึ้งมีผลมาจากความชื้น โดยเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำอิสระก็จะสูงขึ้นด้วย ส่วนสมบัติทางด้านกายภาพ (ตารางที่ 4.5) พบว่าค่าความสว่างมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง-เขียวมีค่าลดลง และค่าสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่าน้ำผึ้งที่ผ่านการแยกผลึกมีสีน้ำตาลเหลืองที่อ่อนกว่า เมื่อเทียบกับน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ไม่ได้ผ่านการแยกผลึก ส่วนค่าความหนืดมีค่าลดลงเนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นมีผลให้ความหนืดในน้ำผึ้งเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อแยกผลึกออกไปจึงทำให้ความหนืดลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำผึ้งดอกทานตะวันอาจไม่ส่งผลกระทบต่อความชอบของผู้บริโภค ดังนั้นควรทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในการทดลองตอนต่อไป

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ผ่านการแยกผลึก

คุณภาพทางเคมี	ปริมาณ
1. ความชื้น (ร้อยละ)	21.73 ± 0.19
2. ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)	78.27 ± 0.21
3. เถ้า (ร้อยละ)	0.18 ± 0.04
4. ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.56 ± 0.01
5. ค่าความเป็นกรดด่าง	3.65 ±0.14
6. ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (ร้อยละ)	0.06 ± 0.00
7. กลูโคส (ร้อยละ)	31.55
8. ฟรุกโตส (ร้อยละ)	45.02
9. มอลโตส (ร้อยละ)	1.70
10. ไนโตรเจน (ร้อยละ)	0.07 ± 0.01

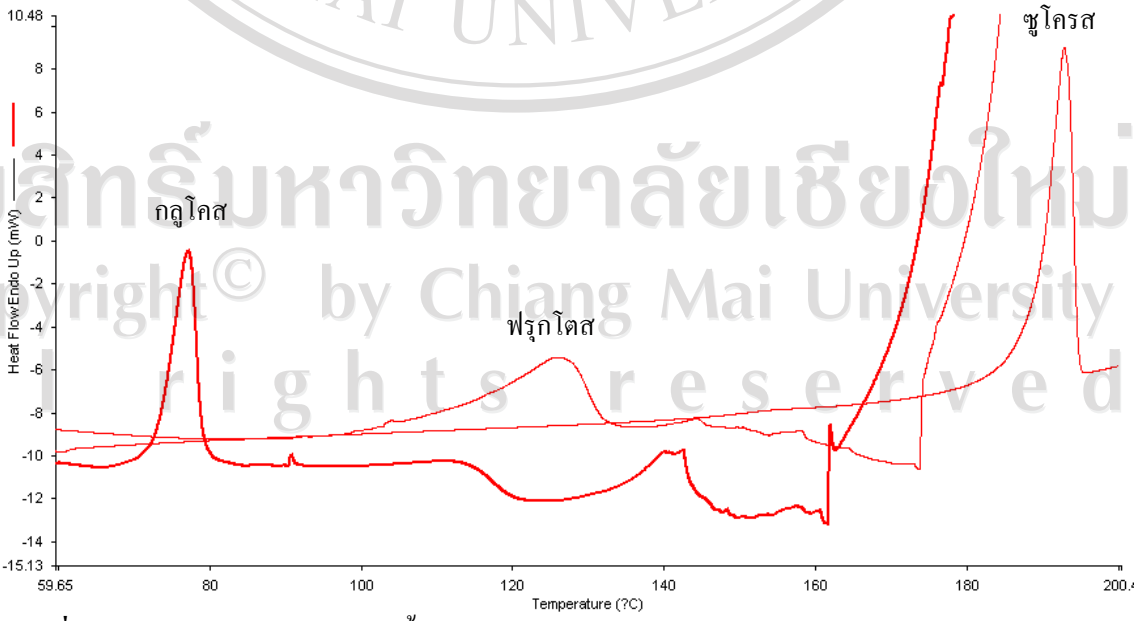
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ผ่านการแยกผลึก

คุณภาพทางกายภาพ	ค่า
1. ค่าสี	
ค่าสี L*	39.70
ค่า a*	6.29
ค่า b*	34.85
2. ความหนืด (cP)	5045.92

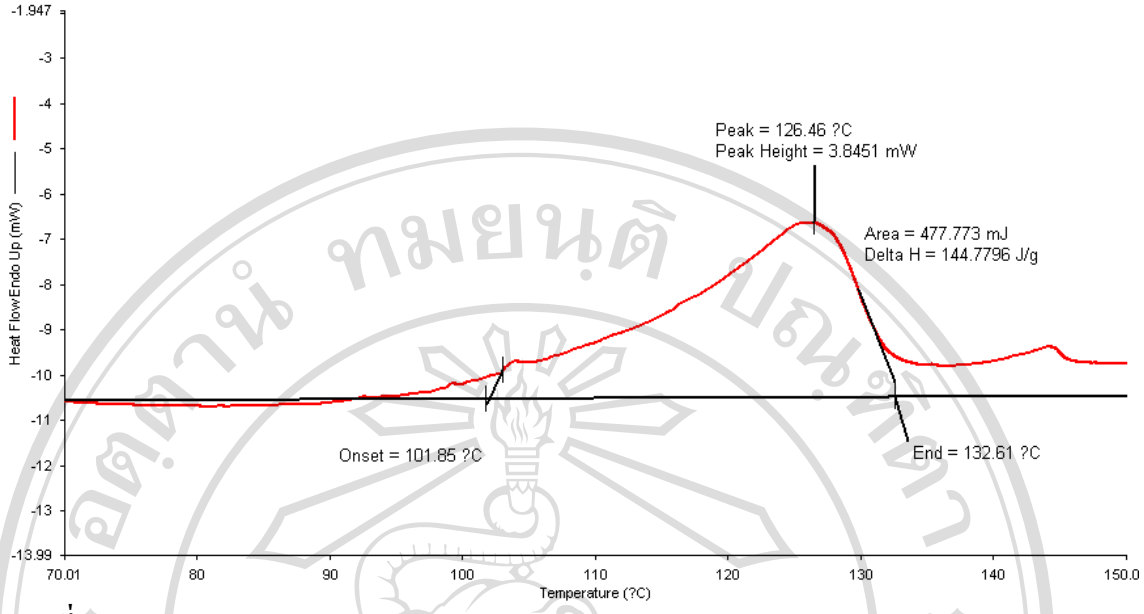
การวิเคราะห์จุดหลอมเหลวของผลึกน้ำผึ้งด้วยวิธี Differential Scanning Calorimetry (DSC)

ตัวอย่างผลึกน้ำผึ้งที่แยกได้นำไปล้างด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 แล้วนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนมีความชื้นร้อยละ 5.76หลังจากนั้นถูกนำมาวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลวด้วยเครื่อง DSC โดยเปรียบเทียบลักษณะของกราฟผลึกน้ำผึ้งกับกราฟของน้ำตาลบริสุทธิ์สามชนิด คือ ฟรุกโตส กลูโคส และ ซูโครส ปริมาณความชื้นน้ำตาลบริสุทธิ์ทั้งสามชนิด เท่ากับร้อยละ 0.82, 7.24 และ 0.24 ตามลำดับ จากการทดลองได้ลักษณะการหลอมเหลวของน้ำตาลบริสุทธิ์ดังแสดงในภาพที่ 4.57 และภาพที่ 4.58-4.60 ที่แสดงการคำนวณค่าจุดหลอมเหลวของน้ำตาลบริสุทธิ์แต่ละชนิด ด้วยโปรแกรม Pyris 1 Data Analysis

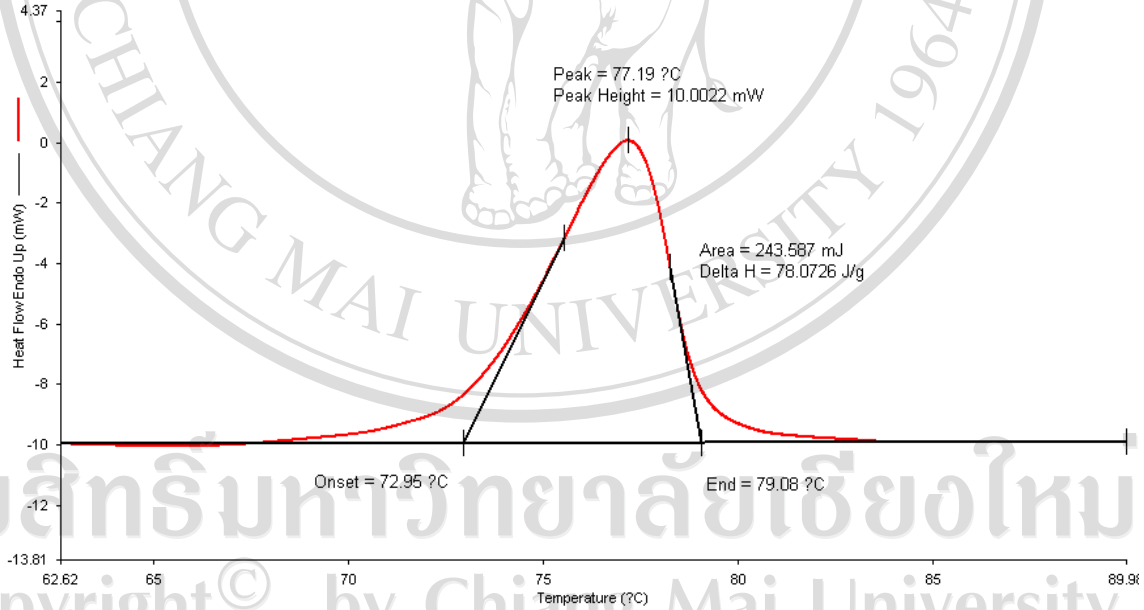


ภาพที่ 4.57 จุดหลอมเหลวของผลึกน้ำตาลมาตรฐานกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

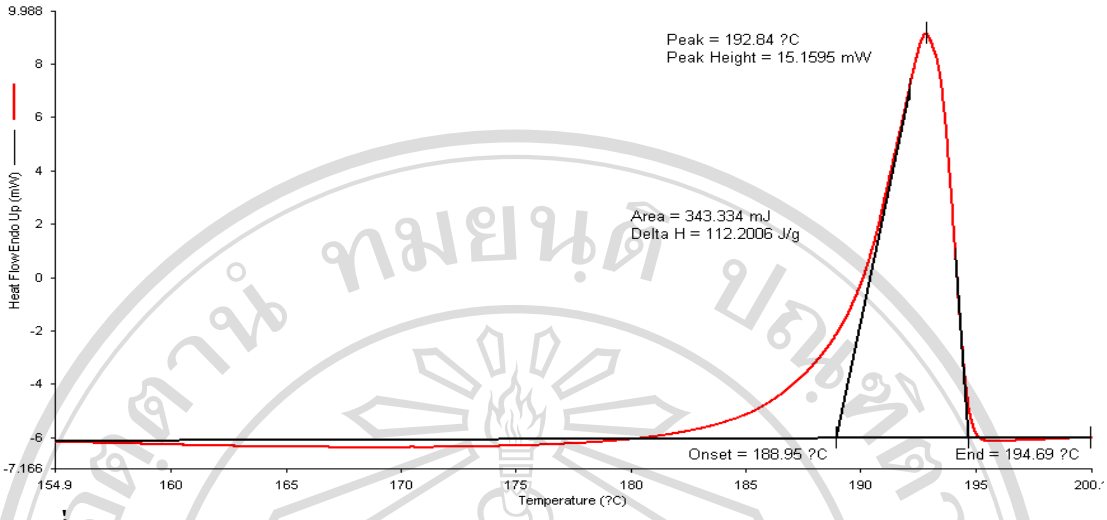


ภาพที่ 4.58 จุดหลอมเหลวของฟรุกโตส



ภาพที่ 4.59 จุดหลอมเหลวของกลูโคส

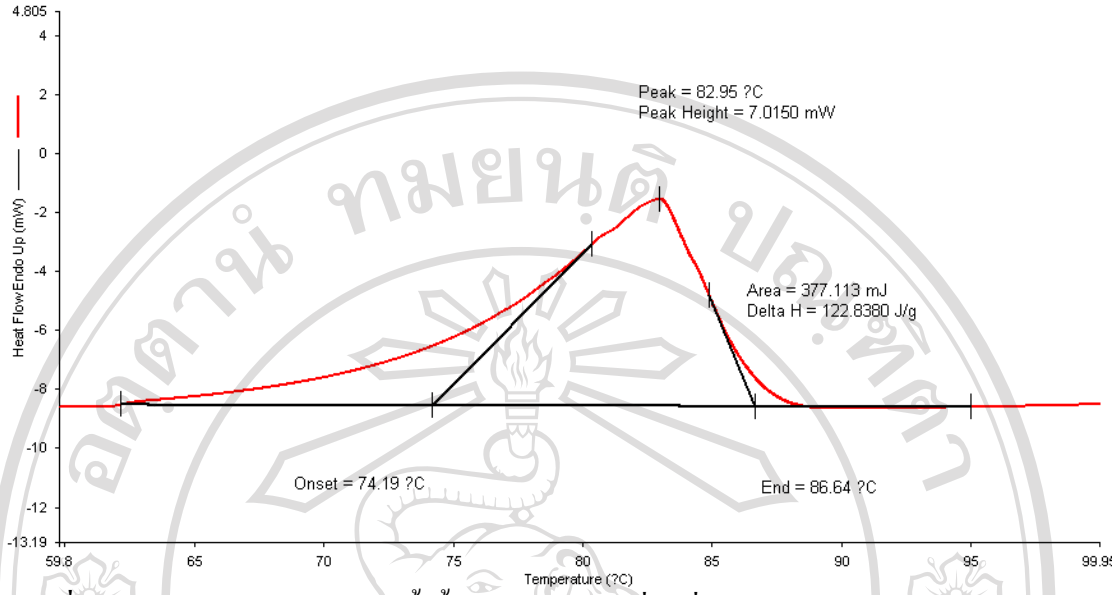
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



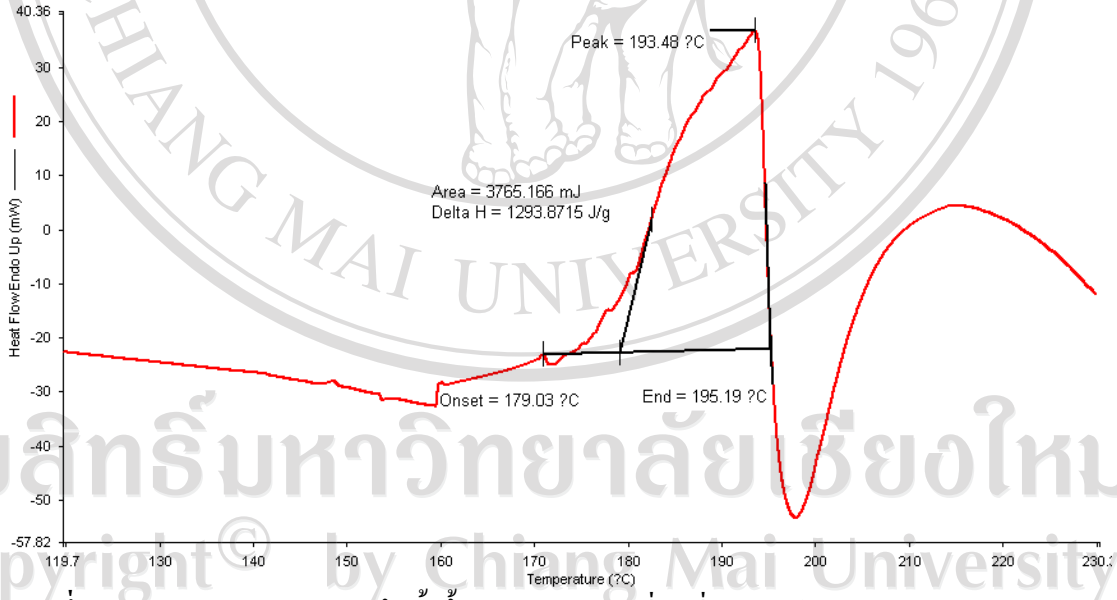
ภาพที่ 4.60 จุดหลอมเหลวของซูโครส

จากการวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลวของน้ำตาลแต่ละชนิด พบว่าผลึกกลูโคสมีจุดหลอมเหลว ที่ 77.19 องศาเซลเซียส ผลึกฟรุกโตส มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่ 126.46 องศาเซลเซียส ผลึกน้ำตาลซูโครส มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่ 192.84 องศาเซลเซียส เมื่อนำผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันมาวิเคราะห์ ได้กราฟแสดงลักษณะการหลอมเหลวของผลึกน้ำผึ้งเปรียบเทียบกับกลูโคสบริสุทธิ์ ดังภาพที่ 4.63 พบว่าผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีการเปลี่ยนแปลง 2 จุด จุดแรกมีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่ 82.95 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.61) เมื่อนำกราฟมาเปรียบเทียบอุณหภูมิการหลอมเหลวของผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะพบว่าในผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันจะมีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกับจุดหลอมเหลวของกลูโคส ค่าที่สูงกว่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากความชื้นในผลึกน้ำผึ้งต่ำกว่าความชื้นในกลูโคส นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ณ จุดที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการหลอมเหลวของน้ำตาลมอลโตส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 193.48 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.62) ค่าที่วิเคราะห์ได้ในการทดลองนี้ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวในน้ำตาลมอลโตส ที่มีจุดหลอมเหลว 219-220 องศาเซลเซียส (Dutton, 1996) เนื่องจากในผลึกน้ำผึ้งมีความชื้นสูงกว่าในน้ำตาลมอลโตสบริสุทธิ์ที่มีความชื้นร้อยละ 0 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผลึกของน้ำตาลที่เกิดขึ้นในน้ำผึ้งดอกทานตะวันคือ ผลึกกลูโคสโมโนไฮเดรต และมอลโตส แต่จะมีผลึกกลูโคสมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Conforti *et al.* (2006) ที่กล่าวว่าผลึกของน้ำผึ้งที่ได้จะเป็นกลูโคสโมโนไฮเดรต และการตกผลึกของน้ำตาลจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อน้ำตาลกูลโคสมีความเข้มข้นสูงกว่าจุดอิ่มตัว (equilibrium saturation) คือ มีปริมาณฟรุกโตส ที่เป็นสัดส่วนกับกลูโคส ในอัตราส่วนที่น้อยเกินไป (White *et* al., 1974) รวมทั้งความชื้นที่มีผลต่อการตกผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน นอกจากนั้นจากเส้นกราฟในภาพที่ 4.62 มีการลดลงของพลังงานอย่างรวดเร็วหลังจากการละลายมอลโตสแล้วนั้นแสดงให้เห็นถึงการเผาไหม้ของกลูโคสที่ละลายแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

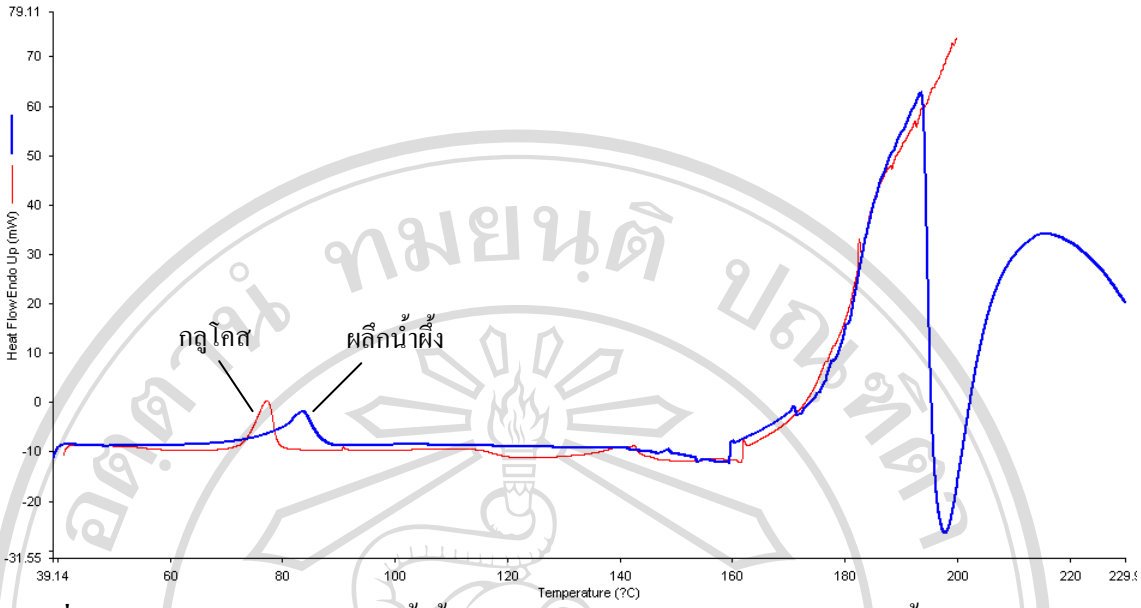


ภาพที่ 4.61 จุดหลอมเหลวของผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่จุดที่ 1 (กลูโคส)



ภาพที่ 4.62 จุดหลอมเหลวของผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่จุดที่ 2 (มอลโตส)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.63 จุดหลอมเหลวของผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันและเปรียบเทียบกับผลึกน้ำตาลมาตรฐาน

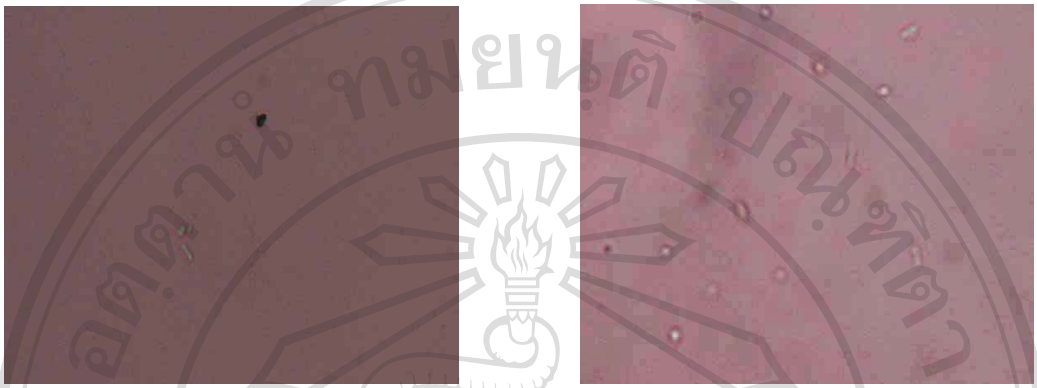
4.4 การศึกษาแนวทางในการป้องกันการตกผลึกในน้ำผึ้งที่มีการตกผลึก

ได้นำน้ำผึ้งดอกทานตะวันซึ่งมีปัญหาการตกผลึกมากที่สุด มาศึกษาแนวทางในการป้องกันการตกผลึก โดยการปรับอัตราส่วนของฟรุกโตสต่อกลูโคสให้สูงขึ้น ซึ่งทำได้ด้วยการเติมฟรุกโตส เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการปรับอัตราส่วนของกลูโคสต่อความชื้นซึ่งไม่สามารถที่จะลดอัตราส่วนด้วยการเพิ่มความชื้นหรือลดปริมาณกลูโคสได้ เพราะการเพิ่มความชื้นและการลดปริมาณกลูโคสมีผลต่อค่าความหนืดของน้ำผึ้ง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากความหนืดเป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญในการยอมรับของผู้บริโภค โดยปรับอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเป็น 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 และ 1.7 เพื่อศึกษาอัตราการตกผลึกใหม่ โดยนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน แล้ววิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นโดยการศึกษาการเกิดผลึก โดยใช้ Light Microscope

เมื่อเติมฟรุกโตสลงในน้ำผึ้งดอกทานตะวัน ในอัตราส่วนที่กำหนด แล้วเปรียบเทียบกับน้ำผึ้งที่ไม่ได้เติมฟรุกโตส พบว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีการเติมฟรุกโตสที่อัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเป็น 1.3 สามารถชะลอการเกิดผลึกในน้ำผึ้งดอกทานตะวันได้นาน ซึ่งผลึกจะเริ่มเกิดขึ้นในวันที่ 25 ดังภาพที่ 4.64 ส่วนน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีการเติม ฟรุกโตสในอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเป็น 1.4 สามารถชะลอการเกิดผลึกได้นานมากกว่า 1 เดือน ที่การเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่ 5 องศาเซลเซียส และน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีการเติมฟรุกโตสที่อัตราส่วน ฟรุกโตสต่อกลูโคสเป็น 1.5, 1.6 และ1.7 จะสามารถชะลอการเก็บรักษาน้ำผึ้งดอกทานตะวันได้มากกว่า 1 เดือนเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นจึงสามารถบอกได้ว่าน้ำผึ้งที่ผ่านการแยกผลึกในการทดลองตอนที่ 4.3 ที่มีอัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเป็น 1.43 จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่เกิดการตกผลึกอีก



20 วัน 25 วัน

ภาพที่ 4.64 ลักษณะผลึกน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีการเติมฟรุกโตสที่อัตราส่วนฟรุกโตสต่อกลูโคสเป็น 1.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

4.5 การศึกษาผลของการละลายน้ำผึ้งด้วยความร้อนที่มีต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพ

เมื่อน้ำผึ้งในการทดลองที่ 4.2 คือ น้ำผึ้งดอกทานตะวัน น้ำผึ้งดอกลำไย และน้ำผึ้งดอกสาบเสือ เกิดการตกผลึกทั้งหมดทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับจึงทำการละลายน้ำผึ้งที่ตกผลึก เพื่อศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการละลายผลึกที่มีต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพ รวมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างกับน้ำผึ้งที่ไม่ได้ผ่านความร้อน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนได้ผลดังตารางที่ 4.6 จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำผึ้งดอกลำไยมีความชื้น (ฐานเปียก) ร้อยละ 19.50 ซึ่งต่ำกว่าน้ำผึ้งดอกสาบเสือและน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีความชื้น (ฐานเปียก) ร้อยละ 19.61 และ 19.00 ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำผึ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนพบว่าน้ำผึ้งที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระลดลง ในขณะที่มีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งในน้ำผึ้งจะแปรผกผันกับความชื้น ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีปริมาณของแข็งมากที่สุดคือร้อยละ 81.00 รองลงมาคือน้ำผึ้งดอกลำไยที่มีร้อยละ 80.50 และน้ำผึ้งดอกสาบเสือที่ร้อยละ 80.39 แต่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) จะแปรผันตามความชื้น ซึ่งพบว่าเมื่อมีความชื้นน้อยลง ปริมาณน้ำอิสระจะมีค่าน้อยตามไปด้วย ดังผลการทดลองน้ำผึ้งดอกลำไยและสาบเสือจึงมีปริมาณน้ำอิสระสูงสุด (0.52) ในขณะที่น้ำผึ้งดอกทานตะวัน มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณน้ำอิสระ 0.51 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Zamora and Chirife (2006) ที่นำเอาน้ำผึ้งตกผลึกแล้วมาละลายโดยการให้ความร้อน ปริมาณน้ำอิสระจะลดลงเมื่อเทียบกับน้ำผึ้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำผึ้งทั้งสามชนิด ได้ผลดังตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวัน มีค่าความสว่าง (ค่าสี L* = 49.35) มากกว่าน้ำผึ้งดอกลำไย (L* = 45.79) และน้ำผึ้งดอกสาบเสือ (L* = 41.14) ส่วนค่าสีแดง (a*) ของน้ำผึ้งดอกสาบเสือและทานตะวันมีค่ามากกว่าน้ำผึ้งดอกลำไย และค่าสีเหลือง (b*) น้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่ามากที่สุด ซึ่งแสดงว่าน้ำผึ้งดอกทานตะวันมีค่าความสว่างมากว่าน้ำผึ้งชนิดอื่นจึงมีโทนสีไปทางสีน้ำตาลเหลือง น้ำผึ้งดอกสาบเสือมีโทนสีน้ำตาลแดง และน้ำผึ้งดอกลำไยมีโทนสีน้ำตาลแดง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำผึ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนพบว่าน้ำผึ้งที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะมีค่าความสว่างที่เพิ่มมากขึ้น ค่าสี (a*) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี (b*) จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์สามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้ดี โดยเฉพาะฟรุกโตสจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด เมื่อน้ำผึ้งผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะส่งผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในภาวะที่มีปริมาณน้ำอิสระ > 0.2 (นิธิยา, 2543)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไย น้ำผึ้งดอกสาบเสือ และน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ผ่านการละลายผลึกด้วยความร้อน

คุณภาพทางเคมี	ชนิด		
	น้ำผึ้งดอกลำไย	น้ำผึ้งดอกสาบเสือ	น้ำผึ้งดอกทานตะวัน
1. ความชื้น (ร้อยละ)	19.50 ± 0.01	19.61 ± 0.01	19.00 ± 0.00
2. ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)	80.50 ± 0.12	80.39 ± 0.29	81.00 ± 0.21
3. ปริมาณน้ำอิสระ (ร้อยละ)	0.52 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.51 ± 0.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกลำไย น้ำผึ้งดอกสาบเสือ และน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่ผ่านการละลายผลึกด้วยความร้อน

คุณภาพทางกายภาพ	ชนิด		
	น้ำผึ้งดอกลำไย	น้ำผึ้งดอกสาบเสือ	น้ำผึ้งดอกทานตะวัน
1. ค่าสี			
ค่าความสว่าง (L*)	45.79 ± 0.07	41.14 ± 0.31	49.35 ± 0.28
ค่าสี (a*)	1.43 ± 0.03	5.53 ± 0.01	1.52 ± 0.02
ค่าสี (b*)	23.39 ± 0.00	26.53 ± 0.90	43.48 ± 0.42
2. ค่าความหนืด	6144 ± 15.63	5432 ± 11.35	6021 ± 35.14
3. เนื้อสัมผัส			
ความแน่นเนื้อ	0.213 ± 0.001	0.215 ± 0.000	0.213 ± 0.000
แรงยึดเกาะ	-0.148 ± 0.001	-0.147 ± 0.000	-0.148 ± 0.001

หมายเหตุ : วิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส

4.6 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำผึ้งที่ตกผลึก

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำผึ้งดอกทานตะวันในลักษณะต่างๆ กับผู้ทดสอบ 50 คนพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบที่มีต่อน้ำผึ้งที่ละลายด้วยความร้อนและน้ำผึ้งที่เริ่มตกผลึกในด้านความชอบรวมมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือที่แยกผลึก ตกผลึกน้อย ตกผลึกมาก และตกผลึกทั้งหมด ซึ่งได้รับคะแนนชอบรวม 7.22, 7.17, 6.65, 6.10, 5.28 และ 4.39 ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความข่น และสี ก็มีค่าในลักษณะเดียวกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในด้านการตกผลึกแล้วจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ถ้าเปรียบเทียบเฉพาะคะแนนความชอบรวมที่ผู้ทดสอบมีต่อน้ำผึ้งดอกทานตะวันพบว่าน้ำผึ้งที่น้ำผึ้งที่เริ่มตกผลึกและน้ำผึ้งที่ละลายด้วยความร้อนมีคะแนนความชอบสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนน้ำผึ้งดอกทานตะวันที่มีการตกผลึกโดยเฉพาะที่มีการตกผลึกทั้งหมดมีคะแนนความชอบต่ำที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการตกผลึกของน้ำผึ้งถือเป็นลักษณะที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ อย่างไรก็ตามหากการตกผลึกเกิดขึ้นภายใต้การควบคุม เช่นในกระบวนการผลิตครีมน้ำผึ้ง ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำผึ้งที่มีผลึกขนาดเล็ก จะไม่ส่งผลต่อความชอบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของน้ำผึ้ง (Conforti *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 การยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อน้ำผึ้งดอกทานตะวัน

น้ำผึ้งดอกทานตะวัน	ค่าทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความข่น	ความชอบรวม
เริ่มตกผลึก*	7.38^{a}±1.01	6.28^{ab}±1.63	7.02^{a}±1.19	7.38^{a}±1.23	7.00^{b}±1.19	7.17^{a}±1.04
ตกผลึกน้อย*	6.52^{b}±1.40	6.22^{ab}±1.43	6.58^{a}±1.40	5.80^{b}±1.48	5.34^{c}±1.48	6.10^{b}±1.33
ตกผลึกมาก*	5.84^{c}±1.45	6.16^{ab}±1.23	5.82^{b}±1.64	4.94^{c}±1.80	4.28^{d}±1.59	5.28^{c}±1.34
ตกผลึกหมด*	5.14^{d}±1.51	5.76^{b}±1.49	5.00^{c}±1.87	3.46^{d}±1.96	2.92^{e}±1.55	4.39^{d}±1.72
ละลายด้วยความร้อน	7.46^{a}±0.99	6.42^{a}±1.31	7.08^{a}±1.23	7.40^{a}±1.01	7.76^{a}±0.74	7.22^{a}±0.93
แยกผลึก	7.18^{a}±1.17	6.22^{ab}±1.39	6.72^{a}±1.50	6.96^{a}±1.46	7.52^{a}±0.79	6.65^{a}±1.38

หมายเหตุ : ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Scale ระดับคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* เริ่มตกผลึก (มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า) ตกผลึกน้อย (ตกผลึกร้อยละ 40)
ตกผลึกมาก (ตกผลึกร้อยละ 70) ตกผลึกหมด (ตกผลึกทั้งหมด)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved