สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แม่โจ้ ๒๔๗๗

รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การสกัดสีธรรมชาติเพื่อตกแต่งผลิตภัณฑ์จากลำไย
EXTRACTION OF NATURAL COLOR FOR LONGAN PRODUCTS DECORATION

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลำไย

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2550
จำนวน 212,500 บาท

หัวหน้าโครงการ กรผกา อรรคนิตย์
ผู้ร่วมโครงการ อุมาพร อุประ

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
29 ธันวาคม 2552

การสกัดสีธรรมชาติเพื่อตกแต่งผลิตภัณฑ์จากลำไย

EXTRACTION OF NATURAL COLOR FOR LONGAN PRODUCTS DECORATION

กรผกา อรรคนิตย์ อุมาพร อุประ

KORNPAKA ARKANIT UMAPORN UPARA

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักอย่างหนึ่งของประเทศไทย แต่ในฤดูกาลเก็บเกี่ยวลำไยสดจะมีปริมาณมากเกินความต้องการ จึงได้มีการคิดค้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ลำไยมากมาย เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากลำไย และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่ลำไยสด ซึ่งการเติมแต่งสีลงในผลิตภัณฑ์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้ การใช้สีผสมอาหารที่สกัดจากธรรมชาติมีจุดเด่นคือปลอดภัยต่อผู้บริโภค การศึกษานี้ได้สกัดสีธรรมชาติจากดอกคำฝอย (*Carthamus tinctorius L.*) กระเจี๊ยบ (*Hibiscus sabdariffa L.*) บีทรูท (*Beta vulgaris L.*) ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea L.*) และใบเตย (*Pandanus odorus Ridl.*) จากสเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดได้ พบว่าดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท ดอกอัญชัน และใบเตย ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 394 514 538 622 และ 434 ตามลำดับ ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท และ ดอกอัญชันคือน้ำ ส่วนตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีจากใบเตย คือเอทานอล 95% โดยมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมคือ 300 240 14 210 และ 100 นาที ตามลำดับ เมื่อใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ สกัดสี พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสี คือ ดอกคำฝอย ใช้เอทานอล 40% 200 นาที กระเจี๊ยบ ใช้เอทานอล 40% 200 นาที บีทรูท ใช้เอทานอล 60% 10 นาที ดอกอัญชัน ใช้เอทานอล 40% 180 นาที และใบเตย ใช้เอทานอล 95% 100 นาที นำสารละลายสีธรรมชาติที่สกัดจากน้ำและเอทานอลที่สภาวะเหมาะสมมาทดสอบความคงตัวต่อแสง ความร้อน (75°C สำหรับเอทานอล 75° และ 100°C สำหรับน้ำ) และความเป็นกรดด่าง (pH 1-11) พบว่าที่สภาวะมีแสงและอุณหภูมิสูง ค่าการ

ดูดกลืนแสงของสารละลายสีจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อค่าความเป็นกรดด่างเปลี่ยน สารละลายสีจากคำฝอย กระเจี๊ยบ ใบเตยจะมีสเปกตรัมที่เหมือนเดิม สีที่เห็นด้วยตาเปล่าจึงไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่บีทรูทและอัญชันจะมีสเปกตรัมที่เปลี่ยนแปลงไป สีที่เห็นด้วยตาเปล่าจึงเปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสีที่สกัดจากธรรมชาติที่ใส่ลงไปในวุ้นและผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย เปรียบเทียบกับการใช้สีสังเคราะห์ พบว่าค่าสีของวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติจากใบเตยมีค่าลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติอื่นๆ ส่วนการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง %syneresis เนื้อสัมผัส หรือจำนวนจุลินทรีย์ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย การใช้สีที่สกัดจากธรรมชาติผสมลงในวุ้นในลูกลำไยไม่ทำให้คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาเปลี่ยนแปลงมากจนเกินไปในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สีธรรมชาติจึงมีศักยภาพในการใช้ตกแต่งสีในผลิตภัณฑ์ลำไย

ABSTRACT

Longan is an economically important fruit in Thailand. The development of new longan products desired to preserve longan past the harvest season and to add value to the fruit. The coloration in longan products has been used to improve consumer interest. Health conscious consumers prefer products with food colorants extracted from natural materials. Safflower (*Carthamus tinctorius L.*), roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*), beetroot (*Beta vulgaris L.*), Asian pigeonwings (*Clitoria ternatea L.*), and pandan leaf (*Pandanus odorus Ridl.*) were chosen to provide natural colorants for this study. The maximum absorption wavelengths from the scanning spectra were used to estimate the quality of the color intensity. Safflower, roselle, beetroot, Asian pigeonwings, and pandan leaf gave yellow, bright red, deep purplish red, blue, and green colorant solutions with the maximum absorption wavelengths at 394, 514, 538, 662, and 434 nm, respectively. Water and various concentration of ethanol were tested over time to determine the optimum extraction conditions. Water is the optimum solvent for safflower, roselle, beetroot, and Asian pigeonwings color extraction with the optimum time of 300, 240, 14, and 210 min., respectively. The 95% ethanol is the optimum solvent for pandan leaf color extraction with the optimum time of 100 min. When various concentration of

ethanol used, the optimum extraction conditions were: safflower, 40% ethanol for 200 min.; roselle, 40% ethanol for 200 min.; beetroot, 60% ethanol for 10 min.; Asian pigeonwings, 40% ethanol for 180 min.; and pandan leaf, 95% ethanol for 100 min. The colorants extracted with water and optimum ethanol concentrations for the optimum extraction times were used to determine the resistance to light, heat (75°C for ethanol solutions, 75° and 100°C for water solutions), and pH changes (pH 1-11). The color stability of the extracted solutions decreased when exposed to light and at elevated temperature. When the pH of the extracted solutions changed from the original pH, the scanned spectra of safflower, roselle, and pandan leaf solution did not change; the visible colors remained stable. The scanned spectra of beetroot and Asian pigeonwings solutions changed and the solutions displayed visible color changes. The comparison between natural colorants and synthetic dyes usage in gel and gel filled longan product was studied. Pandan leaf colorant in gel filled longan was the least stable among the products with natural colorants during storage. There were no differences between natural colorant and synthetic dye addition in gel and gel filled longan in regards to %syneresis, texture, and microbial counts. The addition of natural colorants slightly changed physical, chemical, and microbiological qualities of longan products during storage, but the changes were judged to be acceptable to consumers. Natural colorants can be a potential source for longan product coloration.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2550 เรื่อง การสกัดสีธรรมชาติเพื่อตกแต่งผลิตภัณฑ์จากลำไย ซึ่งเป็นโครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลำไย

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือ ในการดำเนินการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน รวมถึงนักศึกษาผู้ช่วยวิจัยในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทของคณะฯ ที่ได้ช่วยเหลือจนทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วง

กรผกา อรรคนิตย์
อุมาพร อุประ

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	i
ABSTRACT	ii
กิตติกรรมประกาศ	iv
สารบัญเรื่อง	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญภาพ	ix
สารบัญตารางภาคผนวก	xiv
สารบัญภาพภาคผนวก	xv
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	2
2.1 ลำไย	2
2.2 สีผสมอาหาร	8
2.3 ตัวอย่างพืชที่นำมาสกัดสี	17
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสีธรรมชาติ	22
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	24
3.2 วิธีการทดลอง	27
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	32
4.1 สเปกตรัมของสารละลายสี	32
4.2 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี	34
4.3 ผลของแสง ความร้อน และความเป็นกรดด่างต่อความคงตัวของสารละลายสี	51
4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์	72
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย	116
5. สรุปผล	117

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง	119
ภาคผนวก	121
ก การเตรียมสารละลายสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์เพื่อใส่ในวุ้น	122
ข วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ	125
ค วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี	133
ง วิธีการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	150
จ วิธีการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส	152
ฉ สเปกตรัมของใบเตยที่สกัดโดยใช้เอทานอลความเข้มข้นระดับต่างๆ	156
ช ขั้นตอนการผลิตวุ้นและวุ้นในลูกลำไยใส่สีที่สกัดจากธรรมชาติ/สีสังเคราะห์	157
ซ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย	159

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของเนื้อลำไยสด และ เนื้อลำไยแห้ง	4
2	เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติของลำไยและลิ้นจี่	5
3	การบริโภคลำไยสดในประเทศไทยในช่วงปี 2543-2549	6
4	แสดงภาพรวมปริมาณและมูลค่าการส่งออกลำไย ปี 2543-2549	7
5	การผลิตและการใช้ลำไยของประเทศไทย ปี 2543-2549	7
6	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกคำฝอย ที่ความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร	51
7	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบ ที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร	51
8	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากบีทรูท ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร	52
9	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกอัญชัน ที่ความยาวคลื่น 622 นาโนเมตร	52
10	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตย ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร	53
11	ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกคำฝอยที่สกัดจากเอทานอลความเข้มข้น 40%	62
12	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากคำฝอยที่สกัดจากน้ำ	62
13	ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล 40%	63
14	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากน้ำ	63
15	ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากบีทรูทที่สกัดจากเอทานอล 60%	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากบีทรูทที่สกัดจากน้ำ	64
17	ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกอัญชันที่สกัดจากเอทานอล 40%	65
18	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกอัญชันที่สกัดจากน้ำ	65
19	ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล 40%	66
20	ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล 95%	67
21	ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดจากน้ำ	68
22	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย	116

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลำไย	2
2	โครงสร้างของแอนโทไซยานิน	12
3	โครงสร้างของบีตาเลน	13
4	โครงสร้างของ β – Carotene	14
5	โครงสร้างของเม็ดสีคลอโรฟิลล์ชนิดเอ และบี	15
6	โครงสร้างของโครซิน	16
7	โครงสร้างของคาร์ทามิน (a) และ safflor yellow B (b)	16
8	ดอกคำฝอย	18
9	กระเจี๊ยบ	19
10	บีทรูท	20
11	ดอกอัญชัน	21
12	ใบเตย	22
13	ค่าสเปกตรัมของสารละลายสี	32
14	ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากดอกคำฝอย	34
15	ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากกระเจี๊ยบ	35
16	ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากบีทรูท	36
17	ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากดอกอัญชัน	37
18	ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากใบเตย	38
19	ผลของเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ ที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี	41
20	ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของดอกคำฝอย ที่ความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของกระเจี๊ยบ ที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร	45
22	ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 60% ในการสกัดเม็ดสีของบีทรูท ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร	46
23	ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของดอกอัญชันที่ความยาวคลื่น 622 นาโนเมตร	47
24	ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของใบเตย ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร	48
25	ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 95% ในการสกัดเม็ดสีของใบเตย ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664นาโนเมตร	49
26	สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากดอกคำฝอยที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ	56
27	สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ	57
28	สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากบีทรูทที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ	58
29	สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากดอกอัญชันที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ	59
30	สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากใบเตยที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ	60
31	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากดอกคำฝอยและสีสังเคราะห์	73
32	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์	75
33	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์	79
35	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์	81
36	การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากดอกคำฝอยและสีสังเคราะห์	83
37	การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์	83
38	การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์	84
39	การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์	84
40	การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์	85
41	การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของวุ้นเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์	87
42	การเปลี่ยนแปลง texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากคำฝอยและสีสังเคราะห์	89
43	การเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์	91
44	การเปลี่ยนแปลง texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์	93
45	การเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์	95
46	การเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
47	การเปลี่ยนแปลงค่า % กรดของวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์	102
48	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากคำฝอยและสีสังเคราะห์	104
49	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์	105
50	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์	106
51	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์	107
52	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์	108
53	การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากดอกคำฝอยเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์	110
54	การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากกระเจี๊ยบเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์	111
55	การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากบีทรูทเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์	112
56	การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากอัญชันเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากใบเตยเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์	114

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ผ-1 วิธีที่ใช้ในการสกัดสีธรรมชาติแต่ละชนิด	122
ผ-2 การทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์	147

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
ผ-1	ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULE 500 ประเทศเยอรมัน	126
ผ-2	เครื่องวัดสี Tri- stimulus colorimeter รุ่น JC 801	126
ผ-3	เครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ Texture Analyser รุ่น TA-XT plus	129
ผ-4	ค่า Hardness	130
ผ-5	ค่า Adhesiveness	130
ผ-6	ค่า Cohesiveness	131
ผ-7	ค่า Springiness	131
ผ-8	เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ UV-Visible ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Lambda 2S	132
ผ-9	เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec) ยี่ห้อ Foss รุ่น 1026 ประเทศสวีเดน	133
ผ-10	การนำ thimble ต่อเข้ากับ adapters	134
ผ-11	การใช้ thimble handler จับ thimbles	135
ผ-12	การนำ thimble ต่อเข้ากับ condensers	135
ผ-13	การปิด condensers valve โดยหมุนวนไป ¼ รอบ	136
ผ-14	การนำ extraction cup ออกจากเครื่องโดยใช้ cup holder	137
ผ-15	การนำ thimble support ที่มี thimble อยู่ออกมาจากเครื่อง	137
ผ-16	การเติมตัวทำละลายส่วนบนของ condensers	138
ผ-17	เครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeltec system ยี่ห้อ Tecator Digestion System 12 Distilation Unit 1026	139
ผ-18	เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย ยี่ห้อ Foss รุ่น 1023 ประเทศสวีเดน	144
ผ-19	การเจือจางตัวอย่างอาหารครั้งละ 10 เท่า	150
ผ-20	สเปกตรัมของใบเตยที่เอทานอลความเข้มข้นระดับต่างๆ	156

1. บทนำ

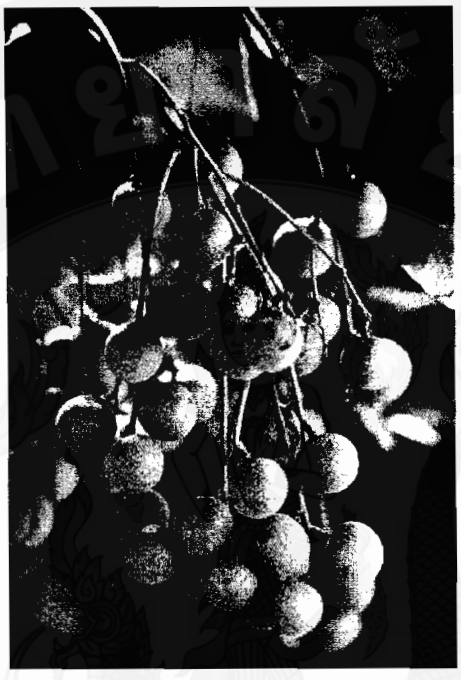
ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักชนิดหนึ่งของไทย ที่มีแหล่งเพาะปลูกสำคัญ 85% อยู่ทางภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา ตาก น่าน และแพร่ ส่วนที่เหลืออยู่ในจังหวัด จันทบุรี และเลย เป็นต้น ซึ่งในบางฤดูกาล (กรกฎาคม - สิงหาคม) จะมีผลผลิตลำไยออกสู่ท้องตลาดมากเนื่องจากเป็นฤดูการเก็บเกี่ยวผลลำไย แต่ผู้บริโภคจะบริโภคลำไยสดเพียง 20% ของผลผลิตรวมทั้งหมดเท่านั้น ทำให้ลำไยบางส่วนขายไม่ได้ และมีปริมาณมากเกินความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้ลำไยมีราคาตกต่ำ สร้างความเดือดร้อนแก่เกษตรกรผู้ปลูกลำไย ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลำไยให้มีความหลากหลาย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นอกจากจะสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ลำไยแล้ว ยังเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ลำไยให้มากขึ้น ซึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลำไยนั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ การแต่งสีผลิตภัณฑ์ลำไยก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้ โดยสีที่ใช้อาจเป็นสีธรรมชาติ หรือสีสังเคราะห์ สีจากธรรมชาติจะให้สีที่ไม่ฉูดฉาด หาง่าย ราคาถูก และปลอดภัยในการบริโภค แต่มีความคงตัวต่ำจึงสลายตัวได้ง่าย ในขณะที่การใช้สีสังเคราะห์ทำให้อาหารมีสีสด และสีมีความคงตัวสูง แต่การใช้สีสังเคราะห์ในปริมาณมากเกินไปหรือบริโภคเป็นประจำ อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เนื่องจากสีสังเคราะห์มีส่วนผสมของโลหะหนัก ซึ่งสามารถสะสมในร่างกายได้ ดังนั้นการทำผลิตภัณฑ์ลำไยโดยใส่สีธรรมชาติจึงอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปัญหาเรื่องลำไยล้นตลาดได้ นอกจากนี้ยังได้ผลิตภัณฑ์ลำไยที่มีสีสันสวยงามน่ารับประทาน และไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากสารเคมีแก่ผู้บริโภคอีกด้วย

สีธรรมชาติส่วนใหญ่สามารถสกัดได้จากพืช โดยพืชแต่ละชนิดจะให้สีที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของเม็ดสี โครงสร้างของเม็ดสี ความสามารถในการละลายของเม็ดสี วิธีการสกัด ชนิดของตัวทำละลาย และระยะเวลาในการสกัด ซึ่งการใช้สีธรรมชาติที่สกัดได้มาตกแต่งผลิตภัณฑ์จากลำไยอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในระหว่างการเก็บรักษาแตกต่างจากการใช้สีสังเคราะห์ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและความคงตัวของสีจากธรรมชาติ
2. เปรียบเทียบการใช้สีธรรมชาติกับสีสังเคราะห์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลำไย

2. การตรวจเอกสาร

2.1 ลำไย



ภาพที่ 1 ลำไย
ที่มา: วิกิพีเดีย (2552)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของลำไย

ลำไยเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลาง ทรงพุ่มกว้างประมาณ 10 เมตรขึ้นไป และมีความสูงระหว่าง 12 ถึง 15 เมตร สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ซึ่งมีระดับอุณหภูมิ 10 ถึง 25°C และมีปริมาณน้ำฝนปานกลางคือ 1,000 ถึง 1,200 มิลลิเมตรต่อปี โดยลำไยเป็นไม้ผลที่ติดผลสลับปี (Alternate Bearing) กล่าวคือ ธรรมชาติของลำไยเป็นไม้ผลที่ติดผลดกปีเว้นปีหรือปีเว้นสองปี เนื่องจากต้องการระยะพักต้นและสะสมอาหารให้มากเพียงพอสำหรับการติดดอกออกผลในคราวต่อไป โดยจะออกเป็นช่อตามปลายกิ่งทางด้านนอกของทรงพุ่มเป็นดอกขนาดเล็กจำนวนมาก มีลักษณะเป็นสีขาวนวล มีทั้งดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และดอกกะเทย (สมบูรณ์เพศ) ในช่อเดียวกัน หลังจากดอกได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะเจริญเป็นผล ซึ่งลักษณะของผลมีทั้งทรงผลกลมและเบี้ยว เปลือกสีน้ำตาลปนเหลือง หรือน้ำตาลปนแดง หรือเขียวปนน้ำตาล ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ลำไย

ส่วนเนื้อที่อยู่ในเปลือกจะมีสีขาวคล้ายวุ้น มีรสหอมหวาน เนื้อจะหนาหรือบางขึ้นอยู่กับพันธุ์ ลำไยมีเมล็ดหนึ่งเมล็ด สีน้ำตาลดำเข้ม ผิวเป็นมันเรียบ ด้านบนของเมล็ดเป็นจุดขาวคล้ายกับตา ด้วยลักษณะเด่นดังกล่าว ชาวจีนจึงเรียกลำไยว่า "เล้งมัก" แปลว่า "ตามังกร" (Dragon's eye) (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550)

2.1.2 **พันธุ์ลำไย**

พันธุ์ที่นิยมปลูกมี 5 พันธุ์ คือ

พันธุ์ดอ เป็นพันธุ์ที่ออกดอกและติดผลง่ายกว่าพันธุ์อื่น ๆ ให้ผลผลิตค่อนข้างสม่ำเสมอ เก็บผลผลิตได้ในเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม ทำให้ชาวสวนนิยมปลูกมากที่สุด เจริญเติบโตดี ยอดอ่อนมีทั้งยอดสีเขียวและสีแดงลำต้นแข็งแรงเปลือกผลหนา ออกดอกติดผลค่อนข้างสม่ำเสมอ ทรงผลกลมแป้นและเบี้ยวยกบ่าข้างเดียว ผิวผลสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่าง เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น เมล็ดใหญ่ ปานกลาง

พันธุ์สีชมพู ออกดอกและติดผลยากกว่าพันธุ์ดอ ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ เก็บผลผลิตได้ในปลายเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม ลักษณะผลค่อนข้างกลม สีน้ำตาลอ่อน เนื้อกรอบสีชมพูเล็กน้อย สีเนื้อจะเข้มขึ้นเมื่อผลแก่จัด รสหวานจัด กลิ่นหอม ขนาดผลโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์ดอ นิยมบริโภคสด

พันธุ์เบี้ยวเขียว ออกดอกและติดผลยากกว่าพันธุ์สีชมพู ทนแล้งได้ดี เก็บผลผลิตได้ในเดือนสิงหาคม – กันยายน ลักษณะผลแบนและเบี้ยว สีน้ำตาลอ่อนออกเขียวเล็กน้อย มีบ่าผลไม่เท่ากัน เนื้อกรอบสีขาวค่อนข้างใส รสหวานจัด กลิ่นหอม นิยมบริโภค

พันธุ์แห้ว เป็นพันธุ์หนักเจริญเติบโตดีมากยอดอ่อนมีทั้งสีแดงและสีเขียว ผลขนาดใหญ่ ทรงผลกลมและเบี้ยว ฐานผลบุ๋ม เปลือกสีน้ำตาล และหนา เนื้อหนา กรอบและล่อน รสหวานแหลมและหอม เมล็ดค่อนข้างเล็ก

พันธุ์เพชรสาคร เป็นพันธุ์ทะวายคือออกดอกมากกว่าหนึ่งครั้งต่อปี ใบมีขนาดเล็กและเรียวแหลม ผลกลม เปลือกบางเนื้อสีขาวฉ่ำน้ำ รสหวาน

2.1.3 ประโยชน์ของลำไย

ลำไยเป็นพืชสวนที่มีคุณประโยชน์ในด้านการเป็นยาแผนโบราณ เนื้อลำไยเป็นยาที่สำคัญชนิดหนึ่งในตำรายาจีนโบราณ โดยเนื้อลำไยจัดเป็นที่มีรสหวานและคุณสมบัติร้อน โดยมีสรรพคุณหลักอยู่ 2 ประการ โดยสรรพคุณที่ 1 คือ การบำรุงหัวใจ (ครอบคลุมถึงสมอง จิตใจ และอารมณ์) และบำรุงม้าม (ระบบย่อยอาหารและการดูดซึมทั้งหมด) เหมาะสำหรับผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอหรือทรุดโทรม และสรรพคุณที่ 2 คือ ประโยชน์ด้านการบำรุงเลือด เพื่อรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งได้ นอกจากลำไยจะมีสรรพคุณทางยาตามความเชื่อของชาวจีนแล้ว จากการศึกษาส่วนประกอบที่มีอยู่ในเนื้อลำไยสดและลำไยแห้งของกรมวิทยาศาสตร์บริการพบว่า มีสารอาหารและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์จำนวนหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรท แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบี และวิตามินซี เป็นต้น ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของเนื้อลำไยสดและเนื้อลำไยแห้ง

สารอาหาร	เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยแห้ง
ความชื้น %	81.10	17.80
ไขมัน %	0.11	0.40
เส้นใย%	0.28	1.60
โปรตีน %	0.97	4.60
เถ้า %	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต %	16.98	72.70
ค่าพลังงานความร้อน กิโลแคลอรี่/100 กรัม	72.79	311.80
แคลเซียม มิลลิกรัม/100 กรัม	5.70	27.70
เหล็ก มิลลิกรัม/100 กรัม	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส มิลลิกรัม/100 กรัม	35.30	159.50
วิตามินซี มิลลิกรัม/100 กรัม	69.20	137.80
โซเดียม มิลลิกรัม/100 กรัม	-	4.50
โปแตสเซียม มิลลิกรัม/100 กรัม	-	2,012.00
ไนอาซิน มิลลิกรัม/100 กรัม	-	3.03
กรดแพนโทธินิค มิลลิกรัม/100 กรัม	-	0.57
วิตามินบี 2 มิลลิกรัม มิลลิกรัม/100 กรัม	-	0.37

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550)

2.1.4 เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไย

เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไยเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในลำไยซึ่งส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา เนื่องจากลำไยมีรสหวานมากทำให้จุลินทรีย์น้อยชนิดจะเจริญได้

ตารางที่ 2 เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติของลำไยและลิ้นจี่

เชื้อรา	เชื้อยีสต์	เชื้อแบคทีเรีย
Trichoderma spp.	*Tilletiopsis* sp.	*Pseudomonas syringae*
Ampelomydes sp.	*Sporobolomyces* sp.	(saprophyte)
Gliocladium sp.		*P. fluorescens*
Penicillium sp. (saprophyte)		*Bacillus subtilis*

ที่มา: ประพันธ์ และคณะ (2545)

2.1.5 การตลาดของลำไย

ผลผลิตลำไยของไทยจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม หลัก คือ

1. ตลาดภายในประเทศ (Domestic demand) มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง และในปี 2549 ปริมาณบริโภคในประเทศมีจำนวน 80,758 ตัน คิดเป็น 17 % ของปริมาณผลผลิตลำไย

2 .การส่งออก (International demand/export) ผลผลิตลำไยของไทยใช้เพื่อการส่งออกเป็นส่วนใหญ่ โดยในปี 2549 มีสัดส่วนถึง 83% ของการผลิตลำไยทั้งหมด โดยส่งออกทั้งลำไยสด และลำไยแปรรูป เช่น อบแห้งทั้งเปลือก ลำไยกระป๋องและลำไยแช่แข็ง เป็นต้น โดยลำไยอบแห้งมีสัดส่วนการส่งออกมากที่สุดคิดเป็น 54% ของการผลิตทั้งประเทศ รองลงมาคือ การส่งออกลำไยสด คิดเป็น 25% ที่เหลืออีก 2% เป็นสัดส่วนการส่งออกของลำไยกระป๋องและลำไยแช่แข็งรวมกัน

2.1.6 สถานการณ์และแนวโน้มปริมาณการบริโภคลำไยภายในประเทศ

การบริโภคลำไยสดในประเทศไทยในช่วงปี 2543-2549 มีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 6% ถึง 24% ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่า การบริโภคลำไยสดในช่วงปี 2543-2549 มีอัตราเพิ่มขึ้น/ลดลงเฉลี่ย 6% ต่อปี โดยการบริโภคลำไยสดภายในประเทศในปี 2549 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน

24% ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด ลดลงจากปี 2543 6% ซึ่งมีสัดส่วนเพียง 6% ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด (ดังแสดงในตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การบริโภคลำไยสดในประเทศไทยในช่วงปี 2543-2549

ปี	ปริมาณผลผลิตลำไยสด (ตัน)	ปริมาณบริโภคภายในประเทศและที่อยู่ในคลังของภาคเอกชน (ตัน)	สัดส่วนบริโภคภายในประเทศต่อปริมาณผลผลิตทั้งหมด(%)
2543	417,321	116,673.00	27.26
2544	250,098	48,497.00	19.39
2545	429,518	132,579.90	30.87
2546	369,323	719.80	0.19
2547	597,272	84,914.10	14.22
2548	712,178	175,243.30	24.16
2549	471,892	80,758.00	17.11
CAGR	2.07%	-5.95%	-7.85%

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550)

2.1.7 สถานการณ์และแนวโน้มการส่งออกลำไยไทยไปต่างประเทศ

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่า มูลค่ารวมของการส่งออกลำไยและผลิตภัณฑ์ไปยังต่างประเทศในช่วงระหว่างปี 2543-2549 มีอัตราลดลงเฉลี่ย 3.2% ต่อปี ซึ่งหากเปรียบเทียบอัตราการเติบโตของมูลค่าการส่งออกระหว่างปี 2549 กับปี 2543 พบว่า ในปี 2549 มีมูลค่าการส่งออกรวมทั้งสิ้น 4,144 ล้านบาท ซึ่งลดลง 18.0% จากปี 2543 ที่มีมูลค่าการส่งออกรวมทั้งสิ้น 5,052 ล้านบาท

2.1.8 ภาพรวมการใช้ผลผลิตลำไย

ผลผลิตลำไยของไทยในแต่ละปี มีการใช้สำหรับการส่งออกในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลำไยสด ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง และลำไยแช่แข็ง ส่วนที่เหลือจากการส่งออกจะใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศและที่อยู่ในคลังของภาคเอกชน โดยในช่วงปี 2543-2549 จะเห็นได้ว่า ผลผลิตลำไยของไทยส่วนใหญ่จะใช้เพื่อการส่งออกเป็นสำคัญ โดยปริมาณการส่งออกรวมในช่วงระหว่างปี 2543-2549 มีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4% ต่อปี ส่วนปริมาณที่ใช้บริโภคภายในประเทศและที่อยู่ใน

ตารางที่ 4 แสดงภาพรวมปริมาณและมูลค่าการส่งออกลำไย ปี 2543-2549

ปี	ลำไยสด		ลำไยอบแห้ง		ลำไยบรรจุภาชนะอัดลม		ลำไยแช่เย็นจนแข็ง		มูลค่ารวม
	ปริมาณ (ต้นสด)	มูลค่า	ปริมาณ (ต้นอบแห้ง)	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	มูลค่า
2543	98,950	2,041	55,904	2,415	11,715	476	3,977	119	5,052
2544	101.305	1,911	26,837	1,310	8,971	367	1,594	64	3.652
2545	113,167	1,940	29,917	1.326	11,506	413	1,235	47	3,726
2546	81,924	1,698	59,157	2,512	13,542	496	807	21	4.726
2547	115,479	2,166	71,562	1,541	11,321	403	708	27	4,138
2548	133,646	2.165	94,773	2,351	12,669	443	787	33	4,992
2549	119.430	2,116	78,390	1,607	11,206	400	354	21	4,144
CAGR	3.2%	0.6%	5.8%	-6.6%	18.8%	-2.9%	-33.2%	-24.9%	-3.2%

ปริมาณ : ตัน มูลค่า : ล้านบาท

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550)

ตารางที่ 5 การผลิตและการใช้ลำไยของประเทศไทย ปี 2543-2549

ปี	ปริมาณลำไยสด	ปริมาณลำไยอบแห้ง	ปริมาณลำไยกระป๋อง	ปริมาณลำไยแช่แข็ง	ปริมาณการส่งออก	ปริมาณการส่งออกรวม	ปริมาณลำไยในคลังของรัฐ	ปริมาณบริโภคภายในประเทศและอยู่ในคลังของภาคเอกชน
2543	417,321	98,950	184,483	13,238	3,977	300,648	0	116,673.00
2544	250,098.00	101,305	88,562	10,137	1,597	201,601	0	48,497.00
2545	429,528	113,167	98,726	13,002	1,235	266,130	70,808.10	132,579.90
2546	369,323	81,924	195,218	15,302	807	293,251	75,352.20	719.8
2547	597,272	115,479	236,155	12,793	708	365,135	147,222.90	84,914.10
2548	712,178	133,646	312,751	14,316	787	461,500	75,434.70	175,243.30
2549	471,892	119,430	258,687	12,663	354	391,134	0	80,758.00

ปริมาณ: ตัน

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550)

คลังของภาคเอกชน มีอัตรา ลดลงเฉลี่ย 6% ต่อปี (ดังแสดงในตารางที่ 5) อย่างไรก็ตาม ตัวเลขปริมาณบริโภคภายในประเทศและและที่อยู่ในคลังของเอกชน ปี 2546 มีปริมาณน้อยมาก โดยอาจเป็นผลเนื่องจาก 2 กรณี คือ ตัวเลขปริมาณผลผลิตลำไยสด หรือ ปริมาณลำไยในคลังของรัฐต่ำกว่าความเป็นจริง

2.2 สีผสมอาหาร

2.2.1 บทนำ

สีของอาหารเป็นลักษณะแรกที่ได้รับทางสัมผัส ซึ่งผู้บริโภคใช้ในการเลือกและยอมรับอาหารนั้นๆ โดยอาหารเกือบทุกชนิดตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสีที่ยอมรับโดยผู้บริโภคแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสังคมภูมิศาสตร์ ความชอบของสวยงาม และพื้นฐานของผู้บริโภค ซึ่งการยอมรับสีของอาหารแตกต่างกันขึ้นกับเชื้อชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าสีของอาหารที่แปลกจะมีอิทธิพลต่อผู้บริโภคน้อยกว่า การเปลี่ยนสีไปจากที่ควรจะเป็น

สีผสมอาหารเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งซึ่งผู้ผลิตอาหารใช้ผสมลงไปในอาหาร เพื่อปรุงแต่งอาหารนั้นให้แลดูสวยงาม หรือกลบเกลื่อนลักษณะอาหารที่เสื่อมสภาพให้คล้ายสีของอาหารตามธรรมชาติ รวมทั้งการแต่งสีเพื่อช่วยให้ดูคล้ายอาหารที่มีคุณภาพสูง เช่น อาหารที่ใช้ไข่เป็นส่วนผสมปรากฏว่าในการผลิตจริงใช้ไข่เพียงเล็กน้อย หรือไม่ได้ใส่เลยแต่ใช้สีเหลืองผสมลงไปให้เป็นสีของไข่

โดยทั่วไปการใช้สีผสมอาหารใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน คือ

1. เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีสี ได้แก่ เครื่องดื่มหรือเครื่องดื่มผง ลูกกวาด ไอศกรีม แยม เยลลี่ และอาหารว่าง เพื่อให้มีสีเป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค
2. เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งอาจสูญเสียหรือเปลี่ยนไปมากในระหว่างกระบวนการผลิตหรือการเก็บรักษา ได้แก่ การใช้สีผสมอาหารเพื่อช่วยแต่งสีของ เบียร์ วิสกี้ น้ำเชื่อม และอาหารอบ
3. เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีธรรมชาติแปรเปลี่ยนตามฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศ เช่น การใช้สีผสมอาหารแต่งสีนม ซึ่งปกติมักมีสีแตกต่างกันมาก ขึ้นกับฤดูกาล โดยนมในฤดูร้อนมักมีสีเหลืองเข้มกว่านมในฤดูหนาว เนื่องมาจาก ปริมาณเบตาแคโรทีนในหญ้าที่วัว

บริโภคในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาวเพื่อให้อาหารที่ผลิตออกมามีสีคงที่ตามมาตรฐานที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ เพื่อมิให้ผู้ซื้อเกิดความเข้าใจผิดในเรื่องคุณภาพของอาหารที่ผลิตขึ้นมา ทั้งนี้อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมสีในอาหารก็เพื่อทำ ให้ผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นที่จดจำ และมีลักษณะที่ดีที่ผู้บริโภคต้องการและยอมรับ

2.2.2 การใช้สีผสมอาหาร

การใช้สีผสมอาหารเพื่อแต่งสีของอาหาร จะต้องเลือกชนิดของสีผสมอาหาร ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและใช้ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยสีผสม อาหารที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ไม่ทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนไปในทางเลวลง
2. มีความอยู่ตัวในอาหาร
3. ไม่เกิดปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์อาหารและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้
4. ง่ายต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์
5. ราคาถูก
6. ให้ความเข้มของสีสูง

2.2.3 ชนิดของสีผสมอาหาร

สีผสมอาหารโดยทั่วไป อาจแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. สีสังเคราะห์หมายถึงสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ซึ่งมีลักษณะถูกต้องตามข้อกำหนดและปลอดภัยต่อการบริโภค

2. สีธรรมชาติ ได้แก่ สีที่ได้จากการสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติผ่านการพิจารณาในเรื่องส่วนประกอบ กรรมวิธีการผลิต ความบริสุทธิ์และอื่นๆ จนแน่ใจว่าปลอดภัยต่อการบริโภค

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสีทั้ง 2 ประเภท พบว่าสีสังเคราะห์มีราคาถูกกว่าให้สีสดและสม่ำเสมอกว่าและให้สีในช่วงที่กว้างกว่า นอกจากนี้ยังมีขายทั้งในรูปแม่สี และสีผสมในรูปผงสารละลาย และสารละลายแขวนลอย ซึ่งสะดวกต่อการเลือกใช้ กับอาหารชนิดต่าง ๆ ดังนั้น ผู้ใช้จึงนิยมใช้สีสังเคราะห์มากกว่าสีธรรมชาติ แม้ว่า สีธรรมชาติจะปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่า

2.2.4 สีผสมอาหารสังเคราะห์

ชนิดสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร มี 9 สี คือ

1. ประเภทสีแดงมี 3 สี ได้แก่

- ปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) เป็นสารสีประเภทเอโซ (Azo dyes) มีกลุ่มซัลโฟนิกอยู่ 3 กลุ่ม ($-SO_3Na$) ละลายน้ำได้ดี คงตัวต่อแสงดีมาก

- คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน (Carmoisine or Azorubine) เป็นสารสีประเภทเอโซ เช่นเดียวกับปองโซ 4 อาร์ มีกลุ่มซัลโฟนิกอยู่ 2 กลุ่ม ($-SO_3Na$) ละลายน้ำได้ดี คงตัวต่อแสงดีมาก เช่นเดียวกัน

- เออร์โธรซีน (Erythrosine) เป็นสารกลุ่มแซนทีน (Xantenes) เป็นเกลือโซเดียม ละลายน้ำได้ดีมาก

2. ประเภทสีเหลือง มี 3 สี ได้แก่

- ตาร์ตราซีน (Tartrazine) เป็นสีกลุ่มไพราโซโลน (Parazolone) ละลายน้ำได้ดีมาก

- ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Sunset Yellow FCF) เป็นสารสีประเภทเอโซ เช่นเดียวกับปองโซ 4 อาร์ มีกลุ่มซัลโฟนิกอยู่ 1 กลุ่ม ($-SO_3Na$) ละลายน้ำได้ดี คงตัวต่อแสงดีมาก เช่นเดียวกัน

- ไรโบฟลาวิน (Riboflavin)

3. ประเภทสีเขียว มี 1 สี ได้แก่

- ฟาสต์ กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Fast Green F C F) เป็นสีกลุ่มไตรฟีนิลมีเธน (Triphenylmethane) มีวงแหวนแอโรมาติก 3 วงต่อกับคาร์บอนที่เป็นจุดศูนย์กลาง มีกลุ่มซัลโฟนิกอย่างน้อย 2 กลุ่ม ทำให้ละลายน้ำได้ดี แต่ไม่คงตัวต่อแสงและด่าง

4. ประเภทสีน้ำเงิน มี 2 สี ได้แก่

- อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกติน (Indigocarmine or Indigotine)

- บริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Brilliant Elue F C F) เป็นสีกลุ่มไตรฟีนิลมีเธน เช่นเดียวกับฟาสต์ กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ

2.2.5 อันตรายจากการใช้สีผสมอาหารสังเคราะห์

สีสังเคราะห์เป็นสารแปลกปลอม เมื่อผสมอาหารและรับประทานเข้าไป ในร่างกาย ก็จะเกิดอันตรายได้ ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. อันตรายจากสีเอง เพราะสีทุกชนิดถ้าใช้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคไม่มากก็น้อยเนื่องจากเป็นสารแปลกปลอมเข้าไปในร่างกาย หากร่างกายขับถ่ายออกไม่ทันก็จะสะสมอยู่ในร่างกายแล้วอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้ เช่น สีพวกโรห์ตามีน บี (Rhodamine B) เอารามีน (Auramine) มาลาไคท์กรีน (Malachite green) และไวโอเลท บี เอ็น พี (Violet BNP) อาจทำ ให้เกิดผื่นที่ผิวหนังหน้าบวม อาเจียน ท้องเดิน อาการชา เพลีย และอ่อนแรงคล้ายเป็นอัมพาต การทำงาน ของระบบทางเดินอาหาร ไต และตับเสีย สีบางอย่างอาจทำให้เกิดมะเร็งที่ต่อมน้ำเหลือง และอวัยวะอื่น ๆ สีตาร์ตราซีน (สีเหลือง) ถ้ารับประทานเกิน 7.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะจับอยู่ตามเยื่อบุกระเพาะอาหารและลำ ไส้ ทำ ให้การดูดซึมของอาหาร บกพร่องไป สำ หรับสี ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (สีเหลือง) ถ้ารับประทานเกิน 5.0 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำ ให้ท้องเดิน น้ำหนักลด

2. อันตรายจากสารอื่นที่ติดมาเนื่องจากการสังเคราะห์ หรือจากกระบวนการผลิตที่แยกเอาสารเจือปนออกไม่หมด สารดังกล่าว ได้แก่ โลหะหนักต่าง ๆ เช่น โครเมียม แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว สารหนู พลวง และเซเลเนียม เป็นต้น ซึ่งมีอยู่กับ สีย้อมผ้า แพร เสื่อและสีทาบ้าน โลหะหนักเหล่านี้จะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ แม้ได้รับเพียงปริมาณเล็กน้อยอาการอาจเป็นทั้งอย่างฉับพลันและเรื้อรังซึ่งพิษของโลหะหนักนี้ ถ้าเป็นมากอาจเป็นอันตรายแก่ชีวิตได้ นอกจากนั้นยังเป็นสาเหตุของมะเร็งที่อวัยวะอื่น ๆ อีกด้วยจะเห็นได้ว่าสีผสมอาหารนั้นไม่ให้คุณค่าอะไรแก่ร่างกาย และก็ไม่มีความจำเป็นใด ๆ ที่จะต้องใช้เลย กลับทำให้เกิดอันตรายได้อีกด้วย ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้และบริโภคอาหารที่ไม่ได้ผสมสีเท่านั้น

2.2.6 สีผสมอาหารจากธรรมชาติ

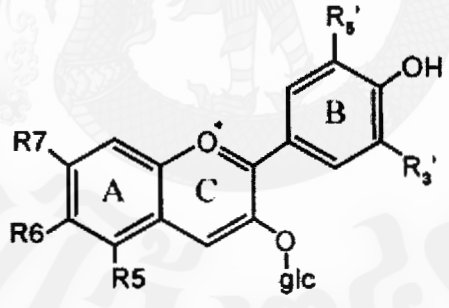
แรกเริ่มการใช้สีผสมอาหารส่วนใหญ่มาจากธรรมชาติโดยใช้ส่วนต่างๆของพืช สัตว์ หรือใช่แร่ต่างๆเป็นสารให้สี แต่เมื่อมีการสังเคราะห์สีสังเคราะห์ขึ้นมา สีที่มาจากธรรมชาติจึงลดความนิยมลง แต่ในปัจจุบันเมื่อมีการศึกษาอันตรายจากสีผสมอาหารสังเคราะห์เพิ่มขึ้นทำให้มีการใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติเพิ่มขึ้น สีผสมอาหารจากธรรมชาติแบ่งตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

2.2.6.1 สีธรรมชาติที่ได้จากพืช

1. แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) และบีตาเลน (Betalains)

สีแอนโทไซยานินเป็นอนุพันธ์ของสารกลุ่ม Flavonoids พบมากในส่วนต่างๆ ของพืชเช่น ดอกของกระเจี๊ยบ (*Hibiscus sabdariffa* L.) หัวผักกาดแดง (*Beta vulgaris*) ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) ผลองุ่น (*Vitis* spp.) มีหลายสีเช่น ฟ้า น้ำเงิน ม่วง แดง เหลืองและส้ม เป็นต้น ตามแต่ลักษณะของโครงสร้าง สีกลุ่มนี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามสภาพแวดล้อม เช่น ความเป็นกรดด่าง ออกซิเจน อุณหภูมิ เอนไซม์ ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้สีแอนโทไซยานินในทางอุตสาหกรรม เนื่องจากขาดความคงตัว

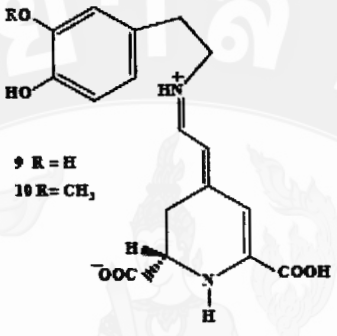
โครงสร้างหลักของแอนโทไซยานินประกอบด้วย $C_6C_3C_6$ skeleton ของ anthocyanidin ซึ่งมีตำแหน่ง R จำนวนมากทำให้อนุพันธ์ของแอนโทไซยานินในธรรมชาติมีมากถึง 80 ชนิด (R.L. Jackman และ J.L. Smith, 1996) ซึ่งสีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงตามหมู่ที่มาจับกับตำแหน่ง R



ภาพที่ 2 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน
ที่มา: StaVin Inc. (2004)

นอกจากโครงสร้างแล้ว ความเป็นกรดด่างของสารละลายก็มีผลต่อสีของแอนโทไซยานินเช่นกัน เนื่องจากความเป็นกรดด่างมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของแอนโทไซยานิน เมื่อความเป็นกรดด่างต่ำทำให้แอนโทไซยานินรับโปรตอน (H^+) เข้ามาทำให้สีของแอนโทไซยานินเปลี่ยนเป็นสีออกแดง แต่เมื่อความเป็นกรดด่างของสารละลายสูงขึ้นจะทำให้แอนโทไซยานินสูญเสียโปรตอนไป ทำให้มีสีออกม่วง อุณหภูมิก็มีผลต่อสีของแอนโทไซยานินเช่นกันเพราะจะทำให้สูญเสีย quinonoidal flavylium และ hemiacetal

ส่วนบีตาเลนเป็นสารที่คล้ายกับแอนโทไซยานินแต่มีความต่างกันเล็กน้อยที่โครงสร้างโดยที่บีตาเลนจะมีไนโตรเจนในโมเลกุลด้วยดังภาพที่ 3 โดยที่คุณสมบัติทั่วไปจะคล้ายกับเอนโทไซยานิน



ภาพที่ 3 โครงสร้างของบีตาเลน
ที่มา: Klöckl (2009)

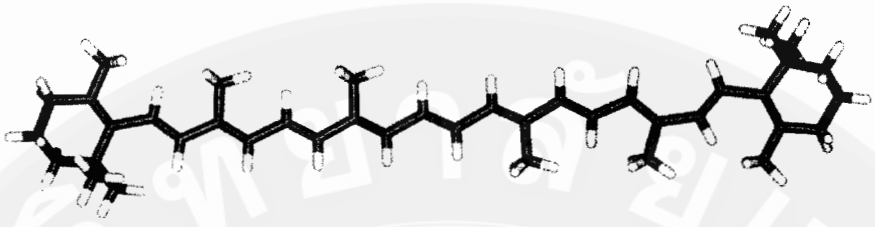
2. แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

แคโรทีนอยด์เป็นเม็ดสีที่มีอยู่ทั่วไปในพืชและสัตว์ ถูกใช้แต่งสีเหลือง ส้ม หรือแดงในอาหารอย่างแพร่หลายและไม่เป็นพิษ พบในพืชสีเหลืองเช่นฟักทอง (*Cucurbita cucurbitaceae*) แครอท (*Daucus carota* L.) เป็นต้น สารที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ได้แก่ ไลโคพีน (Lycopene) บีตา – แคโรทีน (β – Carotene) แคนทาแซนทีน (Canthaxanthin) เป็นต้น สารเหล่านี้ไม่มีขั้วจึงละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์

ในผลมะเขือเทศสุกมีสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ชื่อว่าไลโคพีน (Lycopene) นิยมใช้ในการแต่งสีอาหาร นอกจากนี้ยังมีสารกลุมแคโรทีนอยด์อีกชนิดหนึ่งคือ แอแนตโต (Anatto) สีเหลืองพบในเมล็ดดอกคำแสด (*Bixa orellane*) นิยมใช้ย้อมผ้า ทำเครื่องสำอาง และใช้แต่งสีเนยมาตั้งแต่โบราณ

Carotenoids ประกอบด้วย 40 carbon atoms (unsaturated hydrocarbon) แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ carotenes และ xanthophylls ซึ่งเป็นอนุพันธ์ที่มีการเติมออกซิเจน (oxygenated

derivatives) ทั้งสองกลุ่มนี้ไม่ละลายในน้ำ แต่ xanthophylls มีคุณสมบัติในการไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) น้อยกว่า carotenes (สุจิตรา, 2549)



ภาพที่ 4 โครงสร้างของ β – Carotene
ที่มา: Wikipedia (2009)

แคโรทีนอยด์ในธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปของผลึกซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ ทำให้มีสีต่างๆกันออกไปตั้งแต่สีส้มแดง ม่วง ไปจนถึงสีดำตามแต่ลักษณะและขนาดของผลึก ผลึกของแคโรทีนอยด์มีจุดหลอมเหลวที่สูง อยู่ในช่วง 130 - 220°C แต่ผลึกเหล่านี้มีความไวต่อออกซิเจนสูงจึงต้องเก็บไว้ในระบบสุญญากาศ

3. คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls)

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืชมีสีเขียว ละลายได้ดีตัวทำละลายไม่มีขั้วไม่ละลายในน้ำ ไม่คงตัวต่อความร้อนและกรด แต่คงตัวสารละลายที่เป็นด่างอ่อนๆ chlorophylls แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. Chlorophyll a มีสีเขียวแกมน้ำเงิน พบในพืชชั้นสูงทุกชนิดที่สังเคราะห์แสงได้

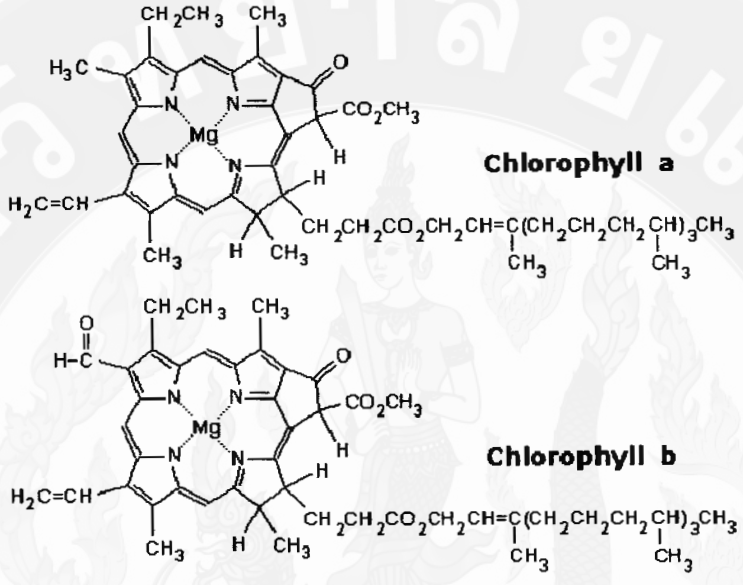
2. Chlorophyll b มีสีเขียวแกมเหลือง พบในพืชชั้นสูง ทุกชนิดและสาหร่ายสีเขียว (green algae)

3. Chlorophyll c พบในสาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae) และสาหร่ายสีทอง (golend algae) แต่ไม่พบในพืชชั้นสูง

4. Chlorophyll d พบในสาหร่ายสีแดง (red algae) แต่ไม่พบในพืชชั้นสูง

โดยทั่วไปจะพบทั้ง chlorophyll a และ chlorophyll b อยู่ด้วยกันในพืชชั้นสูง และมีสัดส่วนประมาณ 2.5-3.5 ต่อ 1โมเลกุลของ chlorophyll ประกอบด้วยส่วนหัวของ porphyrin ring

ซึ่งมี Mg อยู่ตรงกลางและ ส่วนหางซึ่งเป็น long chain hydrocarbon เรียกว่า phytol ส่วน chlorophyll b แตกต่างจากchlorophyll a ที่ aldehyde group (-CHO) ซึ่งจะแทนที่ methyl group (CH3) ที่ตำ แหน่งที่ 3 เท่านั้น chlorophyll เป็นพวกที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จึงไม่ละลายในน้ำ (สุจิตรา, 2549)



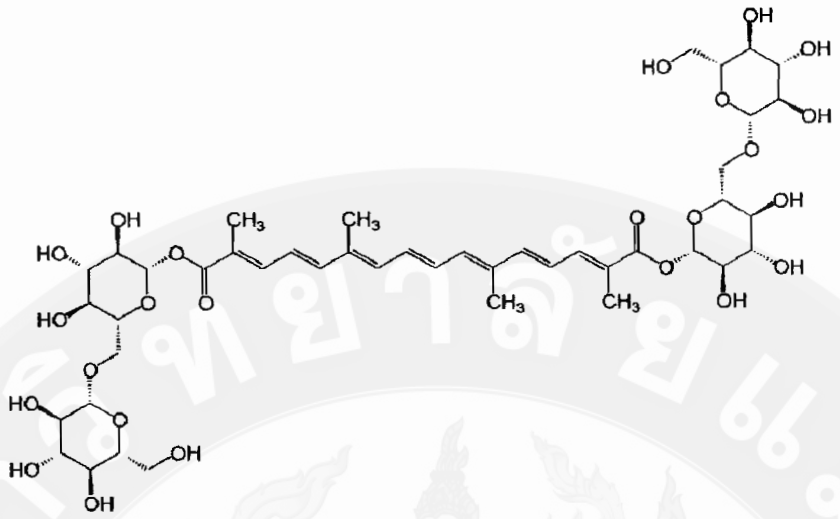
ภาพที่ 5 โครงสร้างของเม็ดสีคลอโรฟิลล์ชนิดเอ และบี
ที่มา: Food-Info foundation (2009)

4. โครซิน (Crocin)

มีสีแดงน้ำตาลหรือเหลืองทอง ได้จากเกสรแห้งของหญ้าฝรั่น (*Crocus sativas*) หรือเมล็ดของดอกพุด (*Cape gardenia*) ละลายได้ดีในน้ำร้อน ไม่ละลายในน้ำมัน คงตัวต่อแสง ออกซิเดชัน เชื้อจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง (ดวงพร, 2526)

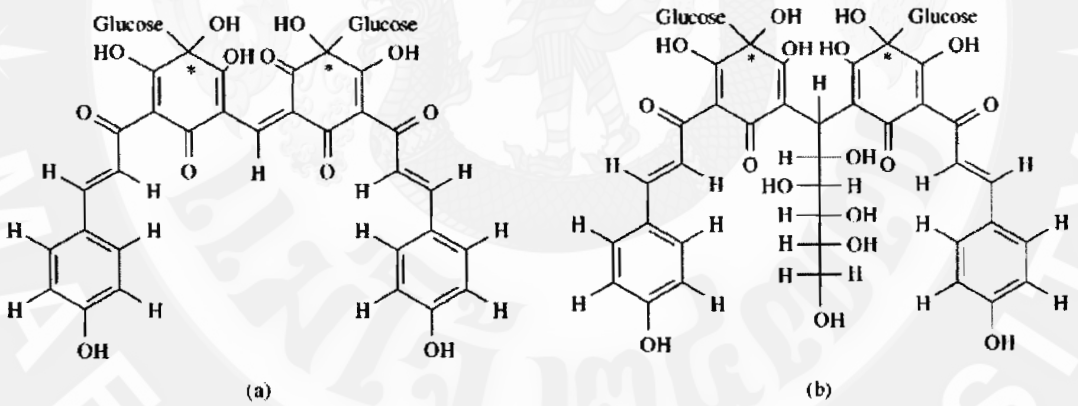
5. คาร์ทามิน (Carthamin)

คาร์ทามินและอนุพันธ์ (safflor yellow B) เป็นสารสีเหลืองแดง ได้จากดอกคำฝอย เป็นสารพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ละลายน้ำได้ นิยมใช้ปลอมสีหญ้าฝรั่น และใช้แต่งสีอาหารสีเหลืองส้ม ละลายได้ดีในน้ำ ทนต่อความร้อนและแสง (Kanehira และ Saito, 2001)



ภาพที่ 6 โครงสร้างของโครซิน

ที่มา: Wikipedia (2009)



ภาพที่ 7 โครงสร้างของคาร์ทามิน (a) และ safflor yellow B (b)

ที่มา: Kanehira และ Saito (2001)

6. คาราเมล (Caramel)

เป็นของแข็งหรือของเหลวสีน้ำตาลแก่ที่ได้จากการเคี่ยวคาร์โบไฮเดรตหลายชนิด ส่วนประกอบมีความซับซ้อน และไม่แน่นอนมีความคงตัวดี มีราคาถูก (ดวงพร, 2526)

2.2.6.2 สีธรรมชาติที่ได้จากสัตว์

1. คาร์มีน (Carmine)

คาร์มีนเป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการสกัดโคชีนิล (Cochineal) ออกจากแมลงชนิดหนึ่ง (*Coccus cacti*) มีกรดคาร์มินิก (carminis acid) ไม่ละลายน้ำ แต่กระจายตัวได้ดี มีความคงตัวต่อแสง และออกซิเดชัน แต่มีไม่มีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง และจุลินทรีย์ (ดวงพร, 2526)

2. ครั่ง (Lac)

เป็นสารสีแดงที่ได้จากการสกัดสารจากครั่ง (*Laccifera lacca*) มีสารสำคัญคือ Laccaic acid ปัจจุบันไม่นิยมใช้ เนื่องจากการศึกษาว่ามีพิษต่อตับและ มีค่า ADI 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน (Hendry, 1996)

2.2.6.3 สีธรรมชาติที่ได้จากแร่ธาตุ

ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide; TiO_2) เป็นสารให้สีขาว มีความคงตัวต่อแสง การเกิดออกซิเดชัน การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง และเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีมาก นิยมใช้แต่งสีผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (ดวงพร, 2526)

2.3 ตัวอย่างพืชที่นำมาสกัดสี

2.3.1 ดอกคำฝอย

ดอกคำฝอยมีชื่ออื่น ได้แก่ คำ ดอกคำฝอย ดอกคำ (เหนือ) คำยอง (ลำปาง) มีชื่อสามัญว่า Safflower, False saffron , Saffron thistle มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carthamus tinctorius Linn* และมีชื่อวงศ์ว่า COMPOSITAE ซึ่งมีลักษณะทั่วไป คือ เป็นไม้ล้มลุก สูง 40-130 ซม. ลำต้นเป็นสัน แตกกิ่งก้านมาก ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปวงรี รูปใบหอกหรือรูปขอบขนาน กว้าง 1-5 ซม. ยาว 3-12 ซม. ขอบใบหยักฟันเลื่อย ปลายเป็นหนามแหลม ดอกช่อออกที่ปลายยอด มีดอกย่อยขนาดเล็ก

จำนวนมาก เมื่อบานใหม่ๆ กลีบดอกสีเหลืองแล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีแดง ใบประดับแข็งเป็นหนาม รองรับช่อดอก ผลเป็นผลแห้ง ไม่แตก เมล็ดเป็นรูปสามเหลี่ยม สีขาว ขนาดเล็ก

ภาพที่ 8 ดอกคำฝอย

ที่มา: สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (2552)

ในดอกประกอบด้วยสารสีแดงชื่อคาร์ทามิน (carthamin) และสารสีเหลืองชื่อแซฟฟลาวเวอร์เยลโล (safflower yellow) ซึ่งเป็นสีที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายชนิด เช่นโปรตีน เบต้าแคโรทีน ไวตามินอี เป็นต้น ในน้ำมันจากเมล็ด (safflower seed oil) ซึ่งได้จากการบีบเมล็ด ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายชนิดในปริมาณสูง เช่น กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) กรดไลโนลิก (linolic acid) และกรดโอเลอิก (oleic acid) เป็นต้น

ประโยชน์ของดอกดอกคำฝอยเป็นยาบำรุงโลหิต บำรุงประสาท แก้โรคผิวหนัง ลดไขมันในเส้นเลือด และช่วยป้องกันไขมันอุดตัน น้ำมันของดอกดอกคำฝอยมีส่วนประกอบของกรดไลโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (ประมาณร้อยละ 75) จึงเชื่อว่าจะทำให้ปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดต่ำลง และจากผลการวิจัยในสัตว์ทดลอง และในคน พบว่า เมล็ดน้ำมันดอกดอกคำฝอยช่วยทำให้ปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้จริง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกรดไลโนเลอิกจะไปทำปฏิกิริยากับโคเลสเตอรอลในเลือด ได้เป็นโคเลสเตอรอลไลโนเลเอท (choloesterol linoleate) และยังมีรายงานว่า น้ำมันดอกดอกคำฝอยทำให้ฤทธิ์ของเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดไขมันลดลงอีกด้วย จากผลการวิจัยในสัตว์ทดลอง และในคนพบว่า น้ำมันดอกดอกคำฝอย จะช่วยให้การอุดตันของไขมันในหลอดเลือดลดลง และช่วยป้องกันการอุดตันของ

ไขมันในเลือดได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากน้ำมันดอกดอกคำฝอยมีฤทธิ์ลดการจับตัวของเกล็ดเลือด (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2552)

2.3.2 กระเจี๊ยบ

ภาพที่ 9 กระเจี๊ยบ
ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2550)

กระเจี๊ยบมีชื่ออื่นได้แก่ กระเจี๊ยบมอญ มะเขือทราย มะเขือพม่า ดรรชนีนาง กระเจี๊ยบแดง กระเจี๊ยบเปรี้ยว ผักเกงเขง ส้มเก๋งเคง ส้มพอเหมาะ (ภาคเหนือ), ส้มตะเลงเครง (ตาก), ส้มปู (แม่ฮ่องสอน), ส้มพอดี (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) มีชื่อสามัญว่า Jamaica Sorrel, Red Sorrel, Roselle, Rozelle มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa L.*และมีชื่อวงศ์ว่า MALVACEAE ซึ่งมีลักษณะทั่วไป คือ เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง ลำต้น กิ่ง ก้าน ก้านใบ มีสีแดง ใบสีเขียวเข้ม เว้าลึก 3 แฉก ดอกมีสีเหลือง ตรงกลางมีสีแดง กลีบเลี้ยงหนามีสีแดง มีรสเปรี้ยว ผลรูปร่างทรงกรวยมีจีบตามยาวมีสีแดง เกิดได้ในที่โล่งทั่วไป ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดใช้ส่วนที่เป็นดอก สีของกลีบดอกเป็นพวกแอนโทไซยานิน มีสารสำคัญคือ เดลฟินิดิน-3-แซมบิวโอไซด์ และ ไซยานิดิน-3-แซมบิวโอไซด์ ซึ่งสารทั้งสองตัวนี้รวมกันจะได้สีแดง และใบมีรสเปรี้ยว รับประทานสกัดเสมหะ ช่วยให้ระบบไหลเวียนเลือดดี ช่วยย่อยอาหาร ขับปัสสาวะ ตำพอกฝี ต้มชะบาดแผล กลีบเลี้ยง ขับปัสสาวะ แก้เสมหะ ขับน้ำดี ลดไข้ แก้ไอ ขับนิ่วในไต นิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ขับเมือกให้สูทวารหนัก(สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2552)

2.3.3 บีทรูท

ภาพที่ 10 บีทรูท
ที่มา: มูลนิธิโครงการหลวง 2550

บีทรูทมีชื่ออื่นได้แก่ ผักกาดแดง ผักกาดฝรั่ง มีชื่อสามัญว่า Chard, Beetroot, Sugarbeet, Mangel-wurzel มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Beta vulgaris* L. และมีชื่อวงศ์ว่า Chenopodiaceae ซึ่งมีลักษณะทั่วไปคือต้นอยู่ใต้ดิน รากอวบน้ำ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 ซม. ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงตัวสลับ ก้านยาว ใบรูปหัวใจรี ดอก เป็นดอกเดี่ยว ออกเป็นช่อ มีสีเขียวอ่อนขนาดเล็ก ผล มีขนาดเล็ก เป็นพืชที่หัวอยู่ใต้ดิน มีสีแดงเข้ม เป็นพวกแอนโทไซยานิน มีสารสำคัญคือ บีตาเลน (betalaine) ซึ่งมีทั้งสารสีแดง และสีเหลืองรวมอยู่ด้วย จึงใช้เป็นสีธรรมชาติผสมอาหารได้อย่างปลอดภัย นิยมนำมาดองน้ำส้มสายชูผัดกับเนื้อ แกะสลักตกแต่งอาหาร ให้มีสีสันน่ารับประทาน และสามารถทำเป็นเครื่องดื่มขึ้นโต๊ะได้อย่างดีอีกด้วย เพราะให้น้ำสีแดงสด รสชาติเยี่ยม เปี่ยมด้วยสรรพคุณ และที่สำคัญปรุงดื่มได้เอง คุณค่าทางโภชนาการ น้ำบีทรูทมีวิตามินซีและวิตามินเอสูง นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี1 บี2 แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก ไม่เพียงดื่มได้อร่อยแล้ว ยังมีสรรพคุณทางยาด้วย เพราะน้ำบีทรูทช่วยขับปัสสาวะ ลดอาการบวม บำรุงตับ เป็นยาระบาย เจริญอาหาร แก้เจ็บคอ ขับเสมหะ และแก้อาการไอ (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2552)

2.3.4 ดอกอัญชัน

ภาพที่ 11 ดอกอัญชัน
ที่มา: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี (2552)

ดอกอัญชันมีชื่ออื่นได้แก่ แดงชัน เอื้องชัน มีชื่อสามัญว่า ดอกอัญชัน (อังกฤษ: Asian pigeonwings) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Clitoria ternatea* L.และมีชื่อวงศ์ว่า Leguminosae ซึ่งมีลักษณะทั่วไปคือ เป็นไม้เลื้อยเนื้ออ่อน อายุสั้น ใช้ยอดเลื้อยพัน ลำต้นมีขนปกคลุม ใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้าม มีใบย่อย 5-9 ใบ รูปไข่แกมรี กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ผิวใบด้านล่างมีขนหนาปกคลุม ดอกมีสีขาว ฟ้า และม่วงซึ่งในดอกมีสารแอนโทไซยานิน ดอกออกเดี่ยวๆรูปทรงคล้ายฝาหอยเชลล์ หรือออกเป็นคู่ตามซอกใบรูปดอกถั่ว มีทั้งดอกชั้นเดียว และดอกซ้อน กลีบดอก 5 กลีบ ดอกชั้นเดียวกลีบชั้นนอกมีขนาดใหญ่ กลางกลีบสีเหลือง ส่วนกลีบชั้นในมีขนาดเล็ก แต่ดอกซ้อนกลีบดอกมีขนาดเท่ากัน ซ้อนเวียนเป็นเกลียว ดอกบานเต็มที่กว้าง 2-2.5 เซนติเมตร ผลแห้งแตกเป็นฝักแบน กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร ยาว 5-8 เซนติเมตร เมล็ดรูปไต สีดำมี 5-10 เมล็ดประโยชน์ ดอกสกัดสีมาทำสีผสมอาหาร ช่วยปลูกผมทำให้ผมดำขึ้น ราก บำรุงตาแก้ตาฟาง ถูฟันแก้ปวดฟัน ตาแฉะ และปรุงเป็นยาขับปัสสาวะ (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2552)

2.3.5 ใบเตย

ใบเตยมีชื่อสามัญว่า Pandanus มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pandanus odorus Ridi.* และมีชื่อวงศ์ว่า PANDANACEAE ซึ่งมีลักษณะทั่วไปคือใบเตยเป็นพันธุ์ไม้จำพวกหญ้า แตกแยกกอเป็นกอใหญ่ เกิดจากหัวหรือเหง้าอยู่ใต้ดิน และมีลำต้นอยู่ใต้ดิน ส่วนที่งอกขึ้นมาเหนือพื้นดินเป็นเพียง

ภาพที่ 12 ใบเตย

ที่มา: โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี (2552)

ใบสูงประมาณ 2 ฟุต มีประโยชน์ คือ ใช้ใบเตยสดเป็นยาบำรุงหัวใจ ให้ชุ่มชื่นช่วยลดอาการกระหายน้ำ รากใช้เป็นยาขับปัสสาวะ ใช้รักษาเบาหวาน (Katzer,2006)

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสีธรรมชาติ

ประพันธ์ (2546) ได้ทดลองสกัดสารละลายสีจากใบเตยโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย แล้วศึกษาผลของอุณหภูมิ (50 75 100˚C) ความเป็นกรดด่าง (4 7 10) และเกลือสังกะสีคลอไรด์ (0 100 200 300 ppm) ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า b (b เป็นบวกมากแสดงถึงมีสีเหลืองมาก) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter color meter พบว่าที่อุณหภูมิ 100 ˚C สีเขียวของสารสกัดใบเตยมีความคงตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 และ75˚C นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 100˚C การใช้เกลือสังกะสีคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นมีผลในการเพิ่มความคงตัวของสีเขียวของการสกัดใบเตย อย่างไรก็ตาม เกลือสังกะสีคลอไรด์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตยที่อุณหภูมิ 50 และ75 ˚C เมื่อพิจารณาผลของความเป็นกรดด่างพบว่าความคงตัวของของสารสกัดใบเตยที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 และ 10 จะสูงกว่าที่ 4 และการเติมเกลือสังกะสีคลอไรด์ ที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อความคงตัวของสีเขียวที่ทุกระดับความเป็นกรดด่างที่ทำการศึกษา

Dyrby และคณะ (2001) ได้ทดสอบความคงตัวของสีแอนโทไซยานินที่สกัดจากกะหล่ำม่วงในผลิตภัณฑ์ Soft drink ที่อุณหภูมิ 25 40 60 และ 80°C พบว่าที่อุณหภูมิ 80°C สีของแอนโทไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายใน 6 ชั่วโมง และเมื่อทดสอบความคงตัวของแอนโทไซยานิน

ต่อแสงพบว่าเมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 313 366 และ 436 นาโนเมตร ที่ 25°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง พบว่าเมื่อความยาวคลื่นที่ฉายแสงใส่สารละลายสีเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีลดลง ซึ่งแสดงถึงการสลายตัวของแอนโทไซยานิน

Bordignon-Luiz และคณะ (2007) ได้ทดลองสกัดสารแอนโทไซยานินจากองุ่น โดยใช้เอทานอลและกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น1.5N (85:15) และได้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมของแอนโทไซยานินที่สกัดได้เป็นตัวควบคุม และตัวอย่างแอนโทไซยานินที่มีกรดแทนนิก (tannic acid) ผสมอยู่ในอัตราส่วน 1:1 พบว่าเมื่อสแกนสเปกตรัมตัวควบคุม และตัวอย่างที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดจะอยู่ที่ความยาวคลื่น 520 และ525 นาโนเมตร ตามลำดับ ส่วนที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดจะอยู่ที่ความยาวคลื่น 525 และ 530 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งสเปกตรัมของสีที่เปลี่ยนแปลงนี้ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานินด้วย

Janna และคณะ (2007) ได้ทดลองสกัดสารแอนโทไซยานินจาก *Tibouchina semidecandra L.* ซึ่งเป็นดอกไม้ชนิดหนึ่งที่มีสีม่วง โดยใช้เมทานอลและกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1% เป็นตัวทำละลายในการสกัดที่อุณหภูมิห้อง สภาวะมืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาศึกษาความคงตัวที่สภาวะความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ (25 และ 31˚C) แสง (มืด-สว่าง) ต่างๆ โดยวิเคราะห์จากปริมาณแอนโทไซยานินที่เหลือเป็นมิลลิกรัม พบว่าความเป็นกรดด่างของสารสกัดที่ได้อยู่ในช่วง 0.5–3.0 และปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงเมื่อสภาวะความเป็นกรดด่างสูงขึ้น % การสูญเสียของสารสกัดเมื่อเก็บที่ 25 ˚C เท่ากับ 7–20 % ซึ่งน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 31˚C และการเก็บรักษาในสภาวะมืดที่อุณหภูมิ 25 ˚C สามารถเก็บได้นาน 26 วัน ส่วนในสภาวะสว่างสามารถเก็บได้เพียง 10 วัน

Kırca และคณะ (2007) ได้ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน ต่ออุณหภูมิ ปริมาณของแข็ง และความเป็นกรดด่าง พบว่าเมื่อแปรอุณหภูมิ 70 80 และ 90°C แล้ววัดปริมาณแอนโทไซยานินทุก 1 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลามากขึ้นทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการลดลงของแอนไซยานินเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการแปรปริมาณของแข็งที่ 11 30 45 และ 64°Brix พบว่าเมื่อปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นทำให้ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินลดลง และการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเป็นกรดด่างที่ 4.3 และ 6.0 พบว่าไม่ทำให้ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลง

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- ดอกคำฝอยแห้ง ดอกกระเจี๊ยบแห้ง ดอกอัญชันแห้ง และหัวบีทรูทสด ซื้อมาจากตลาดวโรรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ใบเตยสด ซื้อมาจากตลาดสดแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
- สีผสมอาหารสังเคราะห์ สีแดง สีเขียว สีเหลือง สีน้ำเงิน
- น้ำตาลทรายขาว
- ผงวุ้น
- ลำไยสดพันธุ์อีดอ ปลูกในพื้นที่จังหวัดลำพูน

3.1.2 สารเคมี

- เอทานอล (C_2H_6OH) 95 % food grade บริษัท โอวีเคมิคอลแอนด์กลาซแวร์ จำกัด
- อะซีโตน (CH_3COCH_3) ยี่ห้อ LAB-SCAN
- ไดเอทิลอีเทอร์ $(C_2H_6)_2O$ ยี่ห้อ LAB-SCAN
- เฮกเซน ($CH_3(CH_2)_4CH_3$) ยี่ห้อ LAB-SCAN
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ยี่ห้อ Univar ประเทศออสเตรเลีย
- กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ยี่ห้อ Univar ประเทศออสเตรเลีย
- กรดบอริก (H_3BO_3) ยี่ห้อ Univar ประเทศออสเตรเลีย
- ฟีนอล์ฟธาลีน
- โบรโมครีซอลกรีน ยี่ห้อ Univar ประเทศออสเตรเลีย
- เมทิล เรด ยี่ห้อ Univar ประเทศออสเตรเลีย
- Kjeltabs Catalysts ($CuSO_4$,HgO หรือ Se)
- กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) ยี่ห้อ Carloerba ประเทศสหรัฐอเมริกา
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ยี่ห้อ Difco
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar ยี่ห้อ Difco

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin methylene blue ยี่ห้อ Difco
- Termamyl (heat-stable α-amylase) catalog No.A3306, Sigma chemical co., St. Louis MO 63178 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- Protease catalog No.P3910, Sigma chemical co., ประเทศสหรัฐอเมริกา
- Amyloglucosidase catalog No.AMG A9913, Sigma chemical co., ประเทศสหรัฐอเมริกา
- Sodium phosphate dibasic anhydrous (Na_2HPO_4)
- Sodium phosphate monobasic monohydrate (NaH_2PO_4)
- Celite 545

3.1.3 อุปกรณ์เครื่องแก้วและงานครัว

- ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 ml
- ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 250 500 1000 ml
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 500 1000 ml
- ปิเปต (Pipette) ขนาด 1 10 ml
- บิวเรต
- จานเพาะเชื้อ
- หลอดทดลองพร้อมฝาปิด
- ขวดฝาเกลียว ขนาด 250 และ 1000 ml
- แท่งแก้วคน
- แท่งแก้วสำหรับ spread
- กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 10 50 100 250 ml
- กรวยกรองแก้ว
- อลูมิเนียมฟอยล์
- ผ้าขาวบาง
- กระทะทองเหลือง
- ทัพพี
- ถ้วยพลาสติก

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

- เครื่องชั่งวิเคราะห์ 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC 210 S ประเทศเยอรมัน
- เครื่องชั่งวิเคราะห์ 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น LA 2035 ประเทศเยอรมัน
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น W 350 ประเทศเยอรมัน
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Shaking Water Bath) ยี่ห้อ Foss รุ่น 1024 ประเทศสวีเดน
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิยี่ห้อ Heto รุ่น SBD 50
- เครื่องปั่น ยี่ห้อ Sharp รุ่น EM-11 ประเทศไทย
- เครื่องเขย่า ยี่ห้อ Ratek รุ่น OM8 ประเทศโปโลเนีย
- เครื่องให้ความร้อนชนิดแผ่น (Hot plate) ยี่ห้อ Kika labortechnic รุ่น RCTB
- ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULE 500 ประเทศเยอรมัน
- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Metrohm รุ่น 774 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
- เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Tri-Stimulus colorimeter รุ่น JC 801 ประเทศญี่ปุ่น
- เครื่องวิเคราะห์หา water activity (a_w) ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH-500 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
- เครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ (Texture analyzer) รุ่น TA-XT plus (Stable Micro Systems)
- เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec) ยี่ห้อ Foss รุ่น 1026 ประเทศสวีเดน
- เตาเผาเถ้า ยี่ห้อ Lenton thermal design รุ่น AWF 130-12 ประเทศไทย
- เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย ยี่ห้อ Foss รุ่น 1023 ประเทศสวีเดน
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- ถ้วยกระเบื้องซิลิกา (Crucible)
- ถ้วยครูซิเบิลแก้วสำหรับหาปริมาณใยอาหาร
- กระป๋องอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
- โถดูดความชื้น (Desiccators)

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.1.5 อุปกรณ์วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

- แก้วน้ำพลาสติก
- ถุงพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง
- สติกเกอร์
- กระดาษชำระ
- ถาดอลูมิเนียม

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำดอกคำฝอยแห้งมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่งวิเคราะห์ 4 ตำแหน่ง ส่วน ดอกกระเจี๊ยบแห้ง หัวบีทรูทสด ดอกอัญชันแห้ง และใบเตยสด นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วนำมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่งวิเคราะห์ 4 ตำแหน่ง ซึ่งมีน้ำหนัก 0.0200 0.6000 0.7000 0.0800 และ 0.1000 กรัม ตามลำดับ ต่อตัวทำละลาย 100 ml

3.2.2 การหาสเปกตรัมของสารละลายสี

นำดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน บีทรูท ที่เตรียมไว้มาสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ส่วนใบเตยใช้เอทานอล 95 % เป็นตัวทำละลาย แล้วใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบางและอลูมิเนียมฟอยล์อีกชั้นหนึ่ง จากนั้นนำมาเขย่า โดยใช้เครื่องเขย่าที่ 180 รอบต่อนาที หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำสารละลายสีที่ได้ไปสแกนค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 380–760 นาโนเมตร ใช้ช่วงห่างแต่ละความยาวคลื่นที่ 2 นาโนเมตร

3.2.3 การคัดเลือกตัวทำละลายและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี

นำคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน บีทรูท และใบเตยที่เตรียมไว้ มาสกัดโดยใช้ น้ำ เอทานอล 95% อะซีโตน เฮกเซน และไดเอทิลอีเทอร์ เป็นตัวทำละลาย แล้วใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ ปิดปากขวด

ด้วยผ้าขาวบางและอลูมิเนียมฟอยล์อีกชั้นหนึ่ง จากนั้นนำมาเขย่า โดยใช้เครื่องเขย่าที่ 180 รอบต่อนาที หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยสุ่มตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

- สารละลายสีจากคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน และใบเตยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย สุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที เอทานอล 95 % อะซีโตน เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นตัวทำละลาย สุ่มตัวอย่างทุก 20 นาที

- สารละลายสีจากบีทรูท มีน้ำเป็นตัวทำละลาย สุ่มตัวอย่างทุก 2 นาที เอทานอล 95 % อะซีโตน เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นตัวทำละลาย สุ่มตัวอย่างทุก 5 นาที

นำสารละลายสีที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้ความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่ได้เลือกไว้ แล้วนำไปวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ซึ่งได้เป็นค่า L* a* และ b*

3.2.4 การคัดเลือกเอทานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี

นำคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน บีทรูท และใบเตยที่เตรียมไว้ มาสกัดโดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 95 % เป็นตัวทำละลายแล้วใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบางและอลูมิเนียมฟอยล์เพิ่มอีกชั้นหนึ่ง จากนั้นนำมาเขย่า โดยใช้เครื่องเขย่าตั้งความเร็วไว้ที่ 180 รอบต่อนาที หลังจากนั้นก็นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยสุ่มตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

- สารละลายสีจากคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน และ ใบเตย สุ่มตัวอย่างทุก 20 นาที
- สารละลายสีจากบีทรูท สุ่มตัวอย่างทุก 2 นาที

นำสารละลายสีที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยใช้ความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่ได้เลือกไว้ แล้วนำไปวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ซึ่งได้เป็นค่า L* a* และ b*

3.2.5 การศึกษาความคงตัวของสารละลายสีที่สกัดได้จากตัวอย่างแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆและในสภาวะที่มีแสงกับไม่มีแสง

นำคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน บีทรูท และใบเตย สกัดโดยใช้น้ำและเอทานอลความเข้มข้นที่เหมาะสมเป็นตัวทำละลาย แล้วใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบางและอลูมิเนียมฟอยล์เพิ่มอีกชั้นหนึ่ง จากนั้นนำมาเขย่า โดยใช้เครื่องเขย่าที่ 180 รอบต่อนาที หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายสีที่สกัดได้ มาศึกษาความคงตัวต่อแสง

เปรียบเทียบสภาวะที่มีแสงโดยเปิดฝาอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ กับสภาวะที่ไม่มีแสงโดยปิดฝาอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ และศึกษาผลของอุณหภูมิ โดยสารละลายสีที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75 และ 100°C ส่วนสารละลายสีที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75°C สุ่มเก็บตัวอย่างโดยคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน และ ใบเตย สุ่มทุก 6 ชั่วโมง บีทรูท สุ่มทุก 10 นาที จากนั้นนำสารละลายสีที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยใช้ความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่ได้เลือกไว้

3.2.6 การศึกษาความคงตัวของสารละลายสีที่สกัดได้จากตัวอย่างแต่ละชนิดที่อุณหภูมิและสภาวะความเป็นกรดด่างต่างๆ

นำสารละลายสีที่ได้จากข้อ 3.2.5 มาศึกษาความคงตัวในสภาวะที่มีความเป็นกรดด่างที่ 1 3 5 7 9 และ 11 เตรียมสารละลายสีที่มีความเป็นกรดด่างต่างๆ โดยปรับด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N นำสารละลายสีที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75 และ 100°C สารละลายสีที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75°C สุ่มเก็บตัวอย่างโดยคำฝอย กระเจี๊ยบ อัญชัน และ ใบเตย สุ่มทุก 6 ชั่วโมง บีทรูท สุ่มทุก 10 นาที จากนั้นนำสารละลายสีที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้ความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่ได้เลือกไว้

3.2.7 การเตรียมตัวอย่างวุ้นใส่สีที่สกัดจากธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์

เตรียมสารละลายสีที่สกัดจากธรรมชาติตามสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองข้างต้น และเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสมเท่ากับสารละลายสีที่สกัดจากธรรมชาติ (ภาคผนวก ก) จากนั้นผสมสารละลายสีธรรมชาติ หรือสารละลายสีสังเคราะห์ 10 ml กับน้ำเชื่อม 100 ml และผงวุ้น 1 กรัม นำไปเคี่ยวในกระทะทองเหลืองที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 5 นาที ปรับปริมาตรให้เท่าเดิมด้วยน้ำร้อน เทลงในพิมพ์วุ้นขนาด 1 ออนซ์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ความสูง 35 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปิดฝา เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์โดยเก็บไม่เกิน 4 วัน ภาพขั้นตอนการผลิตแสดงในภาคผนวก ช

3.2.8 การเตรียมตัวอย่างวุ้นในลูกลำไย

เตรียมตัวอย่างสารละลายวุ้นสีตามวิธีในข้อ 3.2.7 แล้วเทลงในลูกลำไยที่คว้านเมล็ดออกแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุปิดสนิทในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์โดยเก็บไม่เกิน 4 วัน ภาพขั้นตอนการผลิตแสดงในภาคผนวก ช ตัวอย่างวุ้นในลูกลำไยแสดงในภาคผนวก ซ

3.2.9 การวิเคราะห์คุณภาพของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย

3.2.9.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. วิเคราะห์ค่า water activity (a_w) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หา water activity (a_w) ดังแสดงในภาคผนวก ข

2. วัดค่าสี ตามระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Tri-Stimulus colorimeter ดังแสดงในภาคผนวก ข

3. วิเคราะห์ texture profile เพื่อหาค่า hardness และ cohesiveness ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ (Texture analyzer) ดังแสดงในภาคผนวก ข

4. วิเคราะห์ค่า % syneresis ดังแสดงในภาคผนวก ข

3.2.9.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

1. นำวุ้นในลูกลำไยที่บดแล้วมาไตเตรตหาค่ากรดทั้งหมดที่ไตรเตรตได้ (total titratable acidity, TTA) โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ค

2. นำวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่บดแล้ว มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และใยอาหารทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ค

3.2.9.3 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

นำวุ้นและวุ้นในลูกลำไยมาเพาะเชื้อต่างๆ โดยเก็บตัวอย่างวุ้นทุกวันเป็นเวลา 5 วัน ตามวิธีของ AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ง

1. Total viable count โดยวิธี pour plate ใน plate count agar เพาะเชื้อเป็นเวลา 3 วัน

2. Yeast and mould โดยวิธี spread plate ใน potato dextrose agar เพาะเชื้อเป็นเวลา 3-5 วัน

3. Coliform โดยวิธี spread plate ใน Eosin methylene blue agar เพาะเชื้อเป็นเวลา 3 วัน

3.2.9.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยจะใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนระดับปานกลาง (semi-trained panelists) จำนวน 15 คน ซึ่งคัดเลือกผู้ทดสอบชิมจากนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21-23 ปี โดยมีการประชุมกลุ่มก่อนการทดสอบเพื่อชี้แจงการให้คะแนนและยกตัวอย่างระดับการให้คะแนนของ สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง เมื่อเริ่มทำการทดสอบ ผู้ทดสอบจะได้รับวุ้นในลูกลำไยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และดำเนินการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

ความเข้มของสี : ดูการเปลี่ยนแปลงของสีวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

รสลำไย : ดูการเปลี่ยนแปลงของรสของลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

กลิ่นลำไย : ดูการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นของลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

รสเปรี้ยว : ดูการเปลี่ยนแปลงของรสเปรี้ยวของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ความแข็ง : ดูการเปลี่ยนแปลงของความแข็งของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

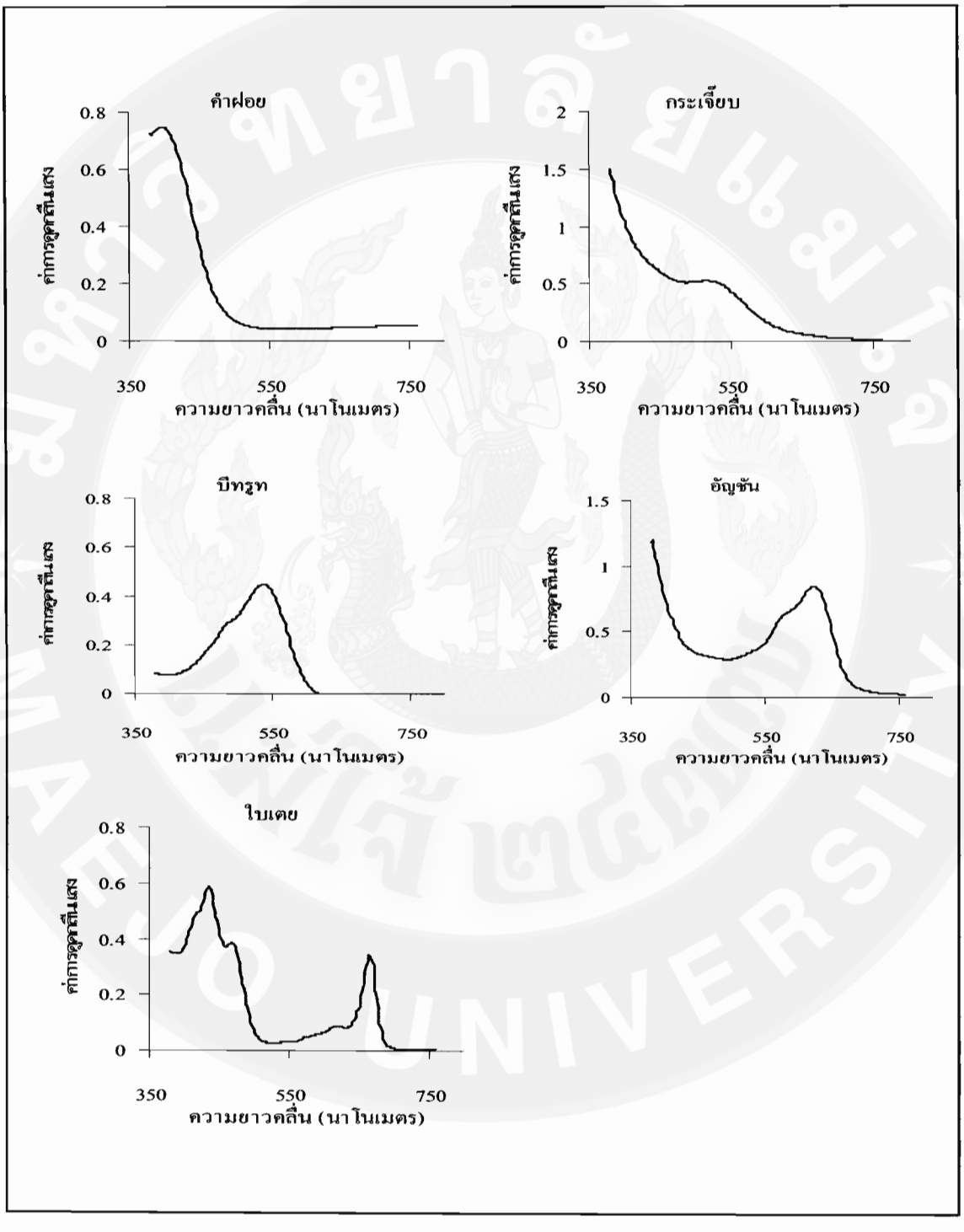
ความยืดหยุ่น : ดูการเปลี่ยนแปลงของความยืดหยุ่นของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ความชอบโดยรวม : ดูการเปลี่ยนแปลงของความชอบโดยรวมของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการทดสอบทางประสาทสัมผัสและแบบสอบถาม แสดงในภาคผนวก จ

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สเปกตรัมของสารละลายสี

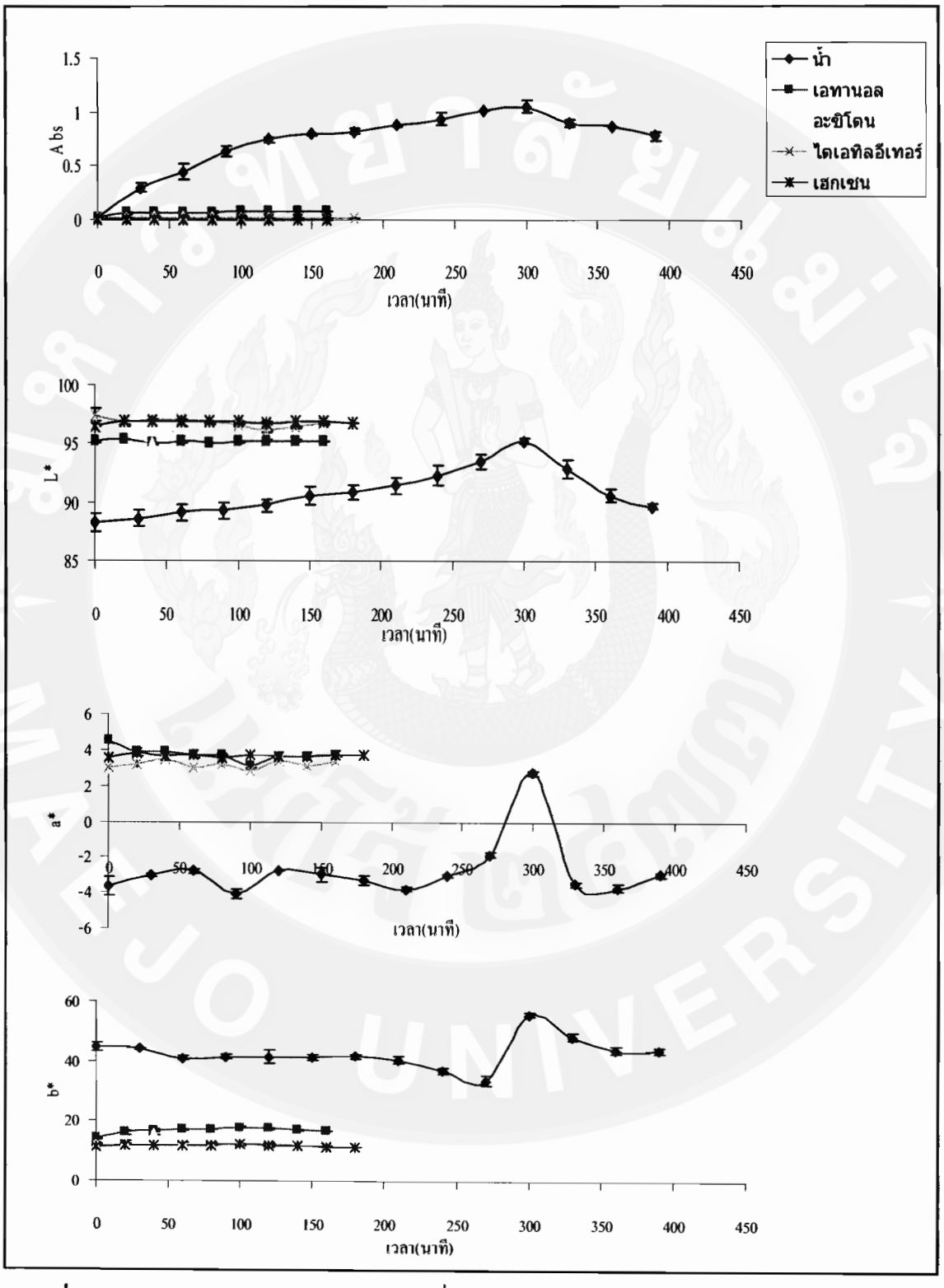


ภาพที่ 13 ค่าสเปกตรัมของสารละลายสี

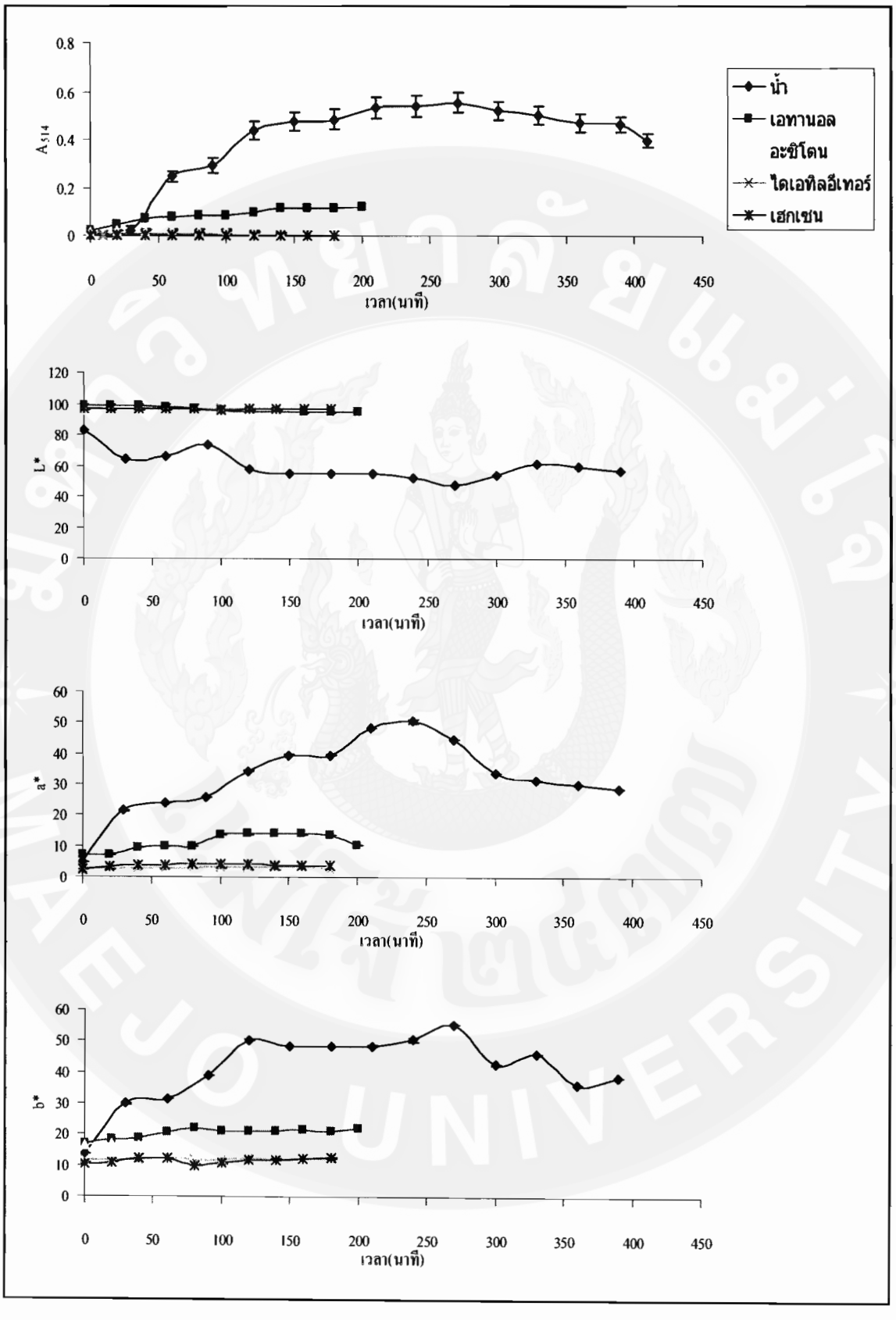
โดยปกติเม็ดสีให้ค่าการดูดกลืนแสงที่แตกต่างกันโดยสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสดและแดง จะให้ค่าสเปกตรัมที่ช่วงความยาวคลื่น 380-420 420-440 440-490 490-560 560-590 590-630และ630-760 นาโนเมตรตามลำดับ ซึ่งในการทดลองนี้สีที่สกัดได้จากดอกคำฝอยจะให้สีเหลือง กระเจี๊ยบให้สีส้มแดง บีทรูทให้สีชมพู ดอกอัญชัน ให้สีน้ำเงิน และใบเตยให้สีเขียว แต่สีที่สกัดจากวัตถุดิบนี้เป็นสีที่เกิดจากการผสมของเม็ดสี (pigment) หลายชนิด ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองสกัดสีออกมาแล้วทำการสแกนหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 760 นาโนเมตรโดยจากการทดลองพบว่าสารละลายสีจาก ดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท และดอกอัญชัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 394 514 538 และ 622 นาโนเมตร ตามลำดับ ส่วนใบเตยมีพีก (peak)ในสเปกตรัมเกิดขึ้นสองพีกคือ ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตรซึ่งสรุปไม่ได้ว่าพีกไหนเป็นตัวแทนของเม็ดสีใบเตยได้ดีที่สุด ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกความยาวคลื่นสูงสุดในดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท และดอกอัญชัน ส่วนใบเตยเลือกที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร (ภาพที่ 13)

4.2 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี

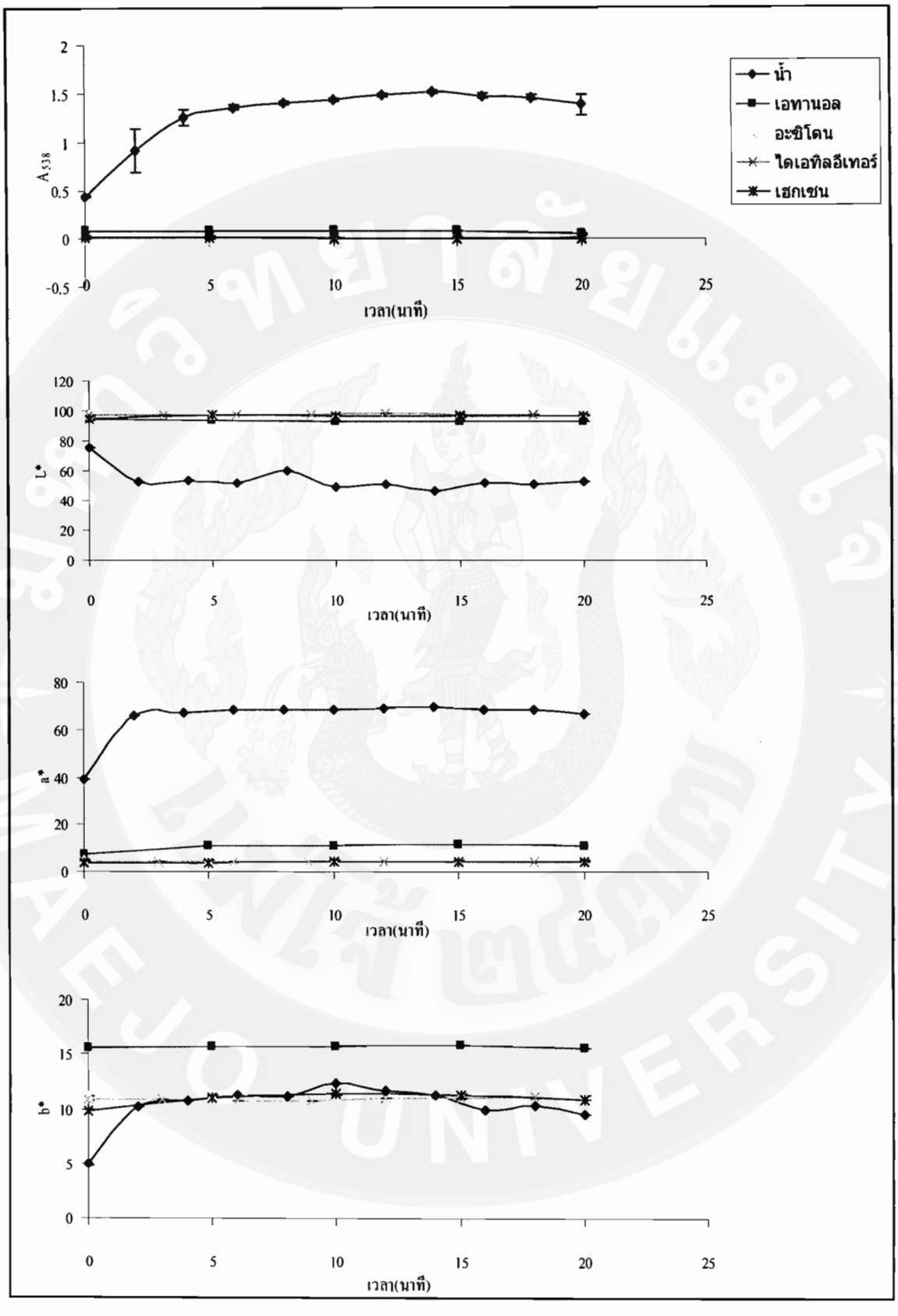
4.2.1 ผลของชนิดของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี



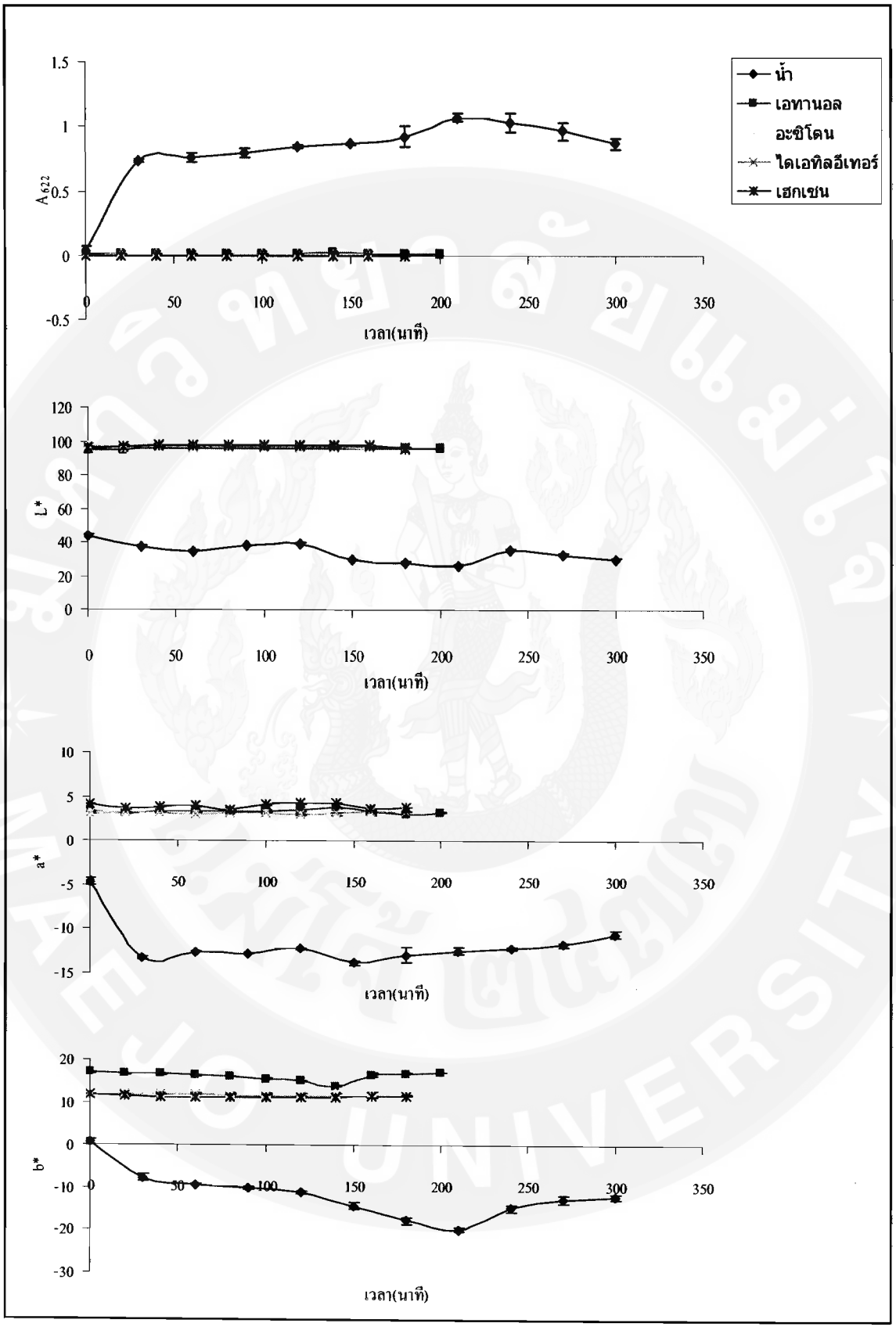
ภาพที่ 14 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากดอกคำฝอย



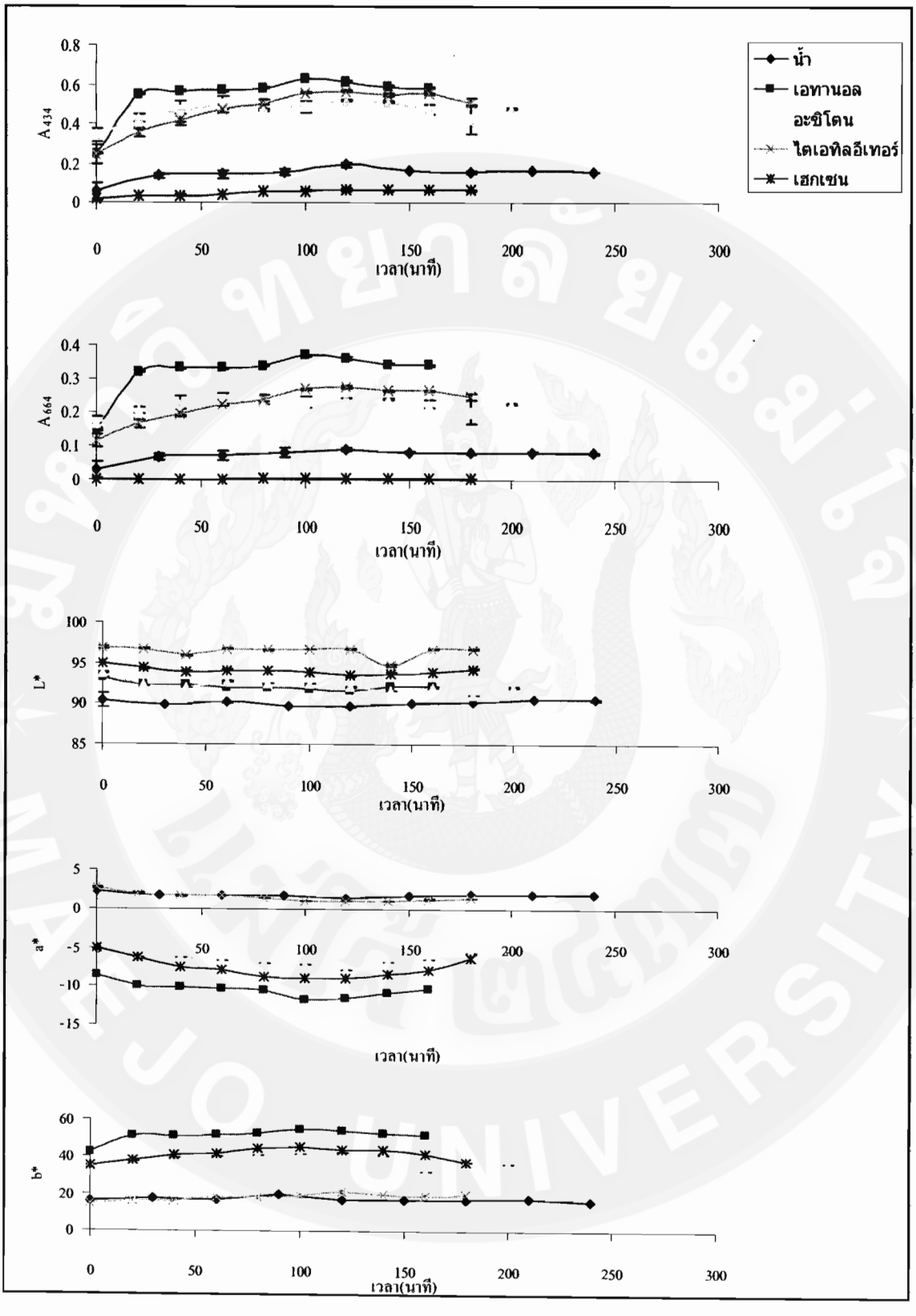
ภาพที่ 15 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากกระเจี๊ยบ



ภาพที่ 16 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากบีทรูท



ภาพที่ 17 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากดอกอัญชัน



ภาพที่ 18 ผลของตัวทำละลายและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากใบเตย

จากการศึกษาผลของตัวทำละลายต่างๆ จะเห็นว่าความสามารถของตัวทำละลายในการสกัดเม็ดสีออกมาจากเซลล์ของพืชจะแตกต่างกันซึ่งขึ้นกับโครงสร้างและความสามารถในการละลายของเม็ดสีแต่ละชนิด

เมื่อนำสารละลายสีจากดอกคำฝอยที่สกัดได้จากตัวทำละลายต่างๆมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลง เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเม็ดสีจะถูกสกัดออกมามากขึ้น หลังจากนั้นจะลดลงเนื่องจากการสลายตัวของเม็ดสีที่อาจเกิดได้จากแสงและออกซิเจน เมื่อทำการศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเพราะเม็ดสีที่อยู่ในดอกคำฝอย คือคาร์ทามินและแซฟฟลาวเวอร์เยลโลซึ่ง มีความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี โดยเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 300 นาที ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอล 95 % อะซีโตน ไดเอทิลอีเทอร์ และเฮกเซนมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 100 40 100 และ 120 นาที ตามลำดับ เมื่อนำไปวัดค่าสี b* ซึ่งเป็นค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน พบว่าค่า b*จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลงซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 14)

เมื่อนำสารละลายสีจากกระเจี๊ยบที่สกัดได้จากตัวทำละลายต่างๆมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลง เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเม็ดสีจะถูกสกัดออกมามากขึ้น หลังจากนั้นจะลดลงเนื่องจากการสลายตัวของเม็ดสีที่อาจเกิดได้จากแสงและออกซิเจน เมื่อทำการศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเพราะเม็ดสีที่อยู่ในกระเจี๊ยบ คือแอนโทไซยานินมีความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี โดยเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 240 นาที ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอล 95 % อะซีโตน ไดเอทิลอีเทอร์และเฮกเซนมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 140 60 80 และ 140 นาที ตามลำดับ เมื่อนำไปวัดค่าสี a* ซึ่งเป็นค่าที่บอกความเป็นสีแดง-สีเขียวพบว่าค่า a*จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลงซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 15)

เมื่อนำสารละลายสีจากบีทรูทที่สกัดได้จากตัวทำละลายต่างๆมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลง เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเม็ดสีจะถูกสกัดออกมามากขึ้น หลังจากนั้นจะลดลงเนื่องจากการสลายตัวของเม็ดสีที่อาจเกิดได้จากแสงและออกซิเจน เมื่อทำการศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเพราะเม็ดสีที่

อยู่ในบีทรูท คือ บีตาเลนมีความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี โดยเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 14 นาที ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอล 95 % เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์และอะซีโตนมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 15 0 20 และ 0 นาที ตามลำดับ เมื่อนำไปวัดค่าสี a* ซึ่งเป็นค่าที่บอกความเป็นสีแดง-สีเขียว พบว่าค่า a*จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลงซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 16)

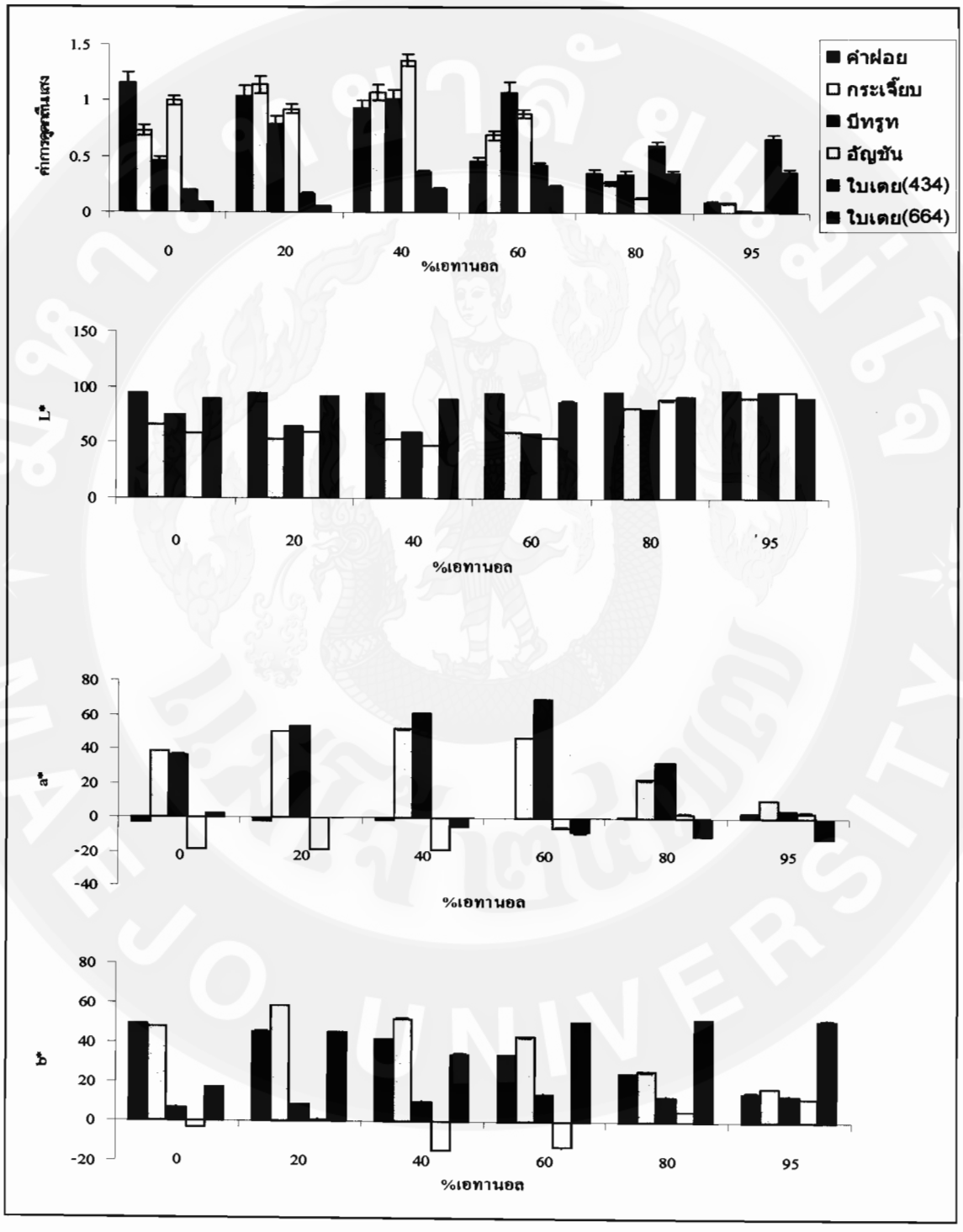
เมื่อนำสารละลายสีจากดอกอัญชันที่สกัดได้จากตัวทำละลายต่างๆมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 622 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลง เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเม็ดสีจะถูกสกัดออกมามากขึ้น หลังจากนั้นจะลดลงเนื่องจากการสลายตัวของเม็ดสีที่อาจเกิดได้จากแสงและออกซิเจน เมื่อทำการศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเพราะเม็ดสีที่อยู่ในดอกอัญชัน คือแอนโทไซยานินมีความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี โดยเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 210 นาที ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอล 95 % อะซีโตน เฮกเซน และไดเอทิลอีเทอร์มีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 140 40 40 และ 100 นาที ตามลำดับ เมื่อนำไปวัดค่าสี b* ซึ่งเป็นค่าที่บอกความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน พบว่าค่า b*จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะเพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 17)

เมื่อนำสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดได้จากตัวทำละลายต่างๆมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะลดลง เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเม็ดสีจะถูกสกัดออกมามากขึ้น หลังจากนั้นจะลดลงเนื่องจากการสลายตัวของเม็ดสีที่อาจเกิดได้จากแสงและออกซิเจน เมื่อทำการศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่าเอทานอล 95 % เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเพราะเม็ดสีที่อยู่ในใบเตย คือคลอโรฟิลล์มีความสามารถในการละลายในแอลกอฮอล์ได้ดี โดยเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 100 นาที ส่วนการสกัดโดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ อะซีโตน น้ำและเฮกเซนมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสีออกมาจากเซลล์มากที่สุดคือ 120 นาทีตามลำดับ เมื่อนำไปวัดค่าสี a* ซึ่งเป็นค่าที่บอกความเป็นสีแดง-สีเขียวพบว่าค่า a*จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งจะเพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 18)

ดังนั้นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสีจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูทและดอกอัญชันคือน้ำ ส่วนตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดสีจากใบเตยคือเอทานอล 95%

4.2.2 ผลของเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี

4.2.2.1 ผลของเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ ที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี



ภาพที่ 19 ผลของเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ ที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี

เนื่องจากน้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่สามารถนำไปใช้ในอาหารได้อย่างปลอดภัย อีกทั้งเอทานอลยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาผลของความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัดโดยในการทดลองนี้จะใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 95 % เป็นตัวทำละลาย

เมื่อความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีจากดอกคำฝอยจะลดลง โดยพบว่าสารละลายสีจากดอกคำฝอยที่สกัดโดยใช้น้ำมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด ส่วนเอทานอลความเข้มข้นจาก 20 เป็น 40 % มีระดับค่าการดูดกลืนแสงลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำ แต่เมื่อความเข้มข้นเอทานอลมากกว่า 60 % ระดับค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงอย่างชัดเจน เมื่อดูจากค่า b* พบว่าค่าสีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง ดังนั้นเอทานอลความเข้มข้น 40 % จึงมีความเหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากเซลล์ของดอกคำฝอยเนื่องจากเอทานอลความเข้มข้น 40 % มีผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเอทานอลความเข้มข้น 20 %

เมื่อความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบจะลดลง โดยพบว่าสารละลายสีจากดอกคำฝอยที่สกัดโดยใช้น้ำมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด ส่วนเอทานอลความเข้มข้นจาก 20 เป็น 40 % มีระดับค่าการดูดกลืนแสงลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำ แต่เมื่อความเข้มข้นเอทานอลมากกว่า 60 % ระดับค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงอย่างชัดเจน เมื่อดูจากค่า b* พบว่าค่าสีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง ดังนั้นเอทานอลความเข้มข้น 40 % จึงมีความเหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากเซลล์ของกระเจี๊ยบเนื่องจากเอทานอลความเข้มข้น 40 % มีผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเอทานอลความเข้มข้น 20 %

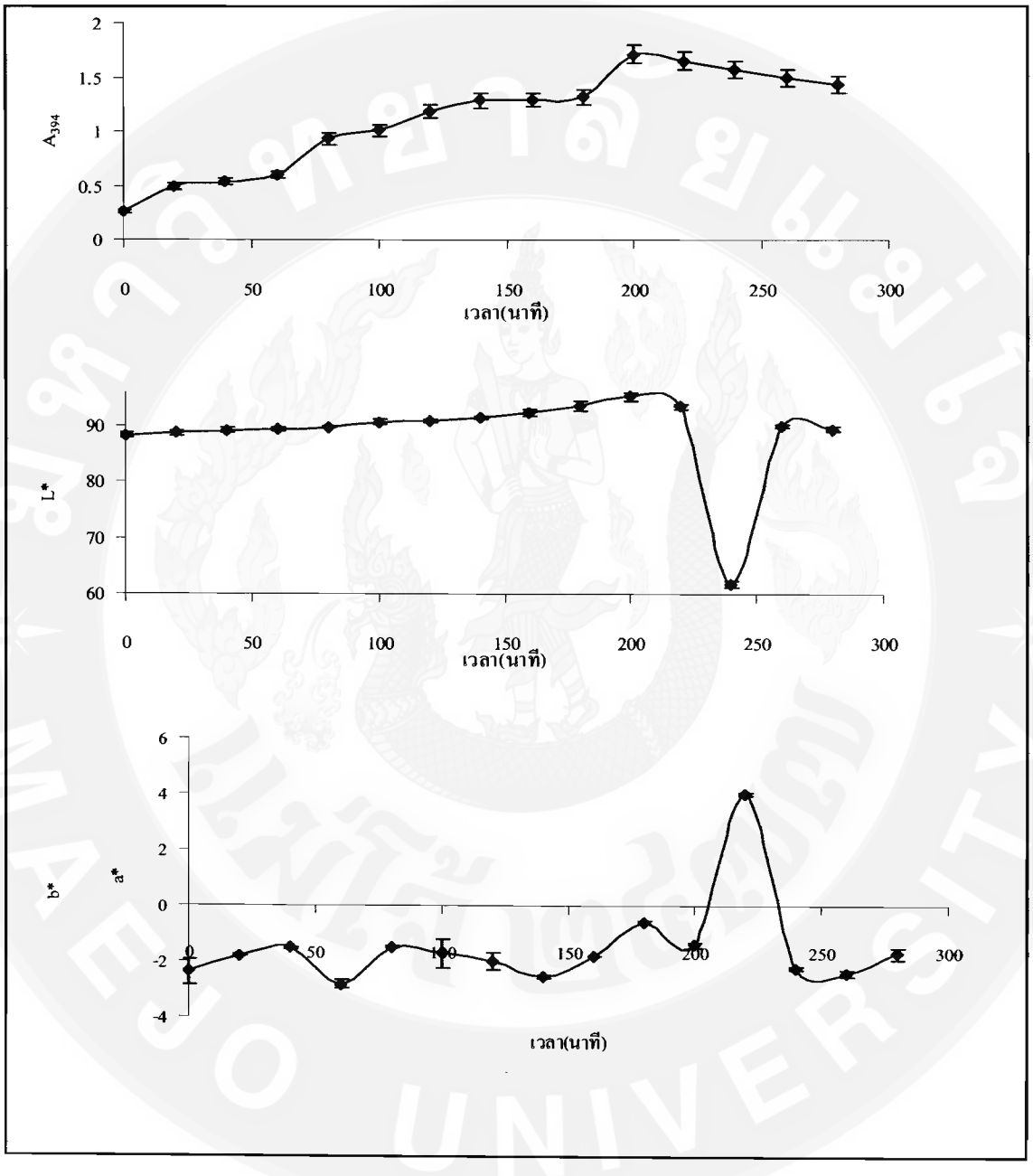
สารละลายสีที่สกัดจากบีทรูทมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดเมื่อใช้เอทานอลความเข้มข้น 60 % และเมื่อดูจากค่า a* พบว่าค่าสีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง ดังนั้นเอทานอลความเข้มข้น 60 % จึงมีความเหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากเซลล์ของบีทรูท

สารละลายสีที่สกัดจากอัญชันมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดเมื่อใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และเมื่อดูจากค่า b* พบว่าค่าสีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง ดังนั้นเอทานอลความเข้มข้น 40 % จึงมีความเหมาะสมในการสกัดเม็ดสีจากเซลล์ของอัญชัน

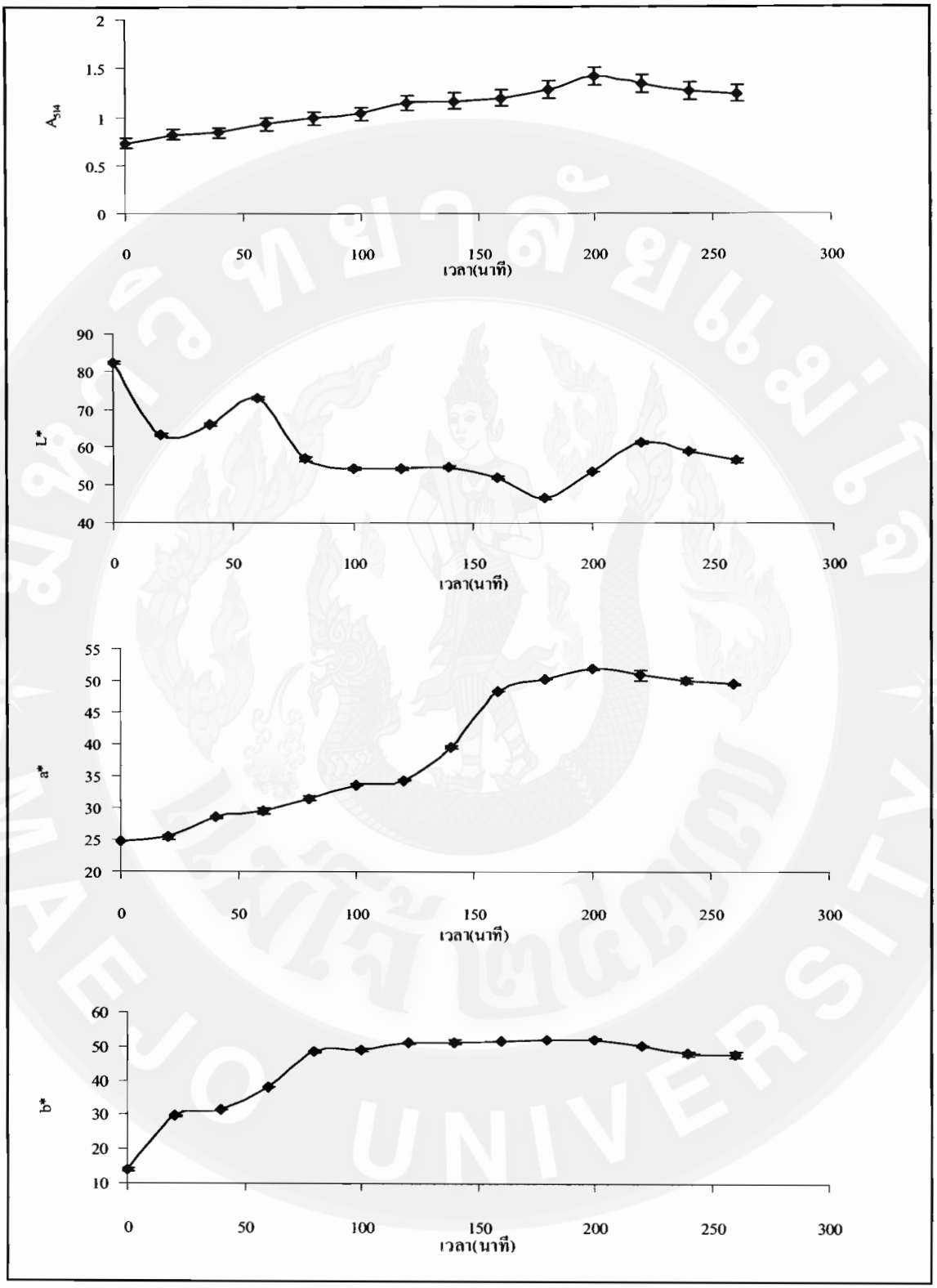
เมื่อความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีจากใบเตยจะเพิ่มขึ้น และจากผลการสแกนหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 760 นาโนเมตร (ภาคผนวก ฉ) พบว่าที่ความเข้มข้นเอทานอล 40 % ลักษณะของสเปกตรัมที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เอทานอล 95 % ดังนั้นเอทานอลความเข้มข้น 40 และ 95 % จึงมีความเหมาะสมในการสกัดเม็ดสีออกจากเซลล์ของใบเตยเนื่องจากเอทานอลความเข้มข้น 95 % มีความสามารถในการสกัดเม็ดสีออกจากเซลล์ของใบเตยได้ดีที่สุด

ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะทำการสกัดสีจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบและดอกอัญชันด้วยเอทานอลความเข้มข้น 40 % บีทรูทด้วยเอทานอลความเข้มข้น 60 % และใบเตยด้วยเอทานอลความเข้มข้น 40 และ 95 %

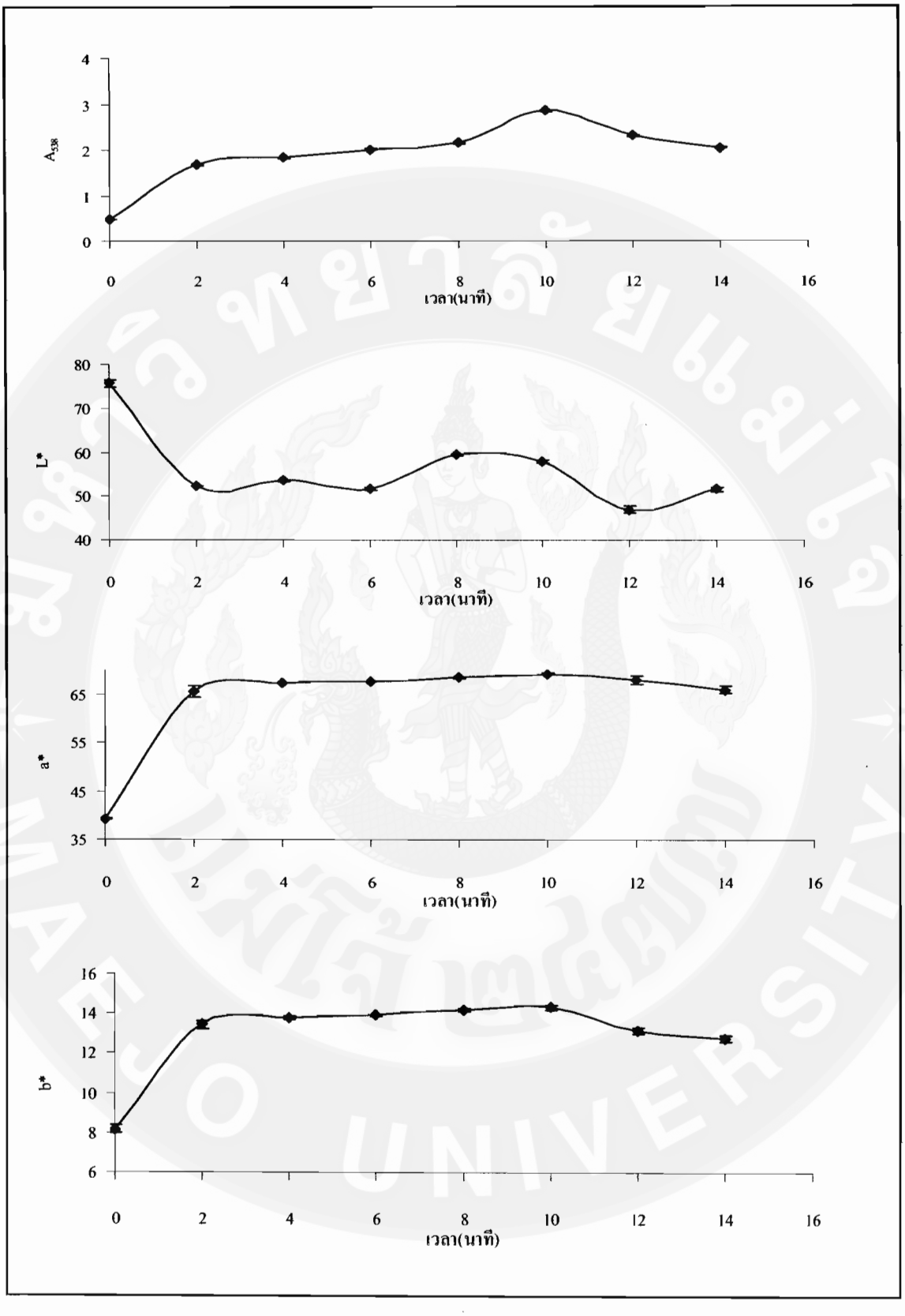
4.2.2.2 ผลของระยะเวลาในการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นที่เหมาะสมในการสกัดเม็ดสี



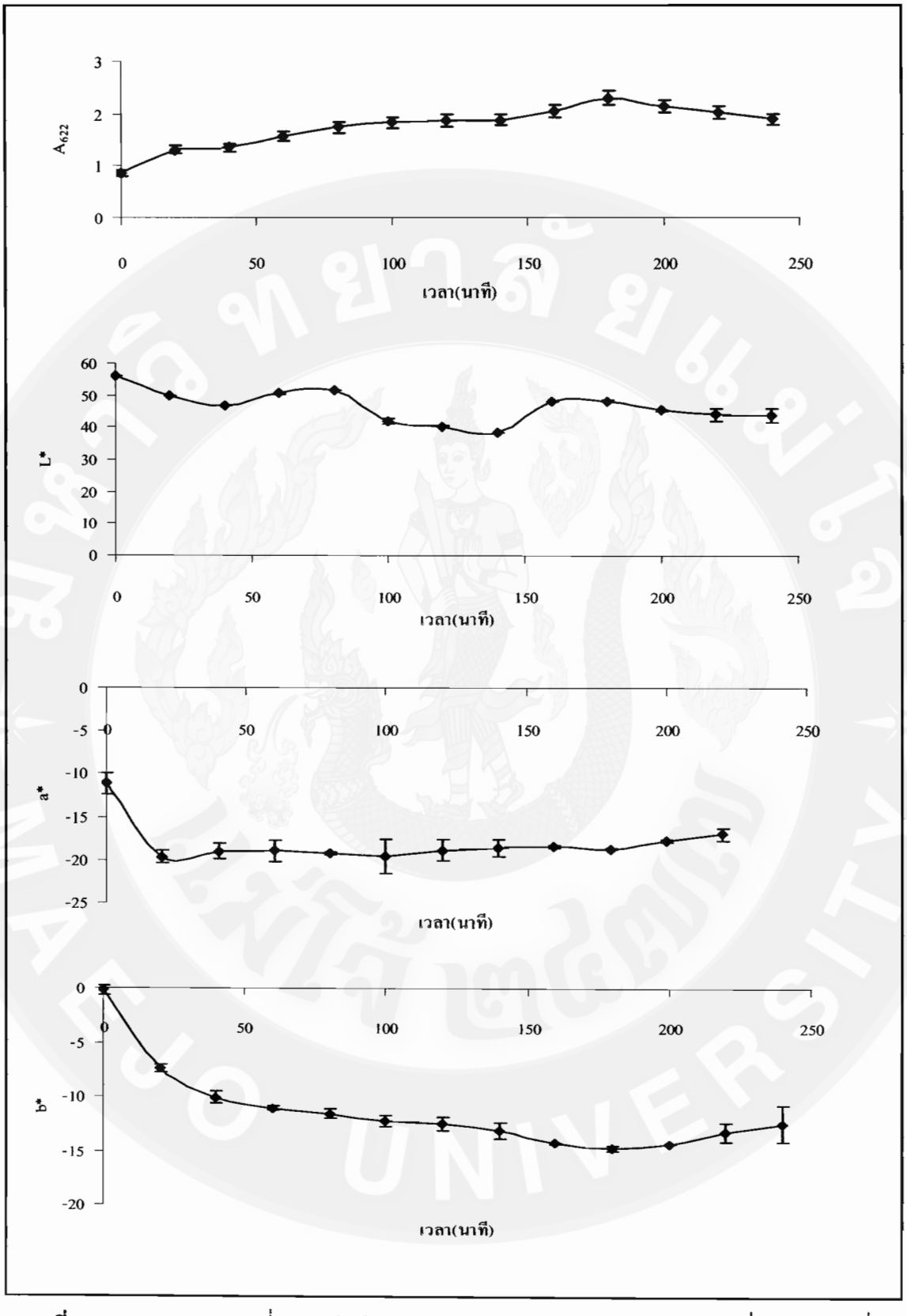
ภาพที่ 20 ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของดอกคำฝอย ที่ความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร



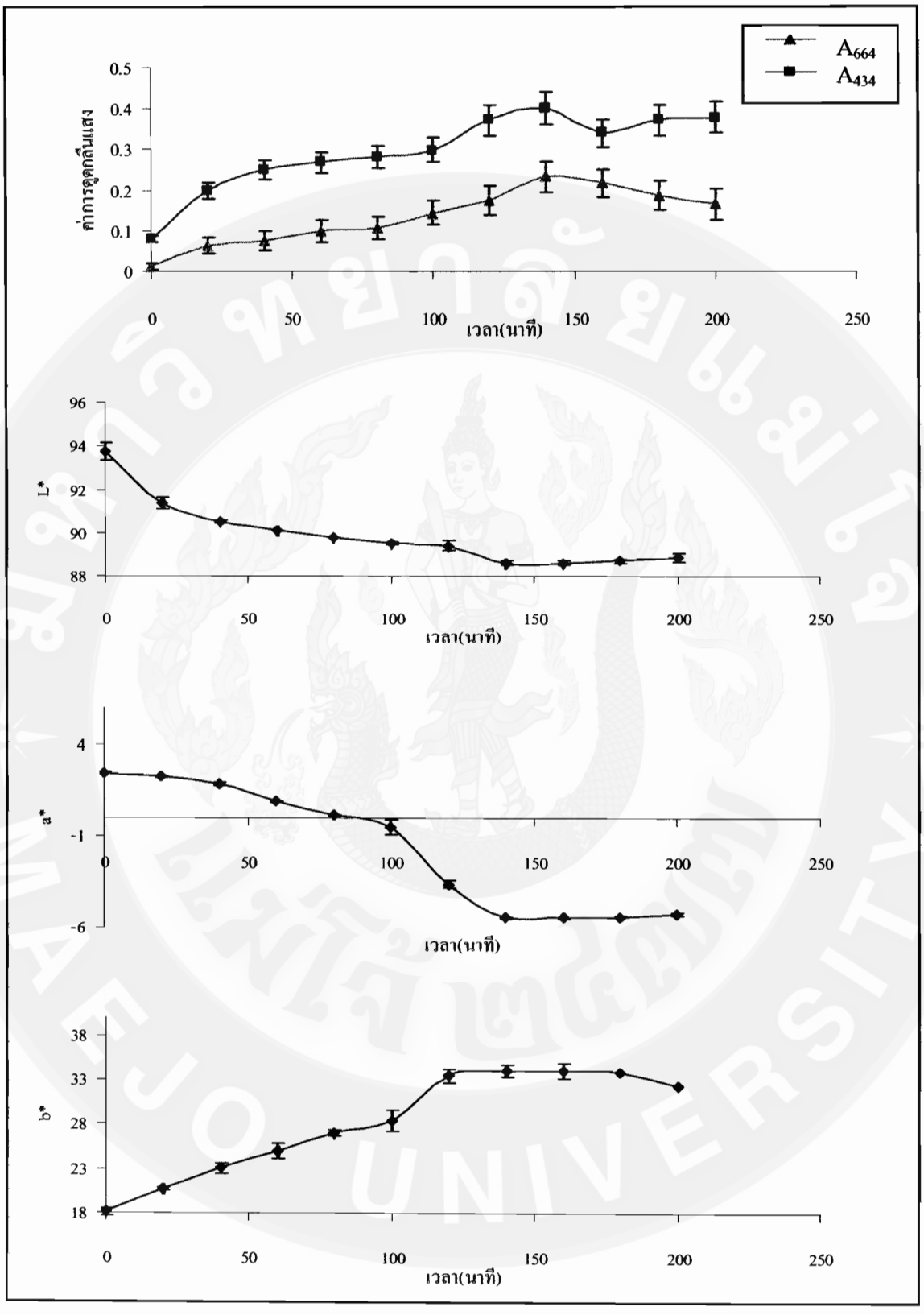
ภาพที่ 21 ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของกระเจี๊ยบ ที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร



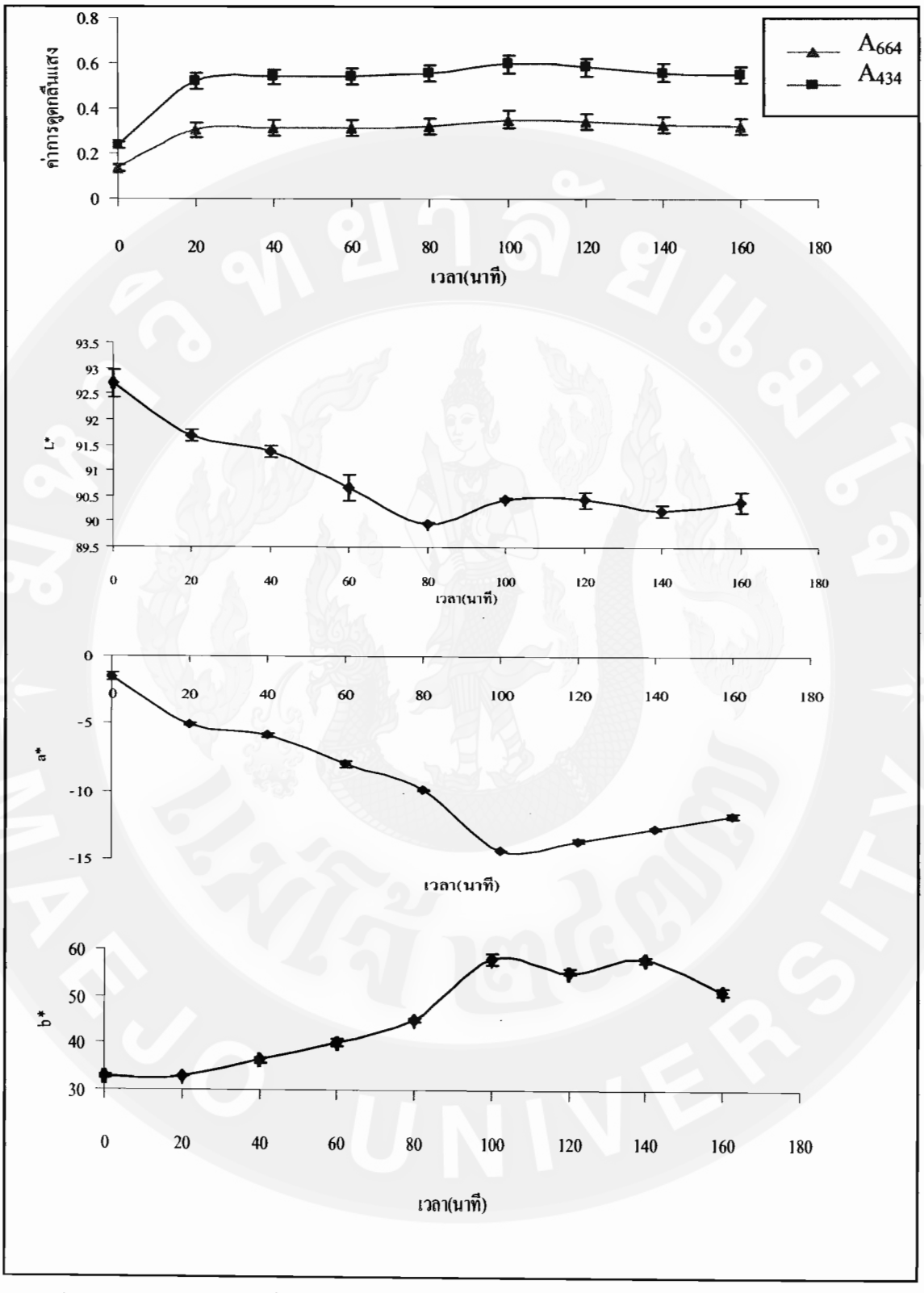
ภาพที่ 22 ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 60% ในการสกัดเม็ดสีของบีทรูท ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร



ภาพที่ 23 ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของดอกอัญชัน ที่ความยาวคลื่น 622 นาโนเมตร



ภาพที่ 24 ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% ในการสกัดเม็ดสีของใบเตย ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร



ภาพที่ 25 ผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 95% ในการสกัดเม็ดสีของใบเตย ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664นาโนเมตร

สารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของเวลาในการสกัดโดยใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้นเหมาะสมที่สุด

เมื่อนำสารละลายสีจากดอกคำฝอยที่สกัดได้จากเอทานอลความเข้มข้น 40 % มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร พบว่าที่ระยะเวลา 200 นาที สารละลายสีมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด และเมื่อนำไปวัด b* พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 20)

เมื่อนำสารละลายสีจากกระเจี๊ยบที่สกัดได้จากเอทานอลความเข้มข้น 40 % มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร พบว่าที่ระยะเวลา 200 นาที สารละลายสีมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด และเมื่อนำไปวัด a* พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 21)

เมื่อนำสารละลายสีจากบีทรูทที่สกัดได้จากเอทานอลความเข้มข้น 60 % มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร พบว่าที่ระยะเวลา 10 นาที สารละลายสีมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด และเมื่อนำไปวัด a* พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 22)

เมื่อนำสารละลายสีจากดอกอัญชันที่สกัดได้จากเอทานอลความเข้มข้น 40 % มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 622 นาโนเมตร พบว่าที่ระยะเวลา 180 นาที สารละลายสีมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด และเมื่อนำไปวัด b* พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 23)

เมื่อนำสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดได้จากเอทานอลความเข้มข้น 40 และ 95 % มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร พบว่าที่ระยะเวลา 140 และ 100 นาที สารละลายสีมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด และเมื่อนำไปวัด a* พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 24 และ 25)

เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงและค่า a* ของกระเจี๊ยบ บีทรูทและใบเตย และค่า b*ของดอกคำฝอยและดอกอัญชัน มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะศึกษาเพียงค่าการดูดกลืนแสงเท่านั้น

4.3 ผลของแสง ความร้อน และความเป็นกรดด่างต่อความคงตัวของสารละลายสี

4.3.1 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสี

ตารางที่ 6 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกคำฝอย ที่ความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร

คำฝอย	A_{394}	%Loss
คำฝอยเอทานอล 40% 0 ชั่วโมง	1.5542^{a}	0^{f}
คำฝอยเอทานอล 40% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	1.0333^{c}	33.52^{e}
คำฝอยเอทานอล40% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.793^{d}	48.98^{d}
คำฝอยน้ำ 0 ชั่วโมง	1.3723^{b}	0^{f}
คำฝอยน้ำ 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.5331^{e}	65.71^{c}
คำฝอยน้ำ 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.4578^{f}	70.53^{b}
คำฝอยน้ำ 100°C มืด 24 ชั่วโมง	0.457^{f}	70.59^{b}
คำฝอยน้ำ 100°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.3907^{f}	74.86^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 7 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบ ที่ความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร

กระเจี๊ยบ	A_{514}	%Loss
กระเจี๊ยบเอทานอล40% 0 ชั่วโมง	0.4538^{b}	0^{f}
กระเจี๊ยบเอทานอล 40% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.3245^{c}	28.49^{e}
กระเจี๊ยบเอทานอล 40% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.2173^{e}	52.12^{d}
กระเจี๊ยบน้ำ 0 ชั่วโมง	0.4824^{a}	0^{f}
กระเจี๊ยบน้ำ 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.326^{c}	28.15^{e}
กระเจี๊ยบน้ำ 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.2009^{f}	55.72^{b}
กระเจี๊ยบน้ำ 100°C มืด 24 ชั่วโมง	0.2856^{d}	37.06^{d}
กระเจี๊ยบน้ำ 100°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.1585^{g}	65.08^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f,g} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 8 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากบีทรูท ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

บีทรูท	A_{538}	%Loss
บีทรูทเอทานอล 60% 0 ชั่วโมง	0.3237^{c}	0^{e}
บีทรูทเอทานอล 60% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.1832^{e}	43.32^{b}
บีทรูทเอทานอล 60% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.125^{f}	61.34^{a}
บีทรูทน้ำ 0 ชั่วโมง	0.8522^{a}	0^{e}
บีทรูทน้ำ 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.4293^{b}	-32.58^{f}
บีทรูทน้ำ 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.2921^{cd}	9.66^{d}
บีทรูทน้ำ 100°C มืด 24 ชั่วโมง	0.2454^{d}	24.18^{c}
บีทรูทน้ำ 100°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.1794^{e}	44.59^{b}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f}เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 9 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกอัญชัน ที่ความยาวคลื่น 622 นาโนเมตร

อัญชัน	A_{622}	%Loss
อัญชันเอทานอล 40% 75°C 0 ชั่วโมง	1.6022^{a}	0^{d}
อัญชันเอทานอล 40% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.9577^{b}	40.23^{c}
อัญชันเอทานอล 40%75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.6991^{c}	56.37^{b}
อัญชันน้ำ 0 ชั่วโมง	1.634^{a}	0^{d}
อัญชันน้ำ 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.9181^{b}	42.71^{c}
อัญชันน้ำ 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.5954^{cd}	62.84^{ab}
อัญชันน้ำ 100°C มืด 24 ชั่วโมง	0.5969^{cd}	62.75^{ab}
อัญชันน้ำ 100°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.4484^{d}	72.08^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 10 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตย ที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร

ใบเตย	A_{434}	%Loss
ใบเตยเอทานอล 40% 0 ชั่วโมง	0.3122^{bcd}	0^{ab}
ใบเตยเอทานอล 40% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.2338^{bcd}	25.12^{a}
ใบเตยเอทานอล 40% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.1507^{cd}	51.63^{a}
ใบเตยเอทานอล 95% 0 ชั่วโมง	0.9451^{a}	0^{ab}
ใบเตยเอทานอล 95% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.77^{a}	18.5^{ab}
ใบเตยเอทานอล 95% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.4273^{bc}	54.77^{a}
ใบเตยน้ำ 0 ชั่วโมง	0.263^{bcd}	0^{ab}
ใบเตยน้ำ 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.4888^{b}	-85.51^{b}
ใบเตยน้ำ 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.1244^{d}	52.69^{a}
ใบเตยน้ำ 100°C มืด 24 ชั่วโมง	0.158^{cd}	39.91^{a}
ใบเตยน้ำ 100°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.0621^{d}	76.38^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ใบเตย	A_{664}	%Loss
ใบเตยเอทานอล 40% 0 ชั่วโมง	0.1227^{d}	0^{h}
ใบเตยเอทานอล 40% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.0582^{ef}	52.57^{e}
ใบเตยเอทานอล 40% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.0377^{g}	69.25^{b}
ใบเตยเอทานอล 95% 0 ชั่วโมง	0.5938^{a}	0^{h}
ใบเตยเอทานอล 95% 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.4429^{b}	25.37^{g}
ใบเตยเอทานอล 95% 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.2481^{c}	58.18^{d}
ใบเตยน้ำ 0 ชั่วโมง	0.1243^{d}	0^{h}
ใบเตยน้ำ 75°C มืด 24 ชั่วโมง	0.0722^{e}	41.9^{f}
ใบเตยน้ำ 75°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.0442^{fg}	64.44^{c}
ใบเตยน้ำ 100°C มืด 24 ชั่วโมง	0.0351^{g}	71.75^{b}
ใบเตยน้ำ 100°C สว่าง 24 ชั่วโมง	0.0136^{h}	89.06^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f,g,h} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

เนื่องจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ มีผลต่อความคงตัวของสารละลายสีโดยอาจทำให้สารละลายสีที่ได้เกิดการสลายตัว ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาผลของแสง ในการทดลองทำในสภาวะเร่งเนื่องจากสารละลายสีมีการเสื่อมเสียได้ง่ายจากเชื้อจุลินทรีย์ การทดลองจึงเป็นการศึกษาผลของแสงร่วมกับความร้อนต่อความคงตัวของสี

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากดอกคำฝอยโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของอุณหภูมิ พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ส่วนผลของแสง พบว่าการใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลาย ค่าการดูดกลืนแสงในที่มืดสูงกว่าในที่สว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq .05$) ดังนั้น % การสูญเสียในที่มืดมีค่าน้อยกว่าที่สว่าง ส่วนสารละลายสีที่อุณหภูมิ 100°C มีค่าการดูดกลืนแสงที่สภาวะมืดและสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq .05$)เนื่องจากผลของอุณหภูมิมีมากกว่าแสง และเมื่อเปรียบเทียบค่า % การสูญเสียระหว่างการใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากดอกคำฝอย พบว่า % การสูญเสียในเอทานอลมีค่าน้อยกว่าในน้ำแสดงว่าเม็ดสีในเอทานอลมีความคงตัวต่อแสงและความร้อนมากกว่าในน้ำ (ตารางที่ 6)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของอุณหภูมิ พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) เมื่อผ่านการให้ความร้อน ส่วนผลของแสงจะพบว่าการใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลาย ค่าการดูดกลืนแสงในที่มืดสูงกว่าในที่สว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ดังนั้น % การสูญเสียในที่มืดจะมีค่าน้อยกว่าที่สว่าง และเมื่อเปรียบเทียบค่า % การสูญเสียระหว่างการใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากกระเจี๊ยบ พบว่า % การสูญเสียในเอทานอลมีค่าน้อยกว่าในน้ำแสดงว่าเม็ดสีในเอทานอลมีความคงตัวต่อแสงและความร้อนมากกว่าในน้ำ (ตารางที่ 7)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากบีทรูทโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 60 % และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของอุณหภูมิ พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) เมื่อผ่านการให้ความร้อน ส่วนผลของแสง พบว่าการใช้เอทานอลความเข้มข้น 60 % และน้ำเป็นตัวทำละลาย ค่าการดูดกลืนแสงในที่มืดสูงกว่าในที่สว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ดังนั้น % การสูญเสียในที่มืดจะมีค่าน้อยกว่าที่สว่าง และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียระหว่างการใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากบีทรูทพบว่า % การ

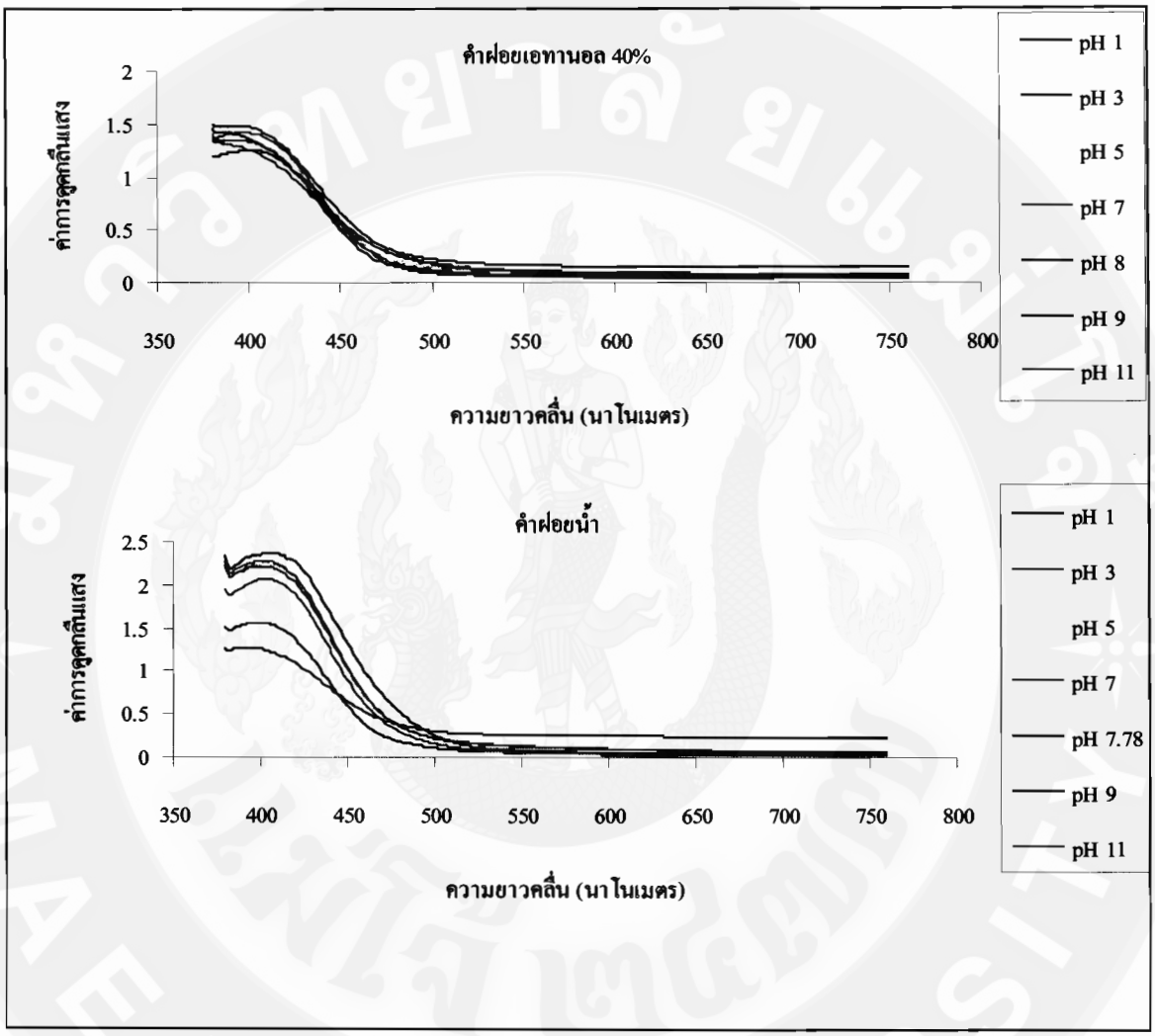
สูญเสียในเอทานอลมีค่ามากกว่าในน้ำแสดงว่าเม็ดสีในน้ำมีความคงตัวต่อแสงและความร้อนมากกว่าในเอทานอล (ตารางที่ 8)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากอัญชันโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของอุณหภูมิ พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อผ่านการให้ความร้อน ส่วนผลของแสง พบว่าการใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลาย ค่าการดูดกลืนแสงในที่มืดสูงกว่าในที่สว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียระหว่างการใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากอัญชัน พบว่า % การสูญเสียในเอทานอลและน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)แสดงว่าเม็ดสีในน้ำและเอทานอลมีความคงทนต่อแสงและความร้อนใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 9)

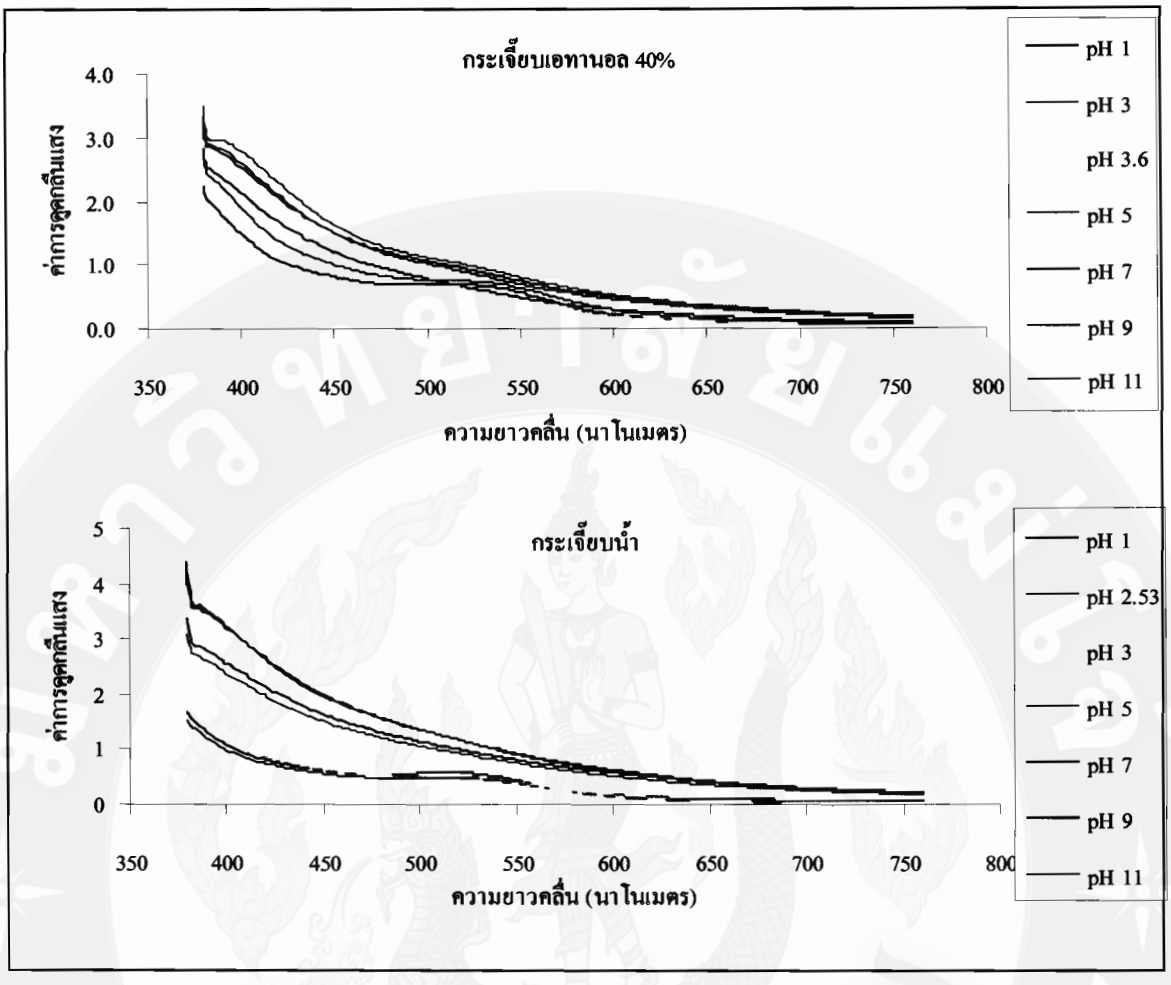
เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากใบเตยโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 และ 95 % และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของอุณหภูมิ พบว่าค่าการดูดกลืนแสงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อผ่านการให้ความร้อน ส่วนผลของแสงพบว่าการใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 และ 95 % และน้ำเป็นตัวทำละลายค่าการดูดกลืนแสงในที่มืดสูงกว่าที่สว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียระหว่างการใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากใบเตยที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 434 นาโนเมตร พบว่า % การสูญเสียในเอทานอลมีค่าใกล้เคียงกับในน้ำแสดงว่าเม็ดสีในเอทานอลมีความคงตัวต่อแสงและความร้อนใกล้เคียงกับในน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียระหว่างการใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากใบเตยที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร พบว่า % การสูญเสียในเอทานอลความเข้มข้น 40 % มีค่ามากกว่าน้ำและมากกว่าเอทานอลความเข้มข้น 95 % แสดงว่าเม็ดสีในเอทานอลความเข้มข้น 95 % มีความคงตัวต่อแสงและความร้อนมากกว่าน้ำและเอทานอลความเข้มข้น 40 % (ตารางที่ 10)

4.3.2 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสี

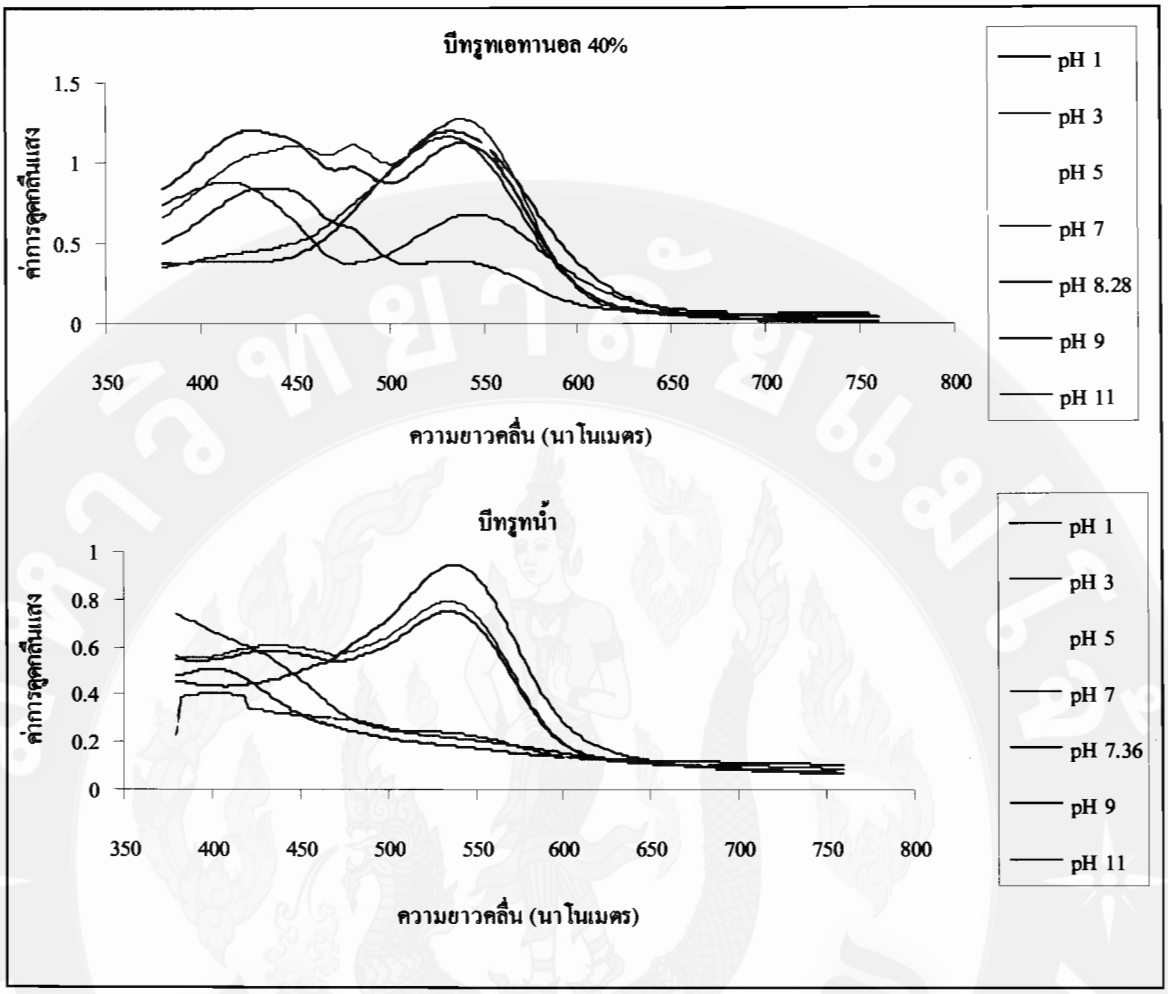
4.3.2.1 สเปกตรัมของสารละลายสีที่ความเป็นกรดด่างระดับต่าง ๆ



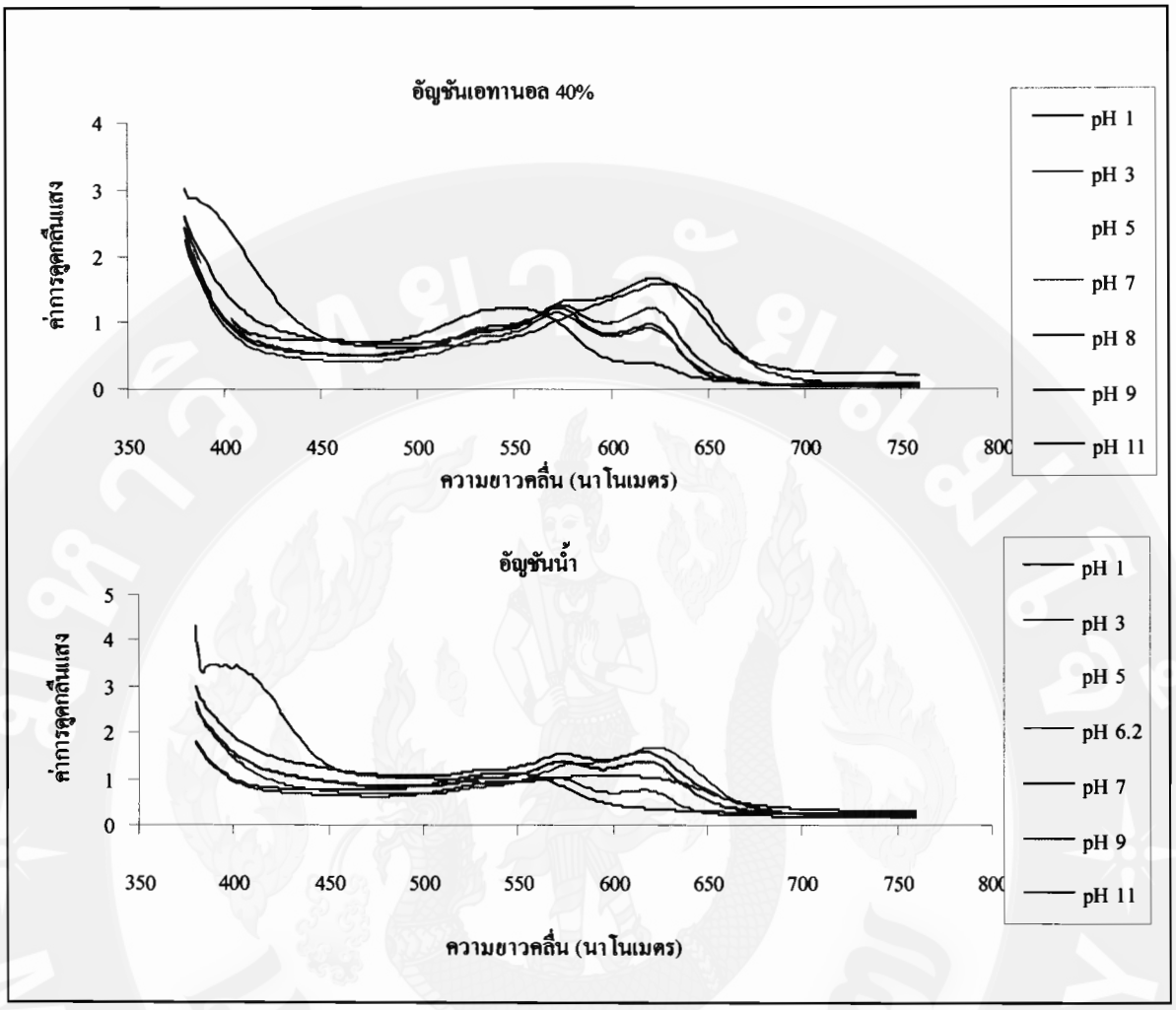
ภาพที่ 26 สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากดอกคำฝอยที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ



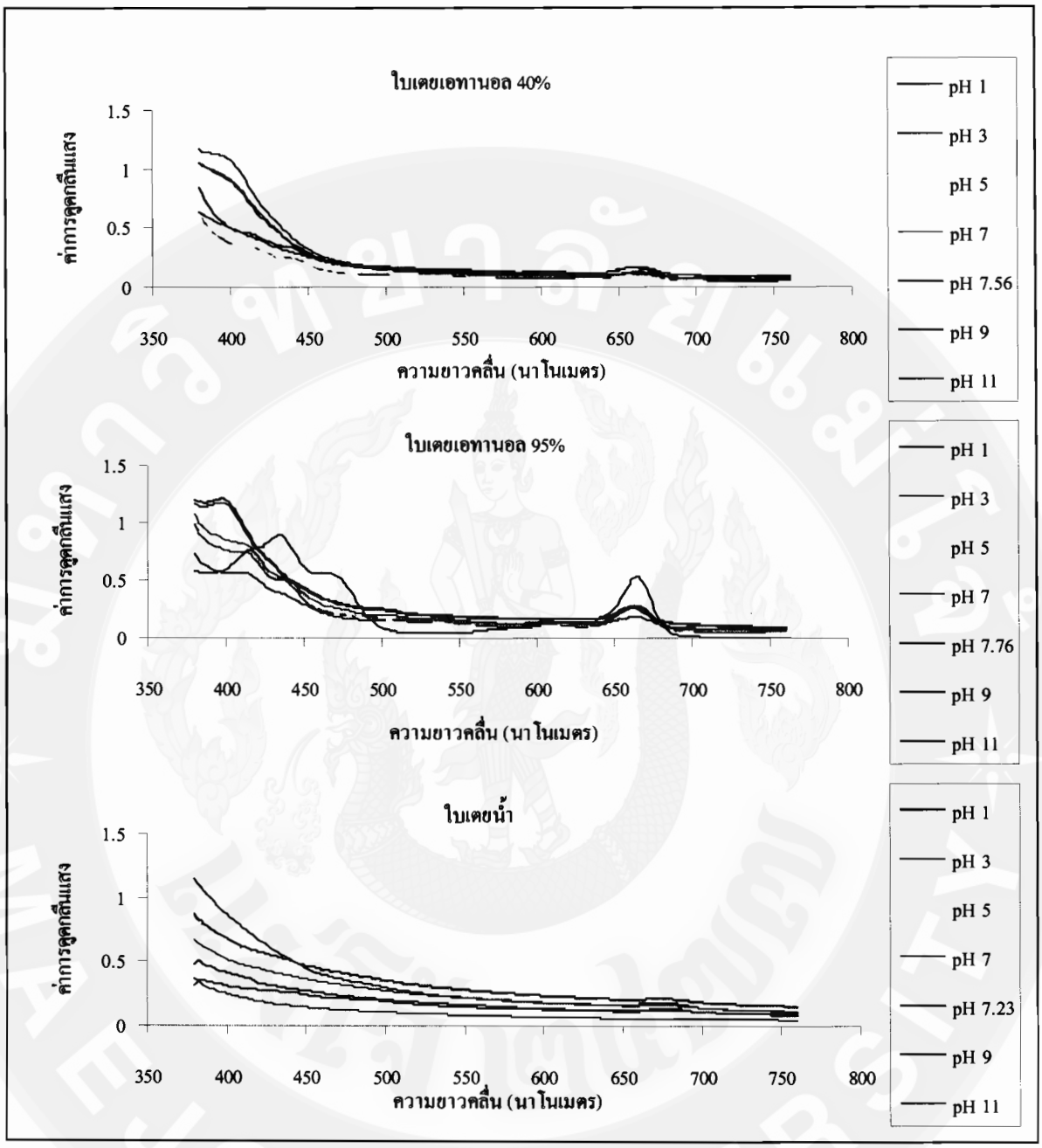
ภาพที่ 27 สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ



ภาพที่ 28 สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากบีทรูทที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ



ภาพที่ 29 สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากดอกอัญชันที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ



ภาพที่ 30 สเปกตรัมของสารละลายสีที่สกัดจากใบเตยที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆ

ความเป็นกรดด่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัมของสารละลายที่สกัดได้ จึงต้องมีการศึกษาผลของความเป็นกรดด่างที่ระดับต่างๆ เนื่องจากอาหารที่จะนำสีไปใช้อาจมีค่าความเป็นกรดด่างต่างจากค่าความเป็นกรดด่างของสีที่สกัดมาได้ ซึ่งในที่นี้ได้ทำการสแกนหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 380-760 นาโนเมตรเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสเปกตรัมที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาสเปกตรัม พบว่าสารละลายสีจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ และใบเตย มีลักษณะของสเปกตรัมคงเดิมทำให้สีที่สามารถมองเห็นได้คงเดิม แต่เมื่อพิจารณาสเปคตรัมของสารละลายสีจากบีทรูท และดอกอัญชันจะเห็นว่าลักษณะของสเปกตรัมมีการเปลี่ยนแปลงทำให้สีที่สามารถมองเห็นได้เปลี่ยนแปลงไป

4.3.2.2 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสี

ตารางที่ 11 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกคำฝอยที่สกัดจากเอทานอลความเข้มข้น 40%

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{394}	%การสูญเสีย	A_{394}	%การสูญเสีย
1	1.2405^{b}	16.46^{a}	0.8634^{ab}	30.39^{c}
3	1.4131^{ab}	4.86^{ab}	0.7776^{bc}	44.63^{ab}
5	1.3441^{ab}	9.52^{ab}	0.6142^{c}	54.01^{a}
7	1.3492^{ab}	9.2^{ab}	0.778^{bc}	41.85^{abc}
8	1.485^{a}	0^{b}	0.9884^{a}	33.44^{bc}
9	1.3979^{ab}	5.92^{ab}	0.7003^{bc}	49.46^{a}
11	1.2905^{ab}	13.15^{ab}	0.7037^{c}	45.17^{ab}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 12 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากคำฝอยที่สกัดจากน้ำ

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100 °C	
	A_{394}	%การสูญเสีย	A_{394}	%การสูญเสีย	A_{394}	%การสูญเสีย
1	1.5493^{b}	-22.69^{a}	0.6858^{d}	54.19^{ab}	0.5121^{c}	65.73^{a}
3	2.0241^{a}	-60.25^{b}	1.1773^{b}	41.89^{b}	0.5399^{c}	73.31^{a}
5	2.2084^{a}	-74.84^{b}	1.6055^{a}	27.3^{c}	0.6521^{b}	70.47^{a}
7	2.2467^{a}	-77.87^{b}	0.9049^{c}	59.74^{a}	0.7533^{a}	66.47^{a}
7.78	1.2631^{b}	0^{a}	0.6751^{b}	46.56^{ab}	0.4848^{c}	61.62^{a}
9	2.3239^{a}	-83.99^{b}	1.0085^{bc}	56.61^{a}	0.8558^{a}	63.19^{a}
11	2.1921^{a}	-73.55^{b}	1.1721^{b}	46.53^{ab}	0.7729^{a}	64.74^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 13 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล 40%

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{514}	%การสูญเสียจากpH	A_{514}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.6896c	-49.66^{b}	0.2534^{d}	63.25^{a}
3	0.7518^{bc}	-63.74^{bc}	0.5783^{a}	22.91^{e}
3.6	0.4622^{d}	0^{a}	0.3202^{cd}	30.4^{de}
5	1.0385^{a}	-123.77^{d}	0.5023^{ab}	50.75^{ab}
7	0.6911^{c}	-49.81^{b}	0.3846^{bc}	44.16^{bcd}
9	0.9742^{a}	-110.44^{d}	0.509^{ab}	47.72^{abc}
11	0.9234^{ab}	-99.87^{cd}	0.6189^{a}	33.13^{cde}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 14 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากน้ำ

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100°C	
	A_{514}	%การสูญเสียจากpH	A_{514}	%การสูญเสียจากความร้อน	A_{514}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.577^{c}	-19.58^{a}	0.3106^{d}	46.13^{ab}	0.3109^{de}	46.07^{a}
2.53	0.4825^{c}	0^{a}	0.3244^{d}	32.77^{d}	0.2671^{e}	44.65^{a}
3	0.5168^{c}	-7.11^{a}	0.3981^{c}	22.96^{d}	0.3701^{d}	28.37^{b}
5	0.9619^{b}	-99.37^{b}	0.4299^{c}	55.19^{a}	0.5217^{c}	45.76^{a}
7	1.0392^{b}	-115.39^{b}	0.6437^{b}	37.59^{bc}	0.5395^{c}	47.89^{a}
9	1.2253^{a}	-153.94^{c}	0.9491^{a}	22.53^{d}	0.6621^{b}	45.97^{a}
11	1.2254^{a}	-153.95^{c}	0.9211^{a}	24.81^{d}	0.8816^{a}	28.08^{b}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 15 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากบีทรูทที่สกัดจากเอทานอล 60%

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100°C	
	A_{514}	%การสูญเสียจาก pH	A_{514}	%การสูญเสียจากความร้อน	A_{514}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.577^{c}	-19.58^{a}	0.3106^{d}	46.13^{ab}	0.3109^{de}	46.07^{a}
2.53	0.4825^{c}	0^{a}	0.3244^{d}	32.77^{d}	0.2671^{e}	44.65^{a}
3	0.5168^{c}	-7.11^{a}	0.3981^{c}	22.96^{d}	0.3701^{d}	28.37^{b}
5	0.9619^{b}	-99.37^{b}	0.4299^{c}	55.19^{a}	0.5217^{c}	45.76^{a}
7	1.0392^{b}	-115.39^{b}	0.6437^{b}	37.59^{bc}	0.5395^{c}	47.89^{a}
9	1.2253^{a}	-153.94^{c}	0.9491^{a}	22.53^{d}	0.6621^{b}	45.97^{a}
11	1.2254^{a}	-153.95^{c}	0.9211^{a}	24.81^{d}	0.8816^{a}	28.08^{b}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 16 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากบีทรูทที่สกัดจากน้ำ

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100°C	
	A_{538}	%การสูญเสียจากpH	A_{538}	%การสูญเสียจากความร้อน	A_{538}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.181^{d}	77.81^{a}	0.0526^{f}	70.7^{a}	0.3705^{a}	-105.02^{d}
3	0.2356^{d}	71.14^{b}	0.1168^{e}	50.43^{b}	0.2054^{b}	12.75^{c}
5	0.4635^{c}	43.37^{c}	0.2512^{d}	45.8^{bc}	0.1786^{c}	61.38^{b}
7	0.7878^{ab}	3.64^{de}	0.4903^{b}	37.76^{cd}	0.1603^{c}	79.64^{a}
7.36	0.8196^{a}	0^{e}	0.4413^{c}	46.18^{bc}	0.2186^{b}	73.29^{ab}
9	0.7455^{b}	8.76^{d}	0.5579^{a}	25.17^{e}	0.1158^{d}	84.47^{a}
11	0.2162^{d}	73.53^{ab}	0.1488^{e}	31.2^{de}	0.0851^{e}	60.66^{b}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 17 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกอัญชันที่สกัดจากเอทานอล 40%

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{622}	%การสูญเสียจากpH	A_{622}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.3768^{c}	77.39^{a}	0.2527^{c}	32.8^{bc}
3	0.9185^{b}	44.78^{b}	0.751^{b}	17.53^{cd}
5	1.1835^{b}	29.03^{b}	1.0455^{a}	11.67^{d}
7	1.2175^{b}	27.03^{b}	1.0047^{a}	17.08^{cd}
8	1.6677^{a}	0^{c}	0.9879^{a}	40.73^{b}
9	0.9632^{b}	42.1^{b}	0.6989^{b}	26.96^{bcd}
11	1.5564^{a}	6.77^{c}	0.2919^{c}	80.87^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 18 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากดอกอัญชันที่สกัดจากน้ำ

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100 °C	
	A_{622}	%การสูญเสียจากpH	A_{622}	%การสูญเสียจากความร้อน	A_{622}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.3517^{f}	79.12^{a}	0.7851^{c}	-133.05^{d}	0.5629^{ab}	28.29^{ab}
3	0.7264^{e}	56.74^{b}	0.8471^{b}	-16.62^{c}	0.404^{cd}	52.31^{a}
5	1.2691^{c}	24.39^{d}	0.5838^{d}	53.97^{ab}	0.5145^{abc}	11.79^{ab}
6.2	1.6793^{a}	0^{f}	0.9383^{a}	44.11^{abc}	0.621^{a}	33.82^{ab}
7	1.3537^{c}	19.37^{d}	0.1357^{f}	89.98^{a}	0.1899^{e}	-51.21^{b}
9	1.5486^{b}	7.76^{e}	0.3842^{e}	75.19^{ab}	0.332^{d}	13.58^{ab}
11	1.0172^{d}	39.44^{c}	0.8451^{b}	16.87^{bc}	0.4801^{bc}	43.21^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f}เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 19 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล 40%

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{434}	%การสูญเสียจากpH	A_{434}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.3476^{c}	-9.1^{b}	0.2518^{c}	27^{a}
3	0.2517^{d}	21.07^{a}	0.2409^{c}	4.21^{b}
5	0.2465^{d}	22.69^{a}	0.2314^{c}	5.81^{b}
7	0.4317^{b}	-35.44^{c}	0.3618^{b}	15.98^{ab}
7.56	0.319^{c}	0^{b}	0.2389^{c}	25.09^{a}
9	0.4318^{b}	-35.38^{c}	0.3961^{a}	8.28^{b}
11	0.4972^{a}	-55.88^{d}	0.4101^{a}	17.52^{ab}

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{664}	%การสูญเสียจากpH	A_{664}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.1619^{a}	-29.2^{d}	0.1052^{a}	35.02^{c}
3	0.1097^{d}	12.48^{a}	0.0867^{b}	20.97^{d}
5	0.1145^{d}	8.65^{a}	0.075^{c}	34.54^{c}
7	0.1291^{b}	-3^{c}	0.0797^{bc}	$38.22^{b}c$
7.56	0.1254^{bc}	0^{bc}	0.0595^{d}	52.54^{a}
9	0.1164^{cd}	7.14^{ab}	0.0752^{c}	35.38^{bc}
11	0.154^{a}	-22.78^{d}	0.0855^{b}	44.3^{ab}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 20 ผลของความเป็นกรดด่างและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล 95%

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{434}	%การสูญเสียจากpH	A_{434}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.3883^{c}	59.7^{a}	0.1495^{e}	60.19^{a}
3	0.5019^{bc}	47.83^{ab}	0.2003^{de}	60.08^{a}
5	0.5166^{bc}	46.32^{ab}	0.3173^{c}	38.41^{ab}
7	0.5369^{b}	44.23^{b}	0.284^{cd}	46.77^{a}
7.6	0.9626^{a}	0^{c}	0.7703^{a}	19.96^{bc}
9	0.5893^{b}	38.85^{b}	0.4988^{b}	13.5^{c}
11	0.5748^{b}	40.22^{c}	0.4788^{b}	16.89^{bc}

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง 75 °C	
	A_{664}	%การสูญเสียจาก pH	A_{664}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.1813^{c}	70.17^{a}	0.0734^{d}	59.52^{a}
3	0.2665^{b}	56.11^{b}	0.0989^{cd}	62.83^{a}
5	0.2847^{b}	53.16^{b}	0.212^{b}	25.56^{c}
7	0.2776^{b}	54.36^{b}	0.1253^{c}	54.24^{ab}
7.6	0.6077^{a}	0^{c}	0.443^{a}	27.08^{bc}
9	0.2627^{b}	56.83^{b}	0.2098^{b}	17.78^{c}
11	0.2528^{b}	58.38^{b}	0.212^{b}	16.35^{c}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

ตารางที่ 21 ผลของแสงและความร้อนต่อความคงตัวของสารละลายสีจากใบเตยที่สกัดจากน้ำ

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100 °C	
	A_{434}	%การสูญเสียจากpH	A_{434}	%การสูญเสียจากความร้อน	A_{434}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.3012^{bc}	-13.53^{ab}	0.2771^{ab}	8.2^{b}	0.2957^{a}	1.66^{c}
3	0.1635^{b}	38.32^{a}	0.1027^{c}	36.07^{ab}	0.1089^{b}	30.66^{abc}
5	0.4766^{a}	-80^{c}	0.3638^{a}	22.49^{b}	0.3637^{a}	21.31^{bc}
7	0.4054^{ab}	-52.74^{bc}	0.3575^{a}	12.15^{b}	0.2009^{b}	50.69^{ab}
7.23	0.2654^{bc}	0^{ac}	0.1983^{bc}	25.17^{b}	0.1573^{b}	40.7^{ab}
9	0.5252^{a}	-98.29^{c}	0.4147^{a}	19.02^{b}	0.3038^{a}	40.03^{ab}
11	0.5585^{a}	-110.23^{c}	0.1947^{c}	65.59^{a}	0.1972^{b}	65.44^{a}

pH	เวลา 0 ชั่วโมง		เวลา 24 ชั่วโมง			
			75 °C		100 °C	
	A_{664}	%การสูญเสียจากpH	A_{664}	%การสูญเสียจากความร้อน	A_{664}	%การสูญเสียจากความร้อน
1	0.1183^{bc}	6.36^{ab}	0.0805^{cd}	31.87^{c}	0.0991^{a}	16.13^{c}
3	0.0584^{c}	53.7^{a}	0.0174^{f}	70.54^{a}	0.0291^{b}	49.99^{b}
5	0.2818^{a}	-119.87^{c}	0.1167^{a}	53.76^{abc}	0.0999^{a}	60.15^{ab}
7	0.1581^{bc}	-25.17^{ab}	0.0953^{bc}	39.72^{c}	0.0469^{b}	70.33^{ab}
7.23	0.1265^{bc}	0^{ab}	0.0718^{d}	43.03^{bc}	0.0352^{b}	71.95^{ab}
9	0.2103^{ab}	-66.51^{bc}	0.1082^{ab}	48.56^{abc}	0.0904^{a}	57.02^{ab}
11	0.1732^{abc}	-37.14^{bc}	0.0567^{e}	67.27^{ab}	0.0306^{b}	82.25^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} เป็นค่าที่ใช้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายในคอลัมน์

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากดอกคำฝอยโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่า สารละลายสีในสภาวะปกติ มีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 8 เมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆจะพบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1ซึ่งสูญเสียมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อน พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1 มี % การสูญเสียจากความร้อนน้อยที่สุด เนื่องจากความเป็นกรดด่างทำให้สีสูญเสียไปมากอุณหภูมิจึงมีผลกระทบน้อย (ตารางที่ 11)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากดอกคำฝอยโดยใช้น้ำ เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่า สารละลายสีในสภาวะปกติจะมีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 7.78 เมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆ พบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1ซึ่งสูญเสียน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 5 มี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วน % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 12)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติ มีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 3.6 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆจะพบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อน พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 3 มี % การสูญเสียจากความร้อนน้อยที่สุด เนื่องจากความเป็นกรดด่างทำให้สีสูญเสียไปมากอุณหภูมิจึงมีผลกระทบน้อย (ตารางที่ 13)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบโดยใช้น้ำ เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่า สารละลายสีในสภาวะปกติจะมีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 2.53 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆ พบว่า ค่าการ

ดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1 และ 3 ซึ่งสูญเสียมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 5 มี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ส่วน % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq .05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3และ 11 (ตารางที่ 14)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากบีทรูทโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 60 % เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติ มีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 8.28 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับทุกค่าความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆจะพบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อน พบว่า ที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1 มี % การสูญเสียจากความร้อนน้อยที่สุด เนื่องจากความเป็นกรดด่างทำให้สีสูญเสียไปมากอุณหภูมิจึงมีผลกระทบน้อย (ตารางที่ 15)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากบีทรูทโดยใช้น้ำ เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติจะมีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 7.36 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆจะพบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นที่ความเป็นกรด ด่าง เท่ากับ 7 และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1 มี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุด ส่วน % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ที่ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 9 จะมี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุดเนื่องจากความเป็นอุณหภูมิทำให้สีสูญเสียไปมากความเป็นกรดด่างจึงมีผลกระทบน้อย (ตารางที่ 16)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากอัญชันโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่า สารละลายสีในสภาวะปกติ มีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 8 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ทุกค่าความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆ พบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq .05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 11 ซึ่งสูญเสียน้อย

ที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อน พบว่า ที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 11 มี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุดเนื่องจากความเป็นอุณหภูมิทำให้สีสูญเสียไปมากความเป็นกรดด่างจึงมีผลกระทบน้อย (ตารางที่ 17)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากอัญชันโดยใช้น้ำ เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติจะมีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 6.2 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ความเป็นกรดด่างระดับอื่นๆ จะพบว่า ค่าการดูดกลืนแสง และ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบ % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 1 มี % การสูญเสียจากความร้อนน้อยที่สุด ส่วน % การสูญเสียจากความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 18)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากใบเตยโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 % เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติ มีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 7.56 และเมื่อมีการปรับความเป็นกรดด่าง พบว่าที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 1 และที่ความเป็นกรดด่างปกติ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 434 นาโนเมตรและ % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากค่าการดูดกลืนแสงที่ 664 และเมื่อมีการให้ความร้อน พบว่าที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 434 และ664 ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 1และ7.56 มี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุด ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

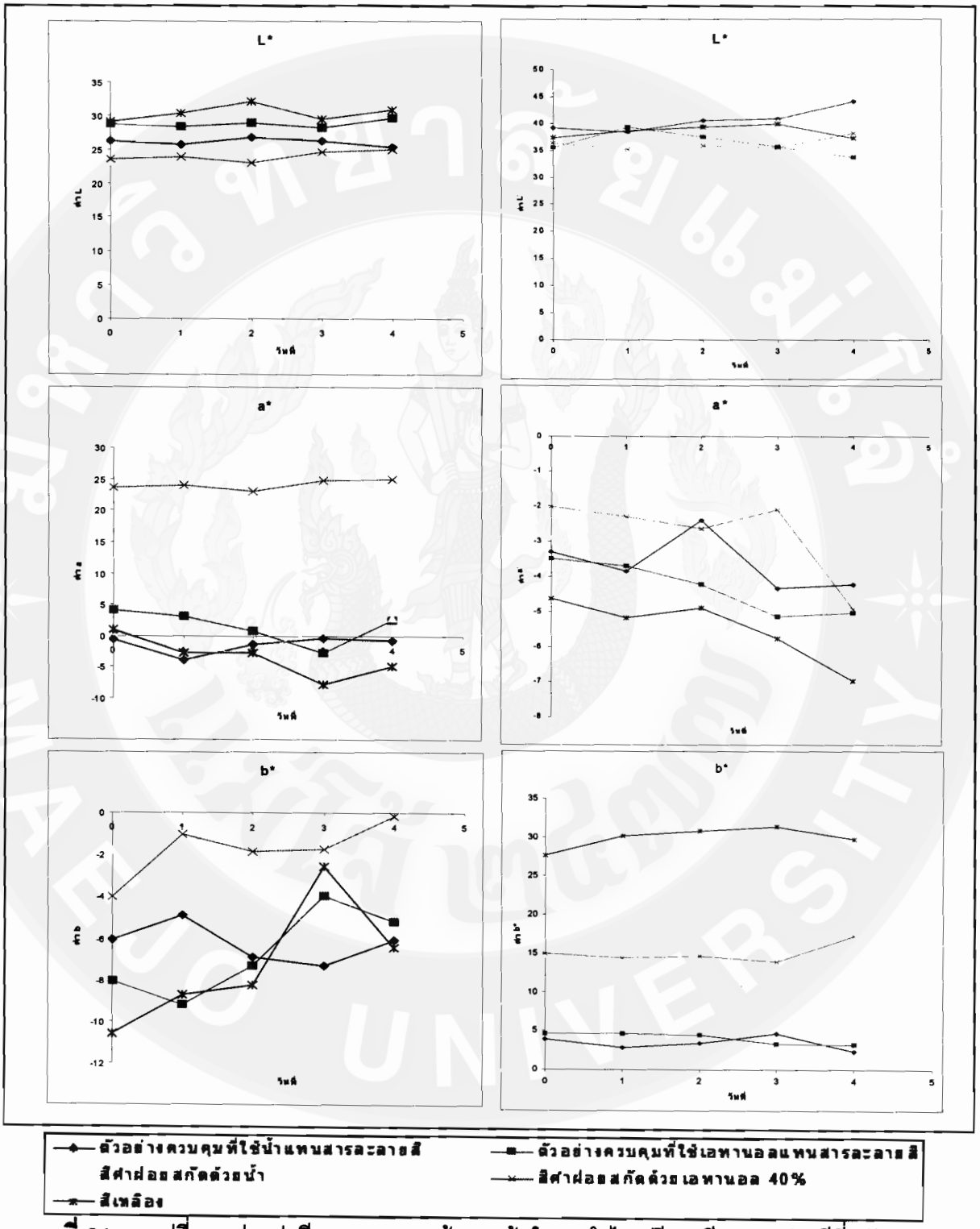
เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากใบเตยโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 95 % เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติ มีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 7.6 และเมื่อมีการปรับความเป็นกรดด่าง พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ 434 และ 664 นาโนเมตรของสารละลายที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ส่วน % การสูญเสียเนื่องจากความเป็นกรดด่างพบว่าที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 1 มีความแตกต่างจากที่ความเป็นกรดด่างอื่น และเมื่อมีการให้ความร้อน พบว่าที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 434 และ664 ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 1และ3 มี % การสูญเสียจากความร้อนมากที่สุด (ตารางที่ 20)

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากใบเตยโดยใช้น้ำ เป็นตัวทำละลายมาศึกษาผลของความเป็นกรดด่างและความร้อน พบว่าสารละลายสีในสภาวะปกติจะมีความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 7.23 และเมื่อมีการปรับความเป็นกรดด่างแล้วค่าการดูดกลืนที่ 434 และ 664 นาโนเมตรของสารละลายที่ความเป็นกรดด่างระดับต่างๆไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วน % การสูญเสียจากความเป็นกรด ด่างและความร้อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 21)

4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์

ทดลองนำเอาสารละลายสีธรรมชาติที่สกัดได้มาใช้ในผลิตภัณฑ์จากลำไย โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไยมาศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ลงในวุ้น เริ่มจากการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสีจากธรรมชาติจากการทดลองก่อนหน้า แล้วเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสมเท่ากับสารละลายสีที่สกัดจากธรรมชาติ รายละเอียดวิธีการเตรียม แสดงในภาคผนวก ก เมื่อได้สารละลายสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ที่มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากันแล้ว จึงนำมาทดลองใส่ในวุ้นและวุ้นในลูกลำไย ได้ผลการทดลองดังนี้

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงของสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ของวุ้น และวุ้นในลูกลำไยในระหว่างการเก็บรักษา

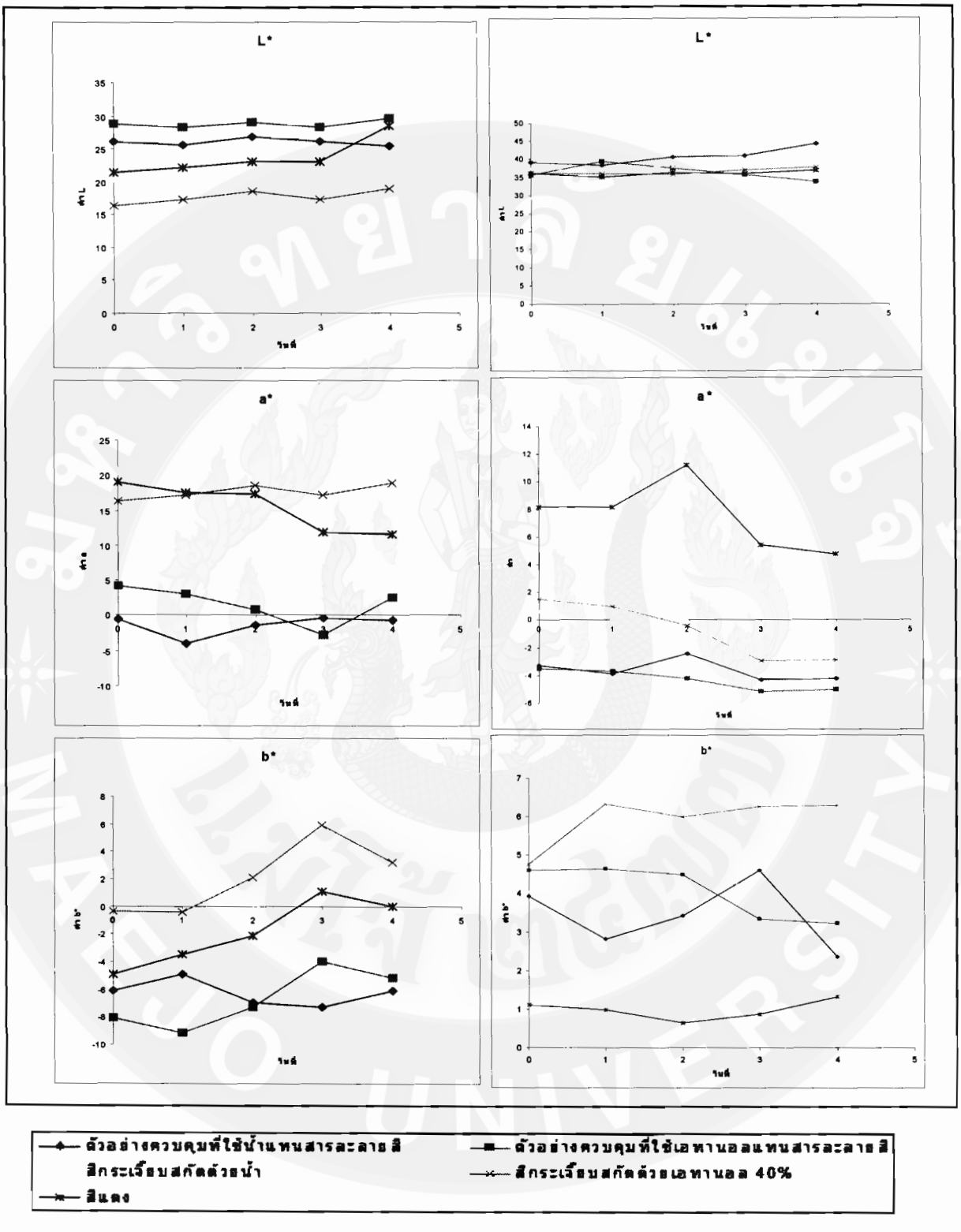


ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากดอกคำฝอยและสีสังเคราะห์

จากภาพที่ 31 เมื่อพิจารณาค่า L* และ a* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีที่สกัดจากดอกคำฝอยแล้วพบว่า ไม่มีความแตกต่างหรือแนวโน้มที่สามารถจะวิเคราะห์ได้ เนื่องจากดอกคำฝอยมีสีเหลือง ค่าดังกล่าวจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีที่สกัดจากดอกคำฝอยได้ ดังนั้นจึงใช้ค่า b* ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากดอกคำฝอยโดยใช้เอทานอล 40% และน้ำเป็นตัวทำละลายใส่ลงในวุ้นและวุ้นในลูกลำไย แล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* เปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่า b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้สีธรรมชาติกับสีสังเคราะห์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากเม็ดสีในดอกคำฝอยเป็นเม็ดสีประเภท Carthamin ซึ่งเป็นสารพวก Flavonoids ที่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน (พเยาว์, 2525) จึงคาดว่าเม็ดสีดังกล่าวจะมีโครงสร้างที่แข็งแรงและทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาได้

เมื่อพิจารณาด้านความเข้มสีพบว่า สีสังเคราะห์ของวุ้นในลูกลำไยมีความเข้มของสีเหลืองมากที่สุด (มีค่า b* มากที่สุด) เนื่องจากมีความบริสุทธิ์ของเม็ดสีมากกว่า (มีเพียง Sunset Yellow FCF เพียงอย่างเดียว) ส่วนสีจากดอกคำฝอยที่สกัดด้วยน้ำมีความเข้มสีรองลงมาเนื่องจากสีจากดอกคำฝอยละลายได้ดีในน้ำ (ดวงพร, 2526) แต่มีความบริสุทธิ์ของเม็ดสีน้อยเพราะมีทั้ง carthamin และ crocin (พเยาว์, 2525) ซึ่งให้ทั้งสีแดงและสีเหลือง ทำให้ค่า b* น้อยกว่าสีสังเคราะห์ และ สีเหลืองจากดอกคำฝอยที่สกัดด้วยเอทานอล 40% มีค่า b* น้อยที่สุดเนื่องจากมีส่วนผสมของเอทานอลในตัวทำละลายทำให้สกัดเม็ดสีได้น้อยลง

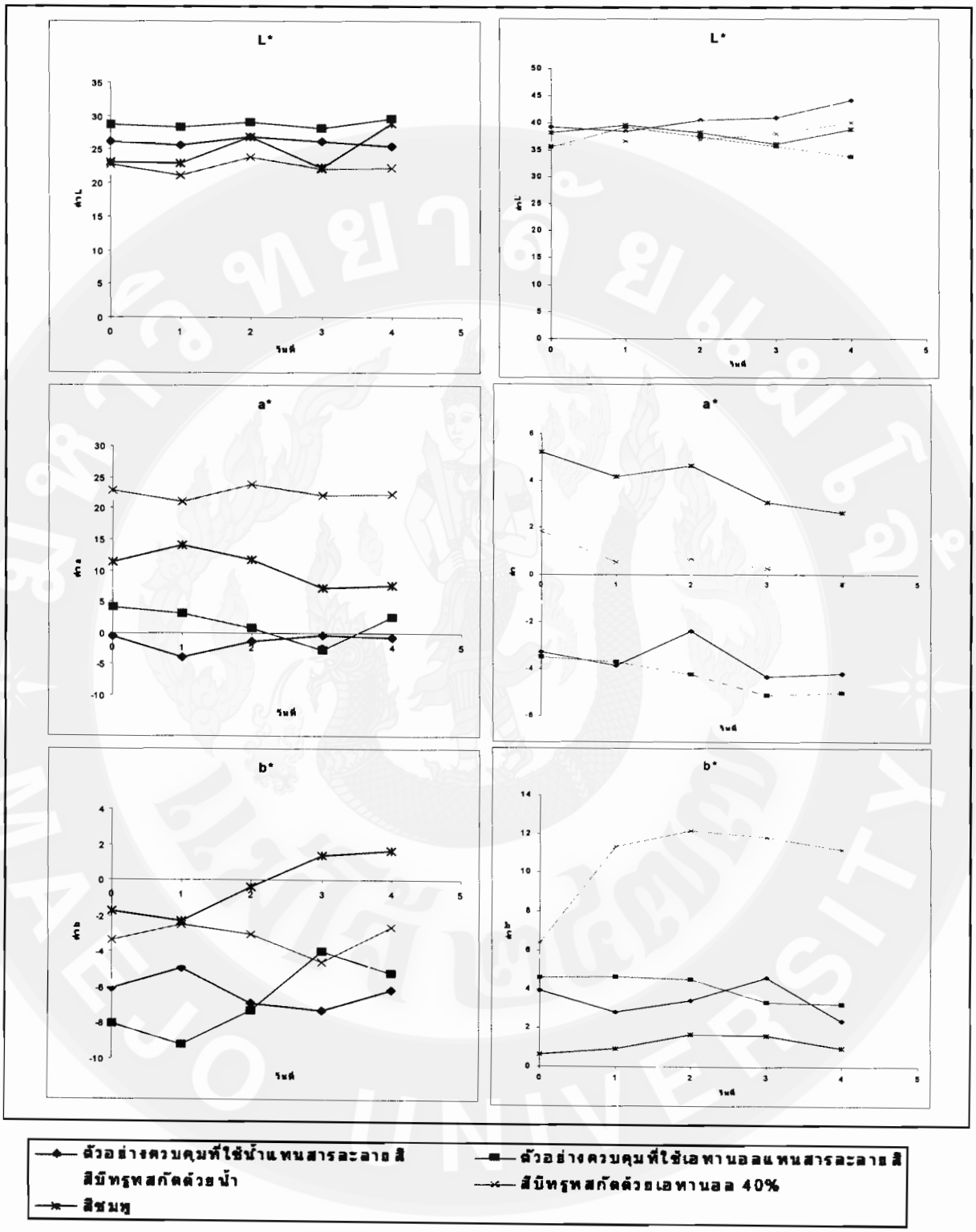


ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์

จากภาพที่ 32 เมื่อพิจารณาค่า L* และ b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีที่สกัดจากดอกกระเจี๊ยบแล้วพบว่า ไม่มีความแตกต่างหรือแนวโน้มที่สามารถจะวิเคราะห์ได้ เนื่องจากดอกกระเจี๊ยบมีสีแดง ค่าดังกล่าวจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบได้ ดังนั้นจึงใช้ค่า a* ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีดอกกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากดอกกระเจี๊ยบโดยใช้เอทานอล 40 % และน้ำเป็นตัวทำละลายใส่ลงในวุ้นและวุ้นในลูกลำไย แล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* เปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ พบว่าค่า a* ของวุ้นที่ใส่สีธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเล็กน้อย แต่ค่า a* ของวุ้นที่ใส่สีสังเคราะห์มีค่าที่เป็นลบมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจเป็นสาเหตุอันเนื่องมาจากสีสังเคราะห์ที่นำมาเปรียบเทียบนั้นเป็นสีสังเคราะห์ประเภท Erythrosine ซึ่งเป็นสีประเภทเกลือโซเดียมที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมาก เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นวุ้นมีการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างมากขึ้น จึงทำให้ Erythrosine ที่อยู่ในโครงสร้างของวุ้นละลายออกมาด้วยสังเกตุได้จากน้ำที่ syneresis ออกมามีสีแดงจึงทำให้ค่าความเป็นสีแดงของวุ้นสีสังเคราะห์มีค่าลดลง (ดวงพร, 2526)

เมื่อพิจารณาวุ้นในลูกลำไย พบว่าค่า a* ของวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์มีการลดลงเช่นเดียวกันเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แต่การใช้สีธรรมชาติจะทำให้สูญเสียความเข้มของสีในลูกลำไยมากกว่าการใช้สีสังเคราะห์ อาจเนื่องจากสีธรรมชาติมีความคงตัวน้อยกว่าสีสังเคราะห์

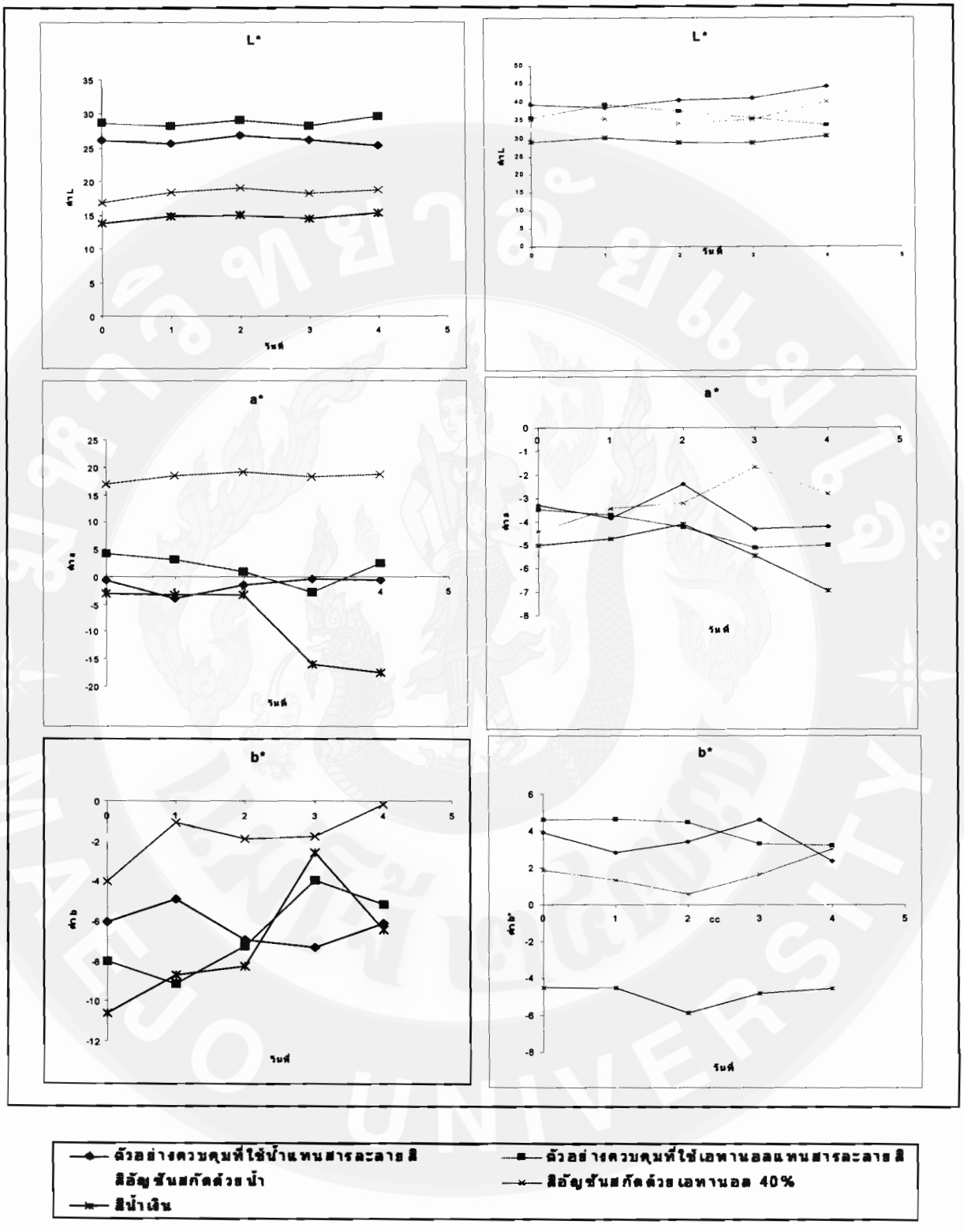


ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์

จากภาพที่ 33 เมื่อพิจารณาค่า L* และ b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีที่สกัดจากบีทรูทแล้วพบว่า ไม่มีความแตกต่างหรือแนวโน้มที่สามารถจะวิเคราะห์ได้ เนื่องจากบีทรูทมีสีแดง ค่าดังกล่าวจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีที่สกัดจากบีทรูทได้ ดังนั้นจึงใช้ค่า a* ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีบีทรูทในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากบีทรูทโดยใช้เอทานอล 60% และน้ำเป็นตัวทำละลายใส่ลงในวุ้นและวุ้นในลูกลำไย แล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* เปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ พบว่าค่า a* ของวุ้นที่ใส่สีธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเล็กน้อย แต่ค่า a* ของวุ้นที่ใส่สีสังเคราะห์มีค่าที่เป็นลบมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจเป็นสาเหตุอันเนื่องมาจากสีสังเคราะห์ที่นำมาเปรียบเทียบนั้นเป็นสีสังเคราะห์ประเภท Erythrosine ซึ่งเป็นสีประเภทเกลือโซเดียมที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมาก เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นวุ้นจำมีการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างมากขึ้น ทำให้ Erythrosine ที่อยู่ในโครงสร้างของวุ้นละลายออกมาด้วย สังเกตุได้จากน้ำที่ syneresis ออกมามีสีแดงจึงทำให้ค่าความเป็นสีแดงของวุ้นสีสังเคราะห์มีค่าลดลง (ดวงพร, 2526)

เมื่อพิจารณาวุ้นในลูกลำไย พบว่าค่า a* ของวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์มีการลดลงเช่นเดียวกันเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แต่การใช้สีธรรมชาติจะทำให้สูญเสียความเข้มของสีในลูกลำไยมากกว่าการใช้สีสังเคราะห์ อาจเนื่องจากสีธรรมชาติมีความคงตัวน้อยกว่าสีสังเคราะห์

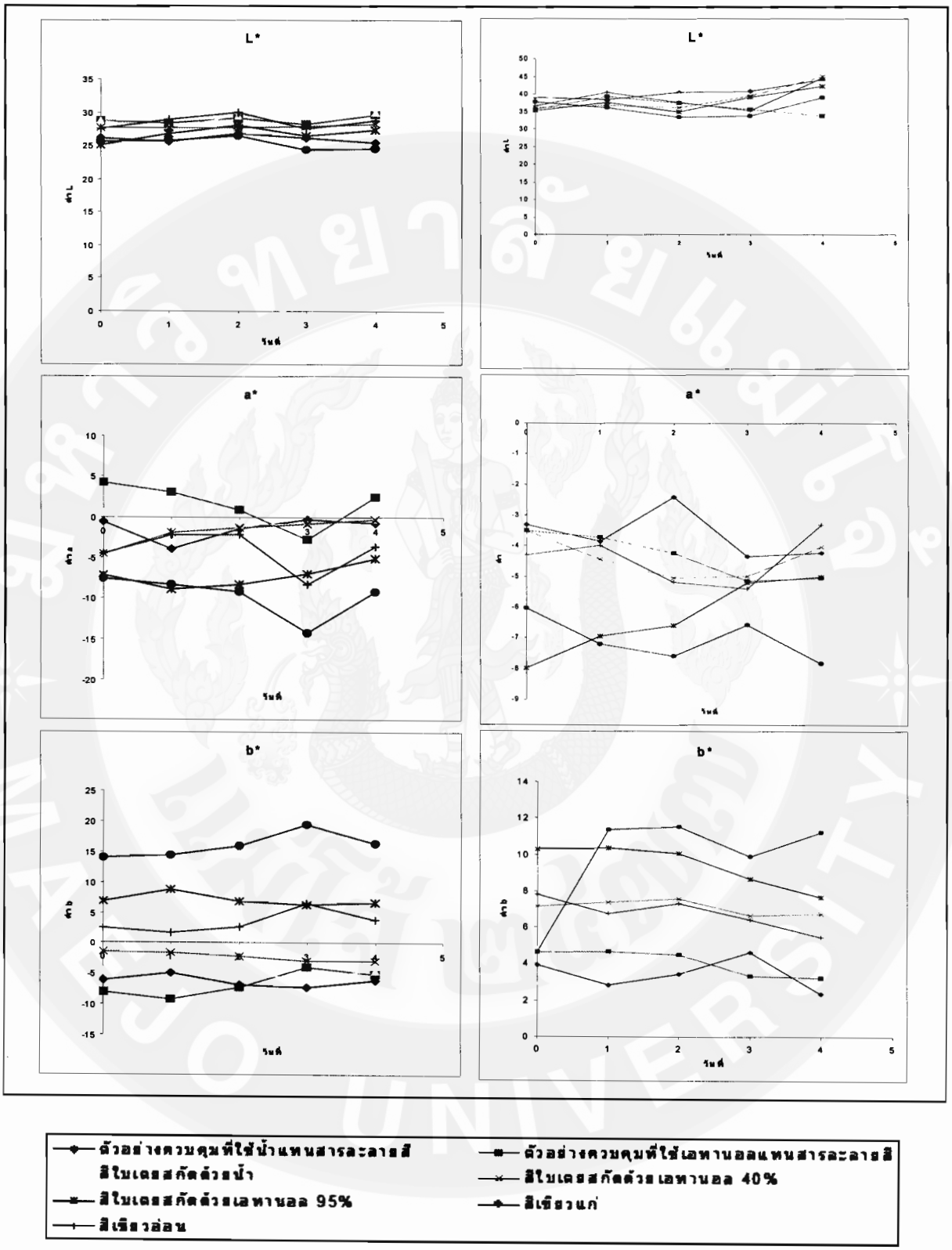


ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์

จากภาพที่ 34 เมื่อพิจารณาค่า L* และ a* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีที่สกัดจากอัญชันแล้วพบว่า ไม่มีความแตกต่างหรือแนวโน้มที่สามารถจะวิเคราะห์ได้ เนื่องจากดอกอัญชันมีสีน้ำเงิน ค่าดังกล่าวจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีที่สกัดจากอัญชันได้ ดังนั้นจึงใช้ค่า b* ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีอัญชันในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากดอกอัญชันโดยใช้เอทานอล 40% และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* โดยใส่ลงในวุ้น และ วุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ พบว่าค่า b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยมีที่ใส่สีจากธรรมชาติค่าที่เป็นบวกมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุมาจากปริมาณกรดที่เกิดขึ้นจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียทำให้โครงสร้างเม็ดสีของอัญชันเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง หรืออาจเป็นสาเหตุจากการถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน (Hendry, 1996) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวุ้นและวุ้นในลูกลำไยสีสังเคราะห์พบว่าค่า b* มีค่าที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสีน้ำเงินของวุ้น และวุ้นในลูกลำไยใส่สีที่สกัดจากดอกอัญชันด้วยน้ำจะมีความเข้มของค่าสีดังกล่าวอยู่ในระดับที่สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล เนื่องจากเม็ดสีแอนโธไซยานินในดอกอัญชันเป็นเม็ดสีที่ละลายได้ดีในน้ำ



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์

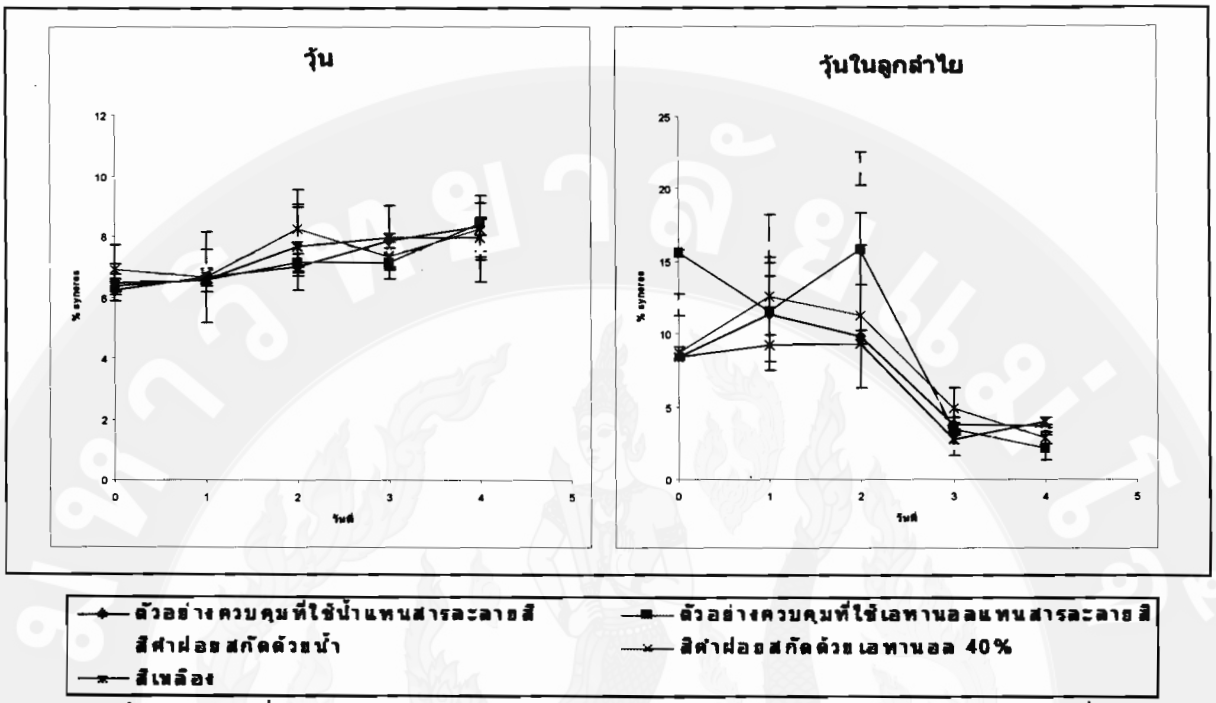
จากภาพที่ 35 เมื่อพิจารณาค่า L* และ b* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีที่สกัดจากใบเตยแล้วพบว่า ไม่มีความแตกต่างหรือแนวโน้มที่สามารถจะวิเคราะห์ได้ เนื่องจากใบเตยมีสีเขียว ค่าดังกล่าวจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีที่สกัดจากใบเตยได้ ดังนั้นจึงใช้ค่า a* ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีใบเตยในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากใบเตยโดยใช้เอทานอล 40, 95% และน้ำเป็นตัวทำละลายมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* โดยใส่ลงในวุ้น และ วุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ พบว่าค่า a* ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยมีที่ใส่สีจากธรรมชาติค่าที่เป็นบวกมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุมาจากปริมาณกรดที่เกิดขึ้นจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียทำให้โครงสร้างเม็ดสีของใบเตยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นโครงสร้างที่ให้สีเขียวหม่นหรือสีเขียวมะกอก (Hendry, 1996) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวุ้นและวุ้นในลูกลำไยสีสังเคราะห์พบว่าค่า a* มีค่าที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา

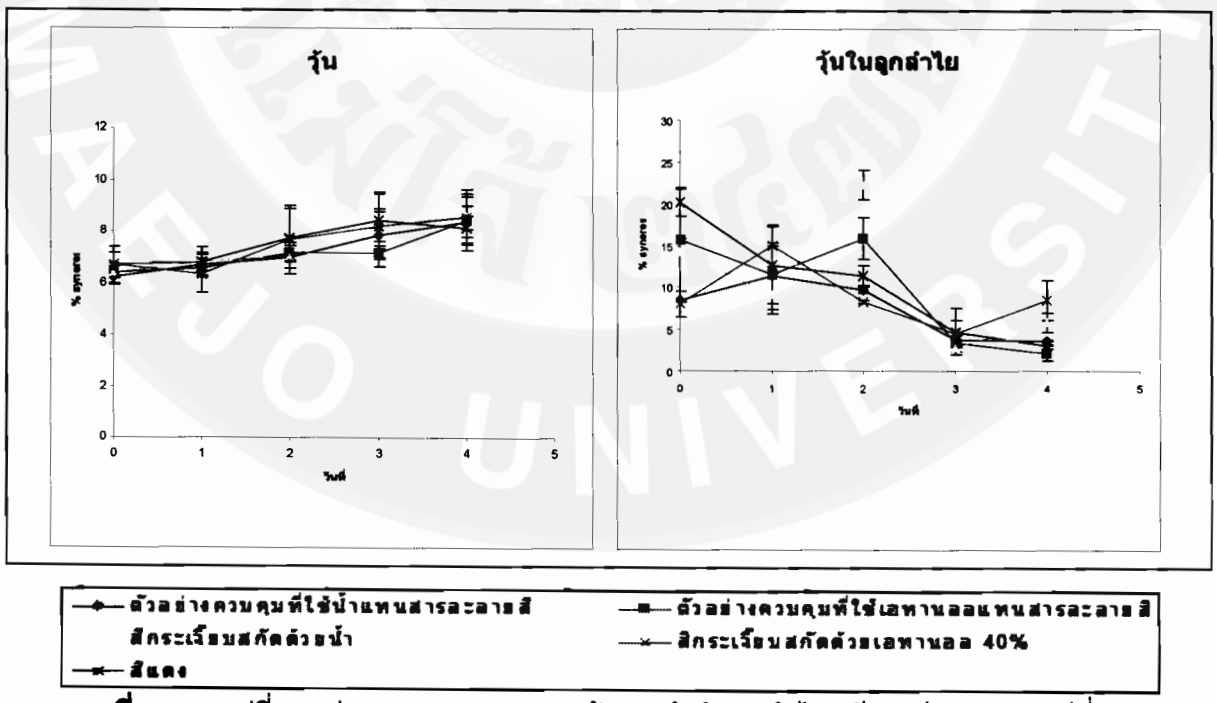
นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสีเขียวของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยใส่สีที่สกัดจากใบเตยด้วยเอทานอลจะมีความเข้มของค่าสีดังกล่าวอยู่ในระดับที่สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำเนื่องจากคลอโรฟิลล์ในใบเตยเป็นเม็ดสีที่ละลายได้ดีในเอทานอล

เนื่องจากการใส่สีที่สกัดจากธรรมชาตินั้นอาจทำให้ความคงตัวของเจลวุ้นและวุ้นลูกลำไยเปลี่ยนแปลง จึงได้มีการทดลองเปรียบเทียบความคงตัวของเจลวุ้นและวุ้นในลูกลำไยที่มีการใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยการวัด % syneresis ที่เกิดจากการสูญเสียน้ำจากโครงสร้างเจลของวุ้น

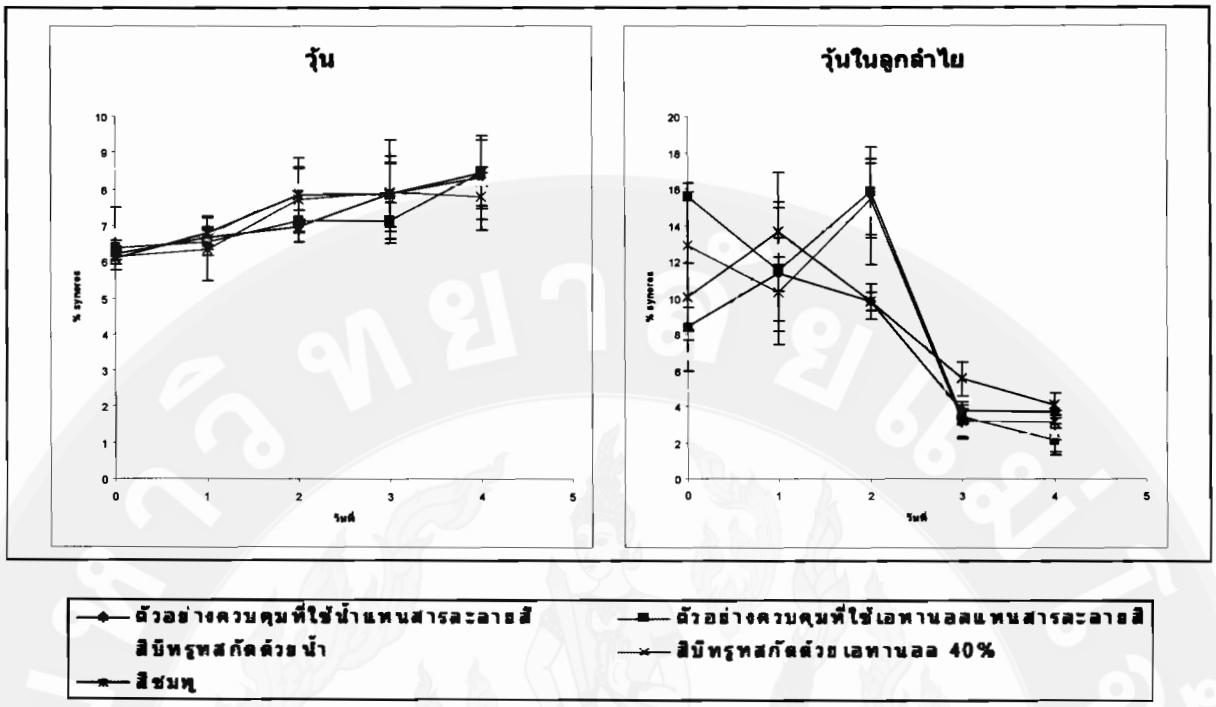
4.4.2 การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย



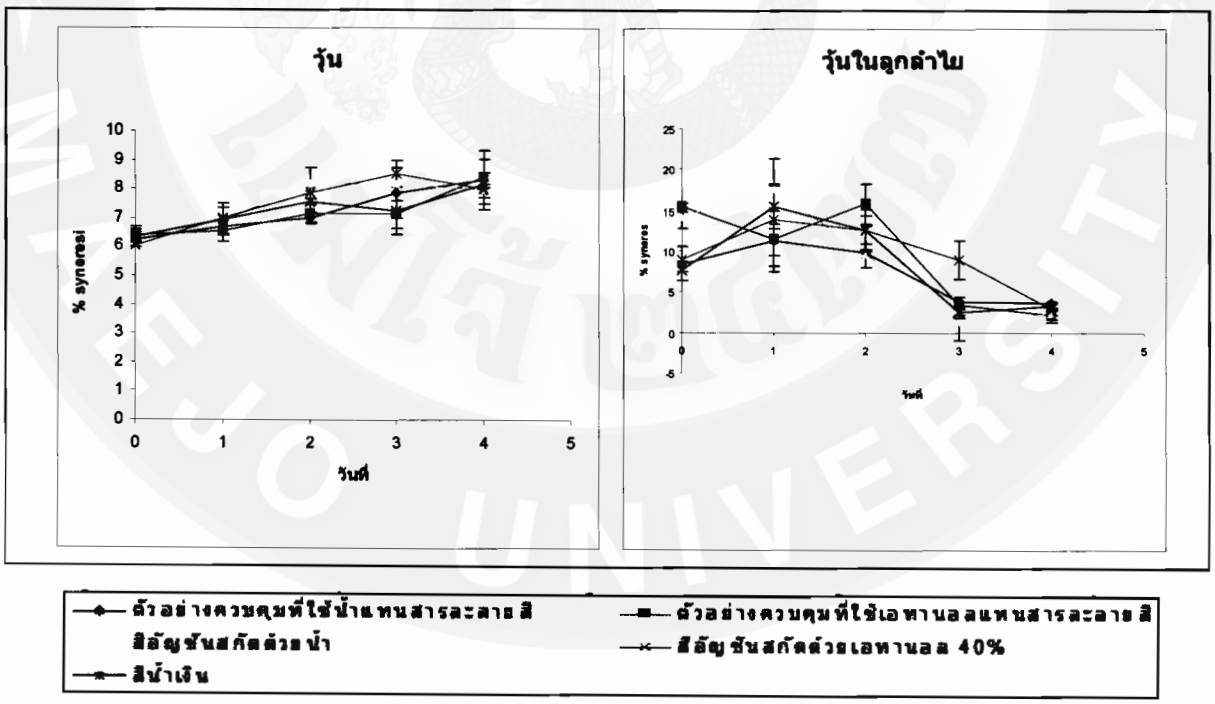
ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากดอกคำฝอยและสีสังเคราะห์



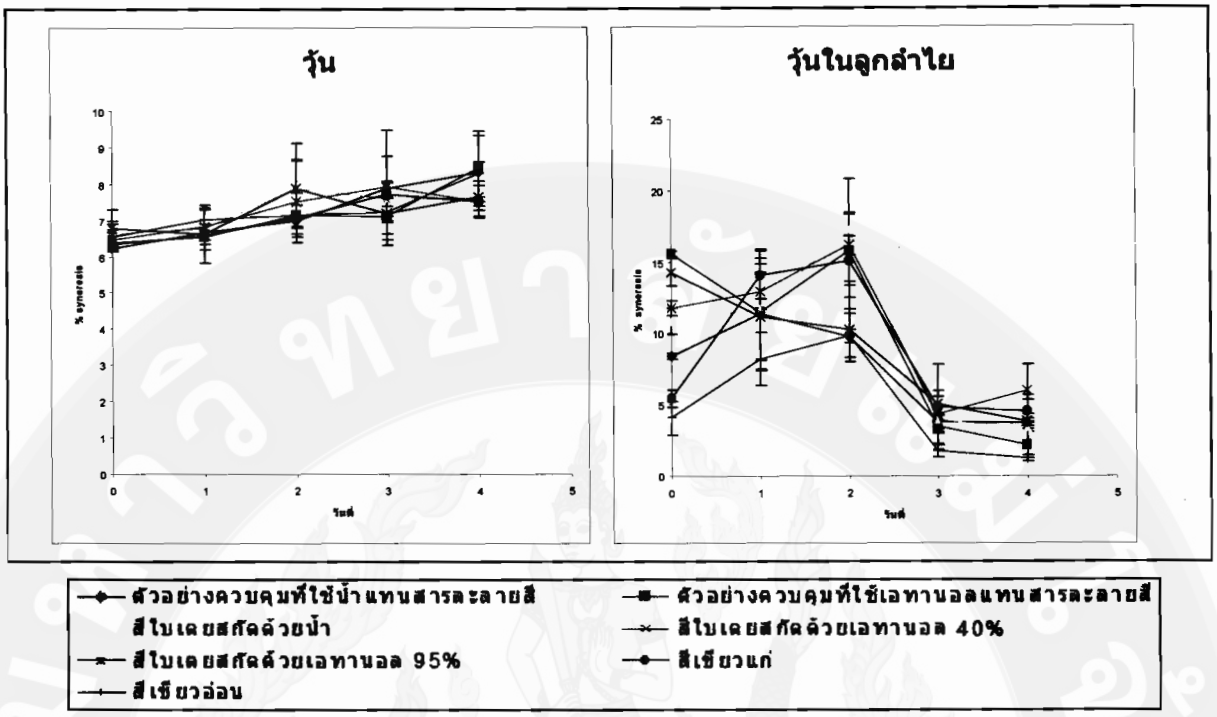
ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์



ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์

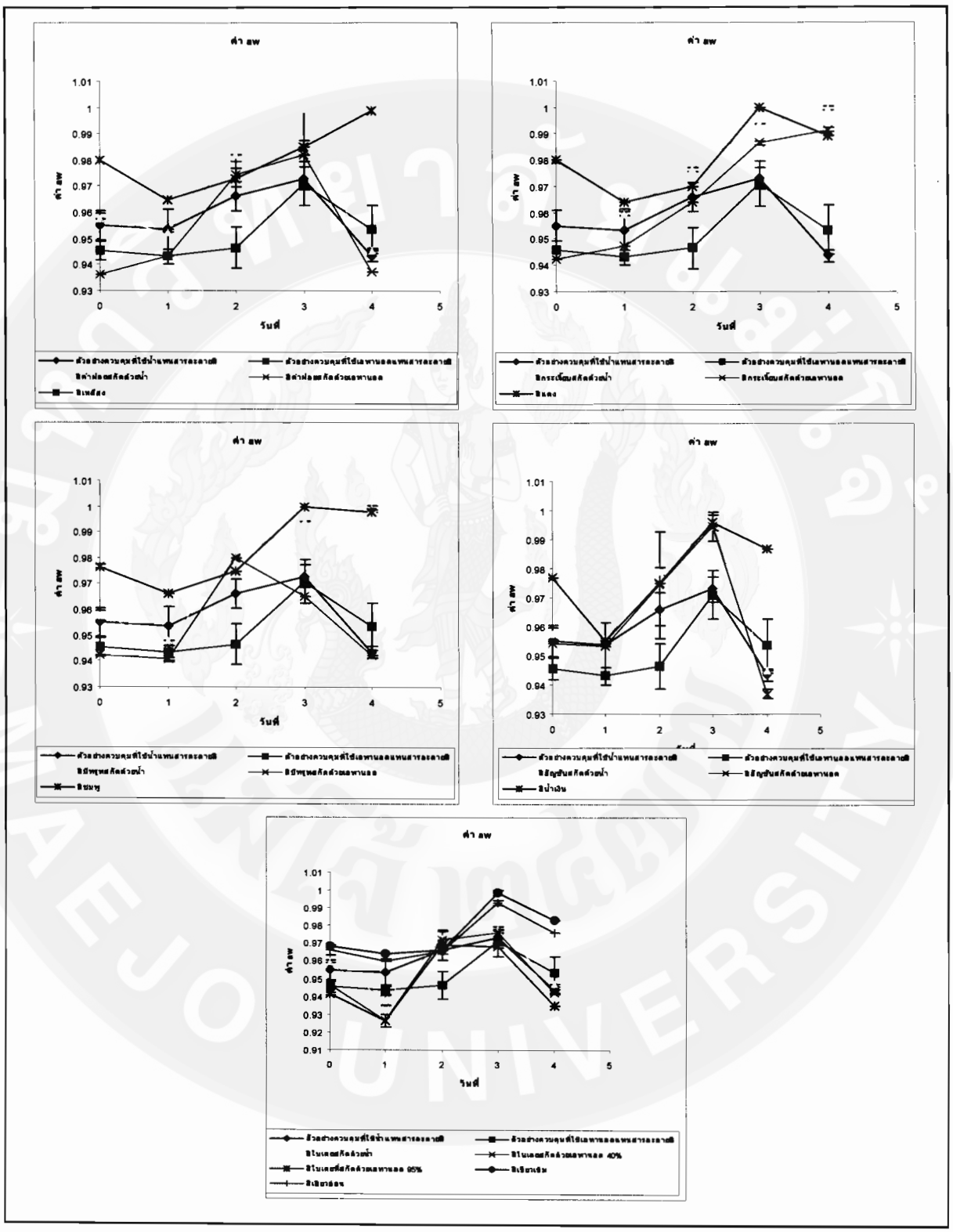
เมื่อศึกษาการเกิด syneresis ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำในโครงสร้างของอาหาร พบว่าการเกิด syneresis ของวุ้น control มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสื่อมของโครงสร้างวุ้นระหว่างการเก็บรักษา เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดจากธรรมชาติได้แก่ ดอกคำฝอย ดอกกระเจี๊ยบ บีทรูท ดอกอัญชันและใบเตย และสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้นพบว่า มีแนวโน้มการเกิด syneresis เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการ syneresis ของวุ้นเมื่อเทียบกับ control

แต่วุ้นในลูกลำไยทั้ง control และที่ใส่สีจะมี % syneresis เพิ่มขึ้นในช่วง 2 วันแรก หลังจากนั้นจะลดลงในวันต่อมาซึ่งอาจเป็นเพราะในช่วง 2 วันแรกวุ้นในลูกลำไยมีการสูญเสียน้ำจากวุ้นและเนื้อลำไย แต่เมื่อเวลาผ่านไปจากนั้นวุ้นในลูกลำไยเริ่มมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตก่อให้เกิดการเน่าเสียเพิ่มมากขึ้นและมีการสร้างเมือก ซึ่งเมือกที่เกิดขึ้นจะไปอุ้มน้ำไว้ ทำให้เมื่อนำวุ้นในลูกลำไยไปซับน้ำบนกระดาษกรองแล้วได้ % syneresis น้อยกว่าความเป็นจริง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง % syneresis ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์พบว่ามีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันแสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์มีผลทำให้วุ้นและวุ้นในลูกลำไยเกิดการ syneresis ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 36 -40)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

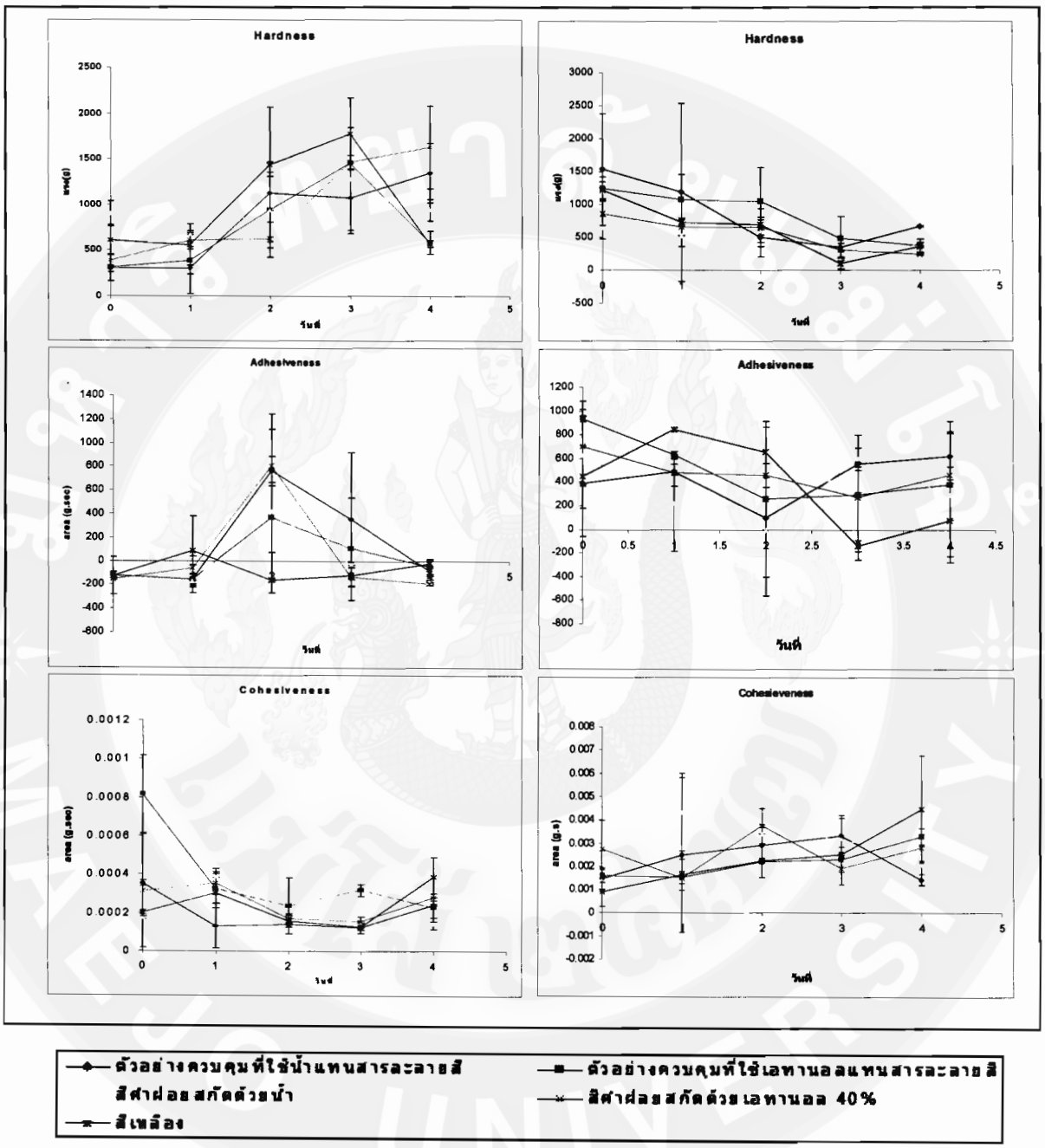
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของวุ้น



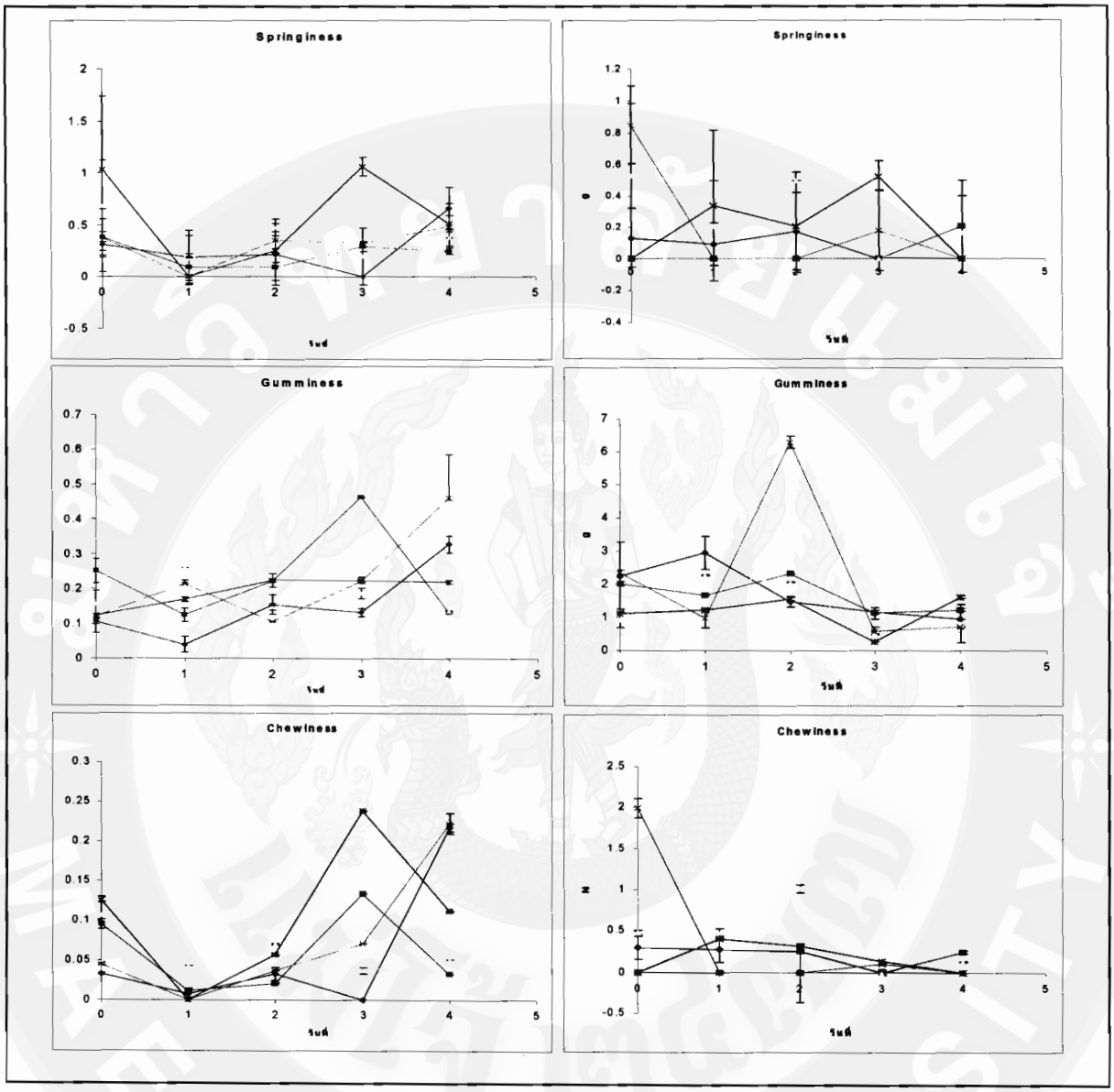
ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity **ของวุ้นเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์**

เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของวุ้นที่เป็น control พบว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองด้านการเกิด syneresis คือเมื่อเกิด syneresis เพิ่มขึ้นทำให้มีน้ำออกมาจากโครงสร้างของวุ้นมากขึ้นทำให้ค่า water activity ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระในอาหารของวุ้นเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากธรรมชาติและสีสังเคราะห์เติมลงในวุ้นพบว่าค่า water activity ของวุ้นที่ใส่สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์มีการเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเหมือนกับ control เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของวุ้น (ภาพที่ 41)

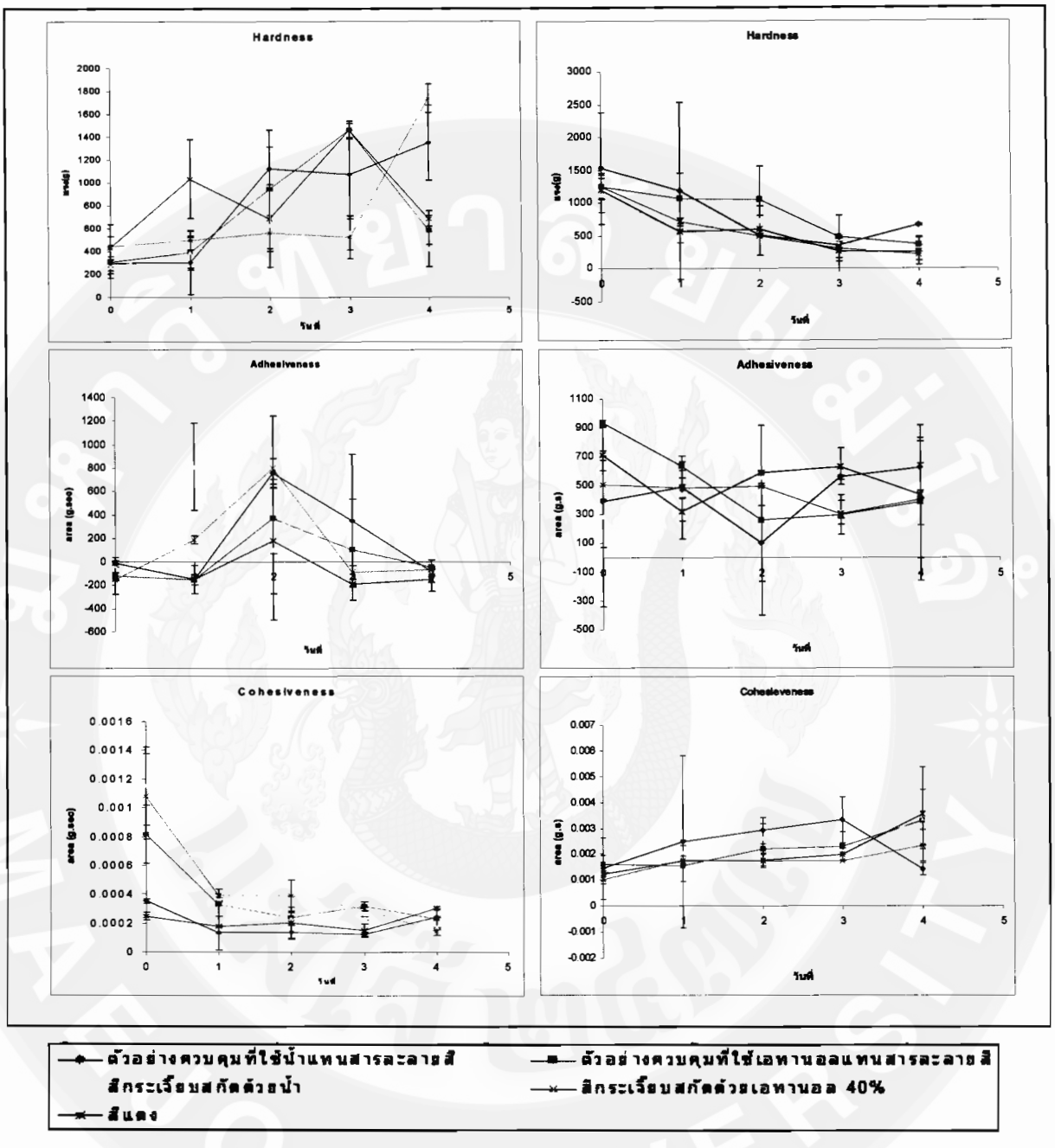
4.4.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย



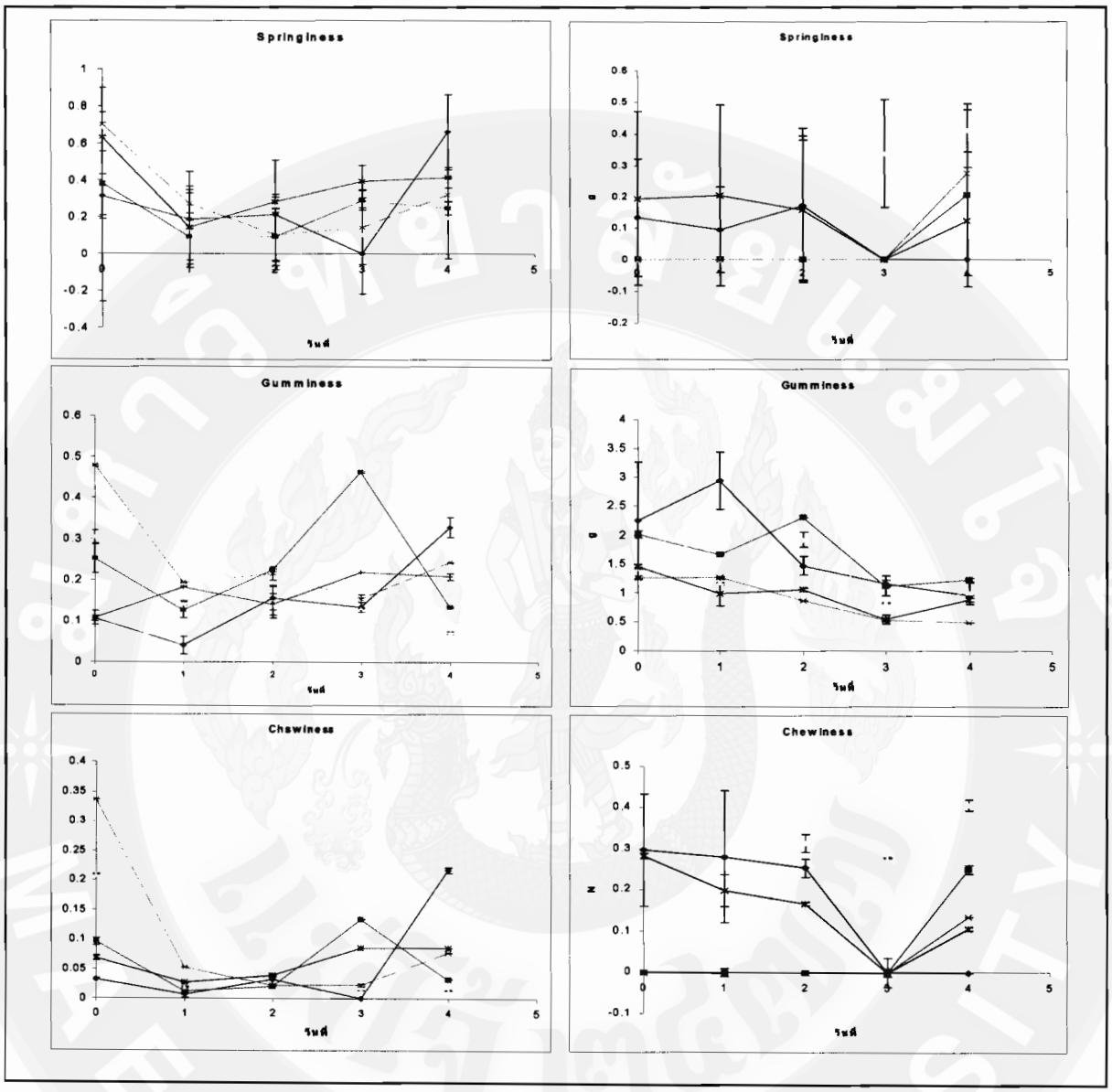
ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลง texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากคำฝอยและสีสังเคราะห์


Springiness
Springiness
Gumminess
Gumminess
Chewiness
Chewiness
วันที่
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้น้ำแทนสารละลายสีสีคำฝอยสกัดด้วยน้ำ
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้เอทานอลแทนสารละลายสีสีคำฝอยสกัดด้วยเอทานอล 40%
สีเหลือง

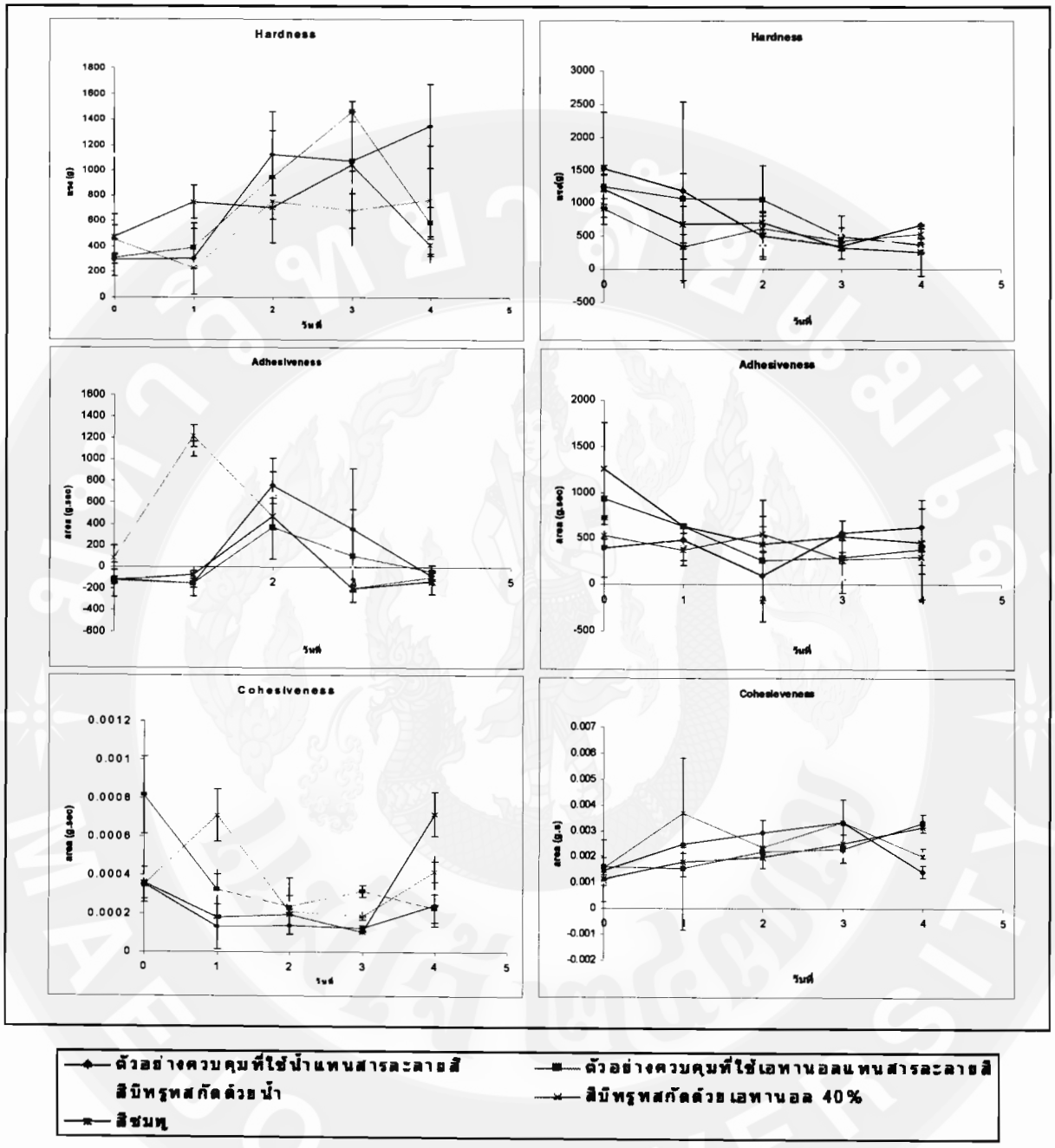
ภาพที่ 42 (ต่อ)



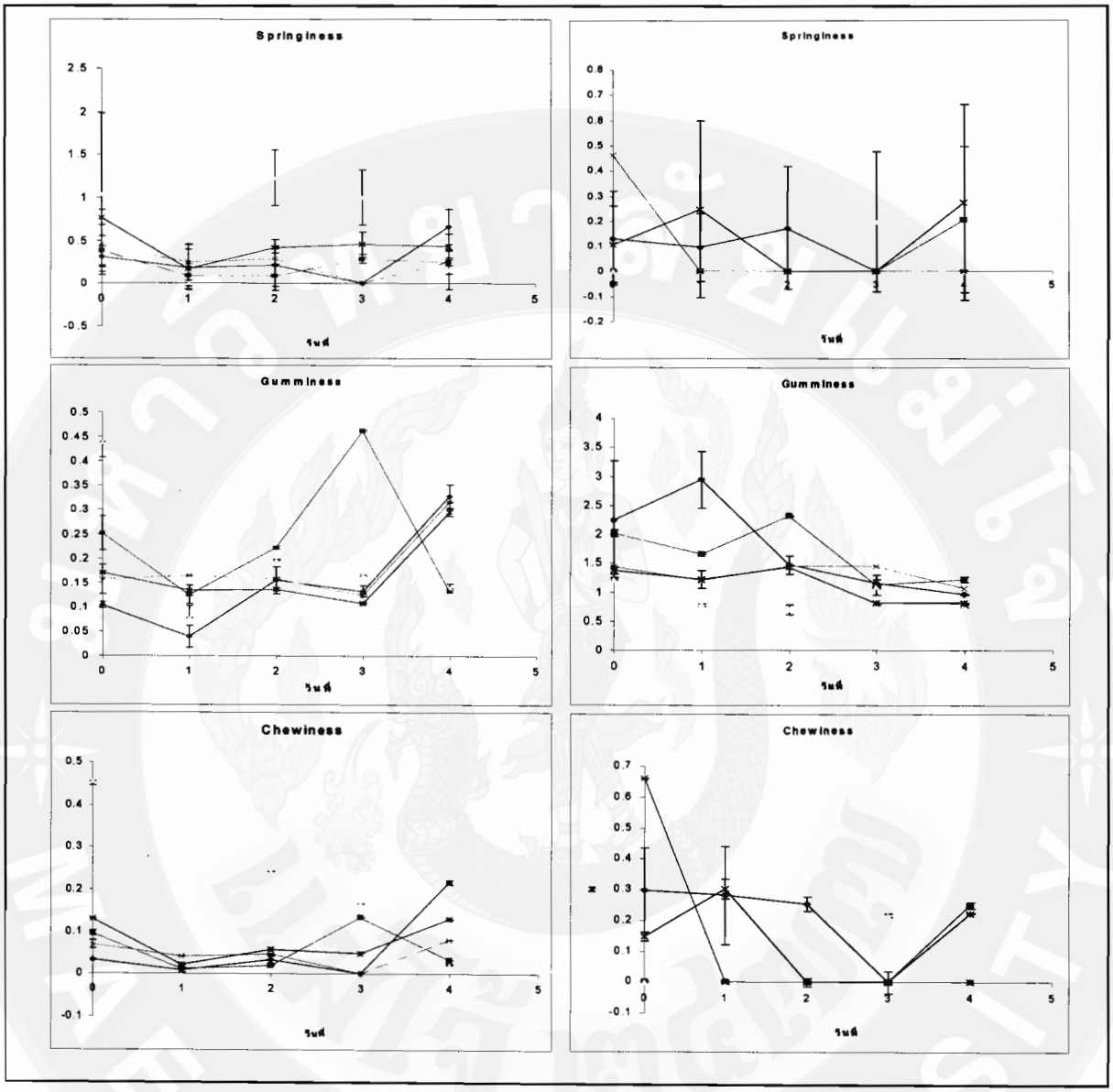
ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์


Springiness
Springiness
Gumminess
Gumminess
Chswiness
Chewiness
วินที่
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้น้ำแทนสารละลายสีสกัดระเจี๊ยบสกัดด้วยน้ำ
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้เอทานอลแทนสารละลายสีสกัดระเจี๊ยบสกัดด้วยเอทานอล 40%
สีแดง

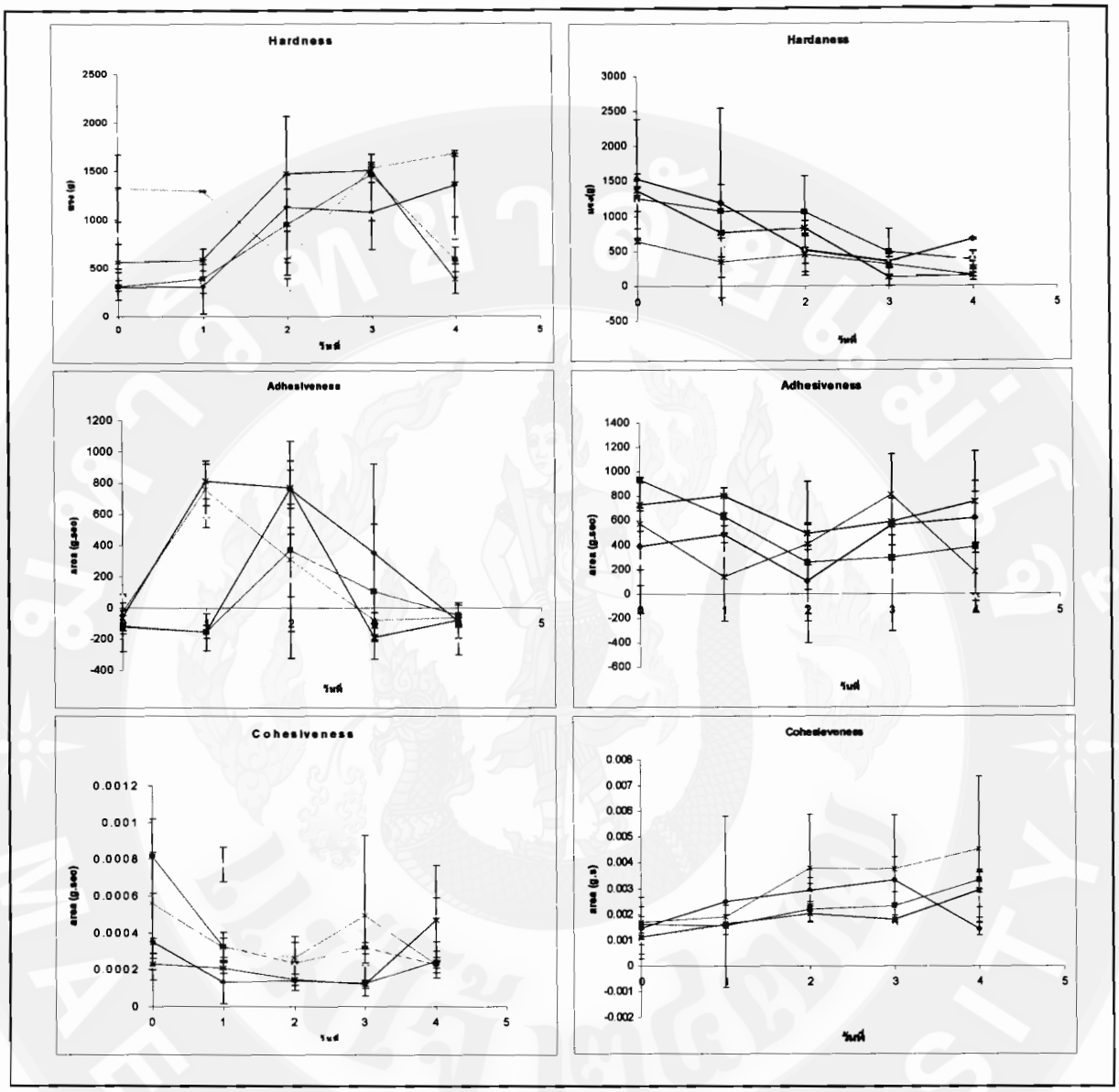
ภาพที่ 43 (ต่อ)



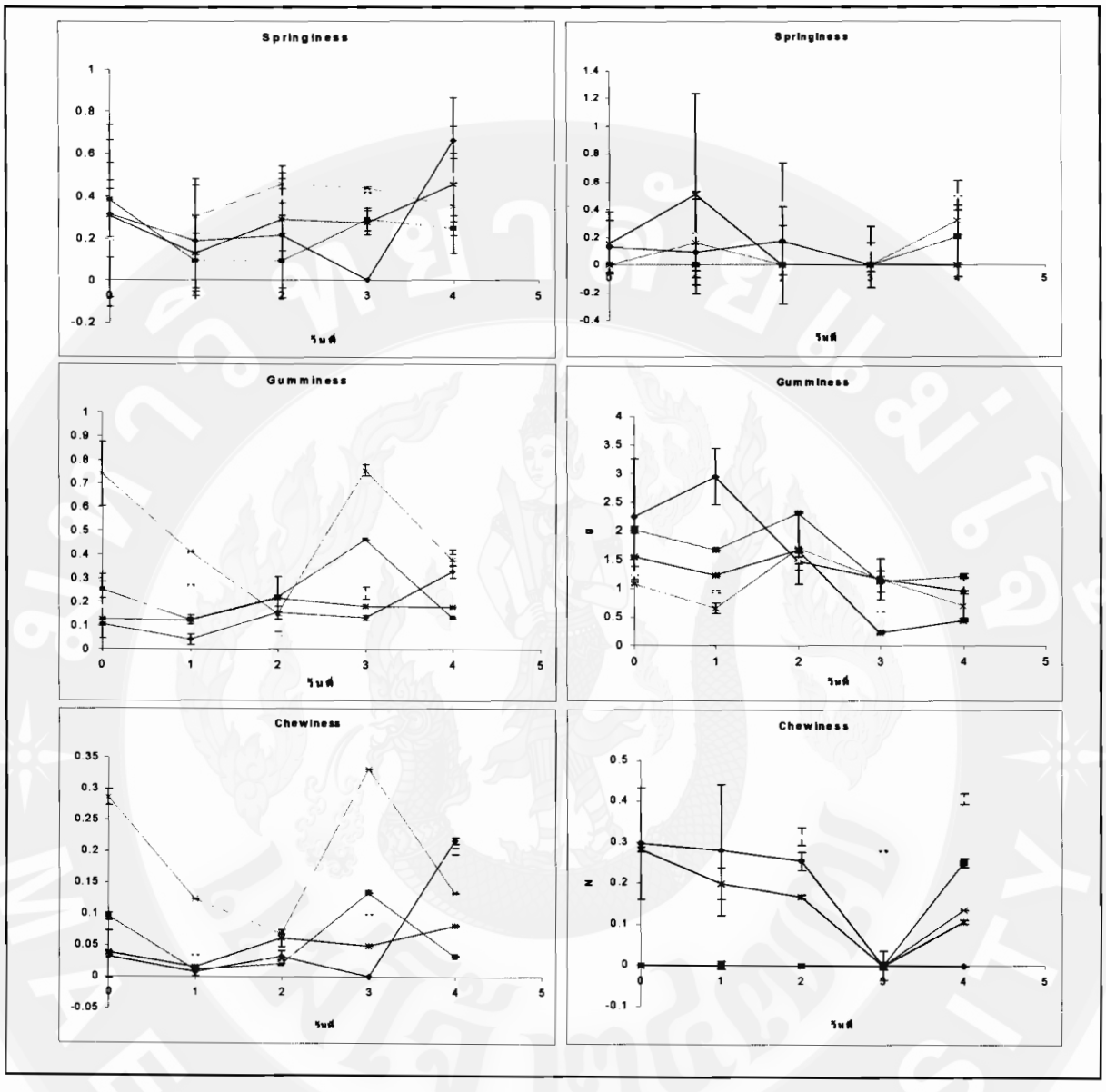
ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลง texture profile **ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์**


Springiness
Springiness
Gumminess
Gumminess
Chewiness
Chewiness
วันที่
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้น้ำแทนสารละลายสี
สิบิทรูทสกัดด้วยน้ำ
สิชมพู
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้เอทานอลแทนสารละลายสี
สิบิทรูทสกัดด้วยเอทานอล 40%

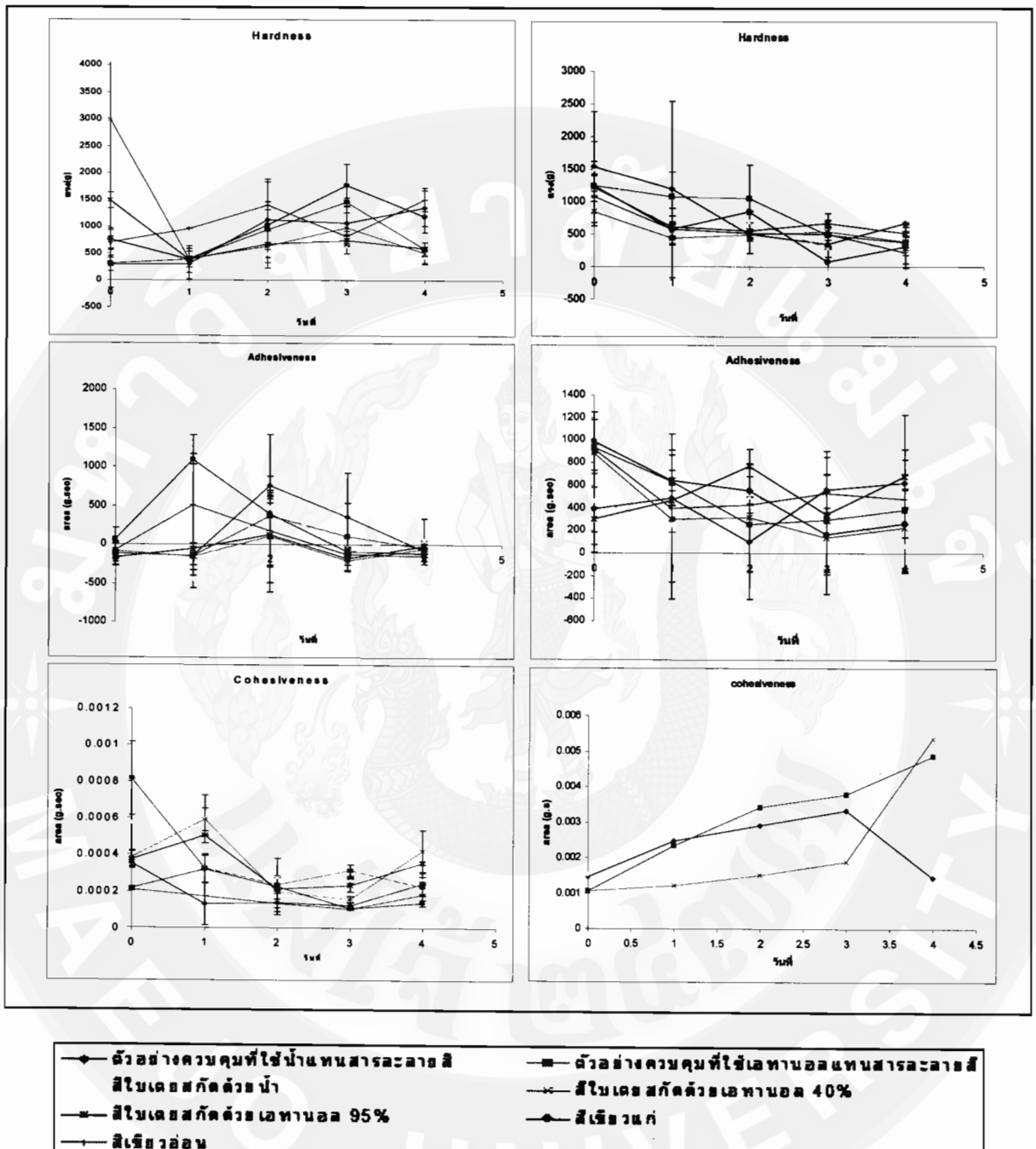
ภาพที่ 44 (ต่อ)



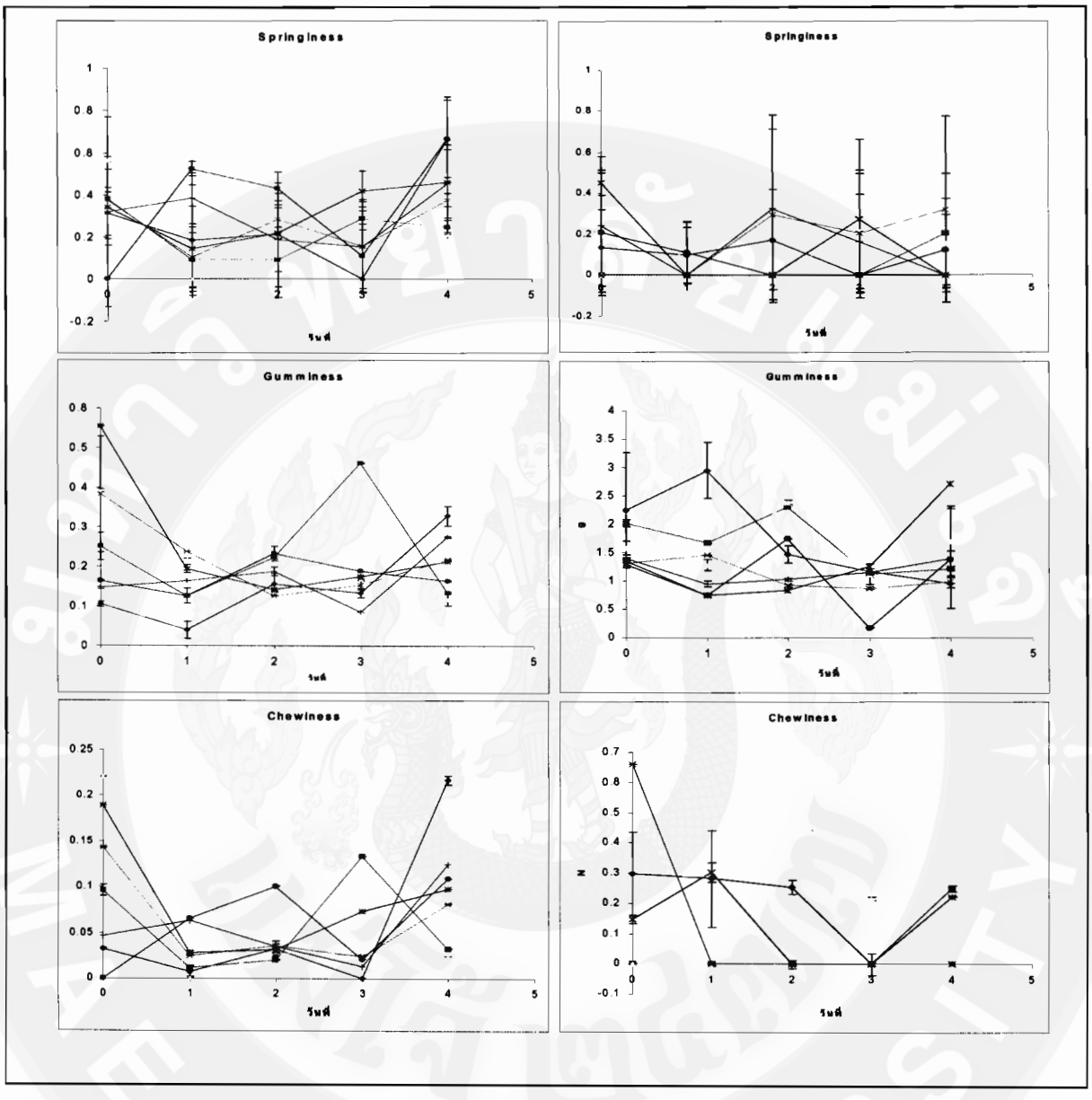
ภาพที่ 45 การเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์


Springiness
Springiness
Gumminess
Gumminess
Chewiness
Chewiness
วันที่
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้น้ำแทนสารละลายสี
สีอัญชันสกัดด้วยน้ำ
สีน้ำเงิน
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้เอทานอลแทนสารละลายสี
สีอัญชันสกัดด้วยเอทานอล 40%

ภาพที่ 45 (ต่อ)



ภาพที่ 46 การเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์


Springiness
Springiness
Gumminess
Gumminess
Chewiness
Chewiness
วันที่
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้น้ำแทนสารละลายสี
ตัวอย่างควบคุมที่ใช้เอทานอลแทนสารละลายสี
สีใบเตยสกัดด้วยน้ำ
สีใบเตยสกัดด้วยเอทานอล 40%
สีใบเตยสกัดด้วยเอทานอล 95%
สีเขียวแก่
สีเขียวอ่อน

ภาพที่ 46 (ต่อ)

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า texture profile ในภาพที่ 42 – 46 ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาของวุ้น control พบว่าค่า hardness ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงแรงที่กระทำต่ออาหารให้อาหารแตกหรือแยกออก มีค่ามากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้นพบว่าค่า hardness มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติ หรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสของวุ้นในลูกลำไย ในด้านความแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับ control โดยผลการทดลองที่เกิดขึ้นนั้นอาจเป็นผลมาจากวุ้นมีการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างเจลของวุ้น ทำให้ต้องใช้แรงมากในการทำให้วุ้นแตก และเมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า hardness ของวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองที่เกิดขึ้นนั้นอาจเป็นผลมาจากวุ้นและเนื้อลำไยมีการสูญเสียโครงสร้างที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ จึงทำให้เกิดการแพร่ของน้ำออกมา ประกอบกับภาชนะที่บรรจุนั้นเป็นระบบปิด จึงไม่มีการระบายน้ำออกระบบ น้ำที่สูญเสียออกมาจึงเจิ่งนองเนื้อลำไย ส่งผลให้วุ้นในลูกลำไยมีลักษณะนิ่ม ทำให้ความแข็งของวุ้นในลูกลำไยลดลง และเมื่อนำสารละลายสีธรรมชาติ และสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้นในลูกลำไยพบว่าค่า hardness มีแนวโน้มที่ลดลงเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า hardness ของวุ้นในลูกลำไย นอกจากนี้ค่า adhesiveness ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเกาะติดกันของอาหารกับผิวสัมผัสอื่น หรือแรงที่แยกอาหารออกมาเมื่อผิวอาหารไปเกาะติดกับเพดานปาก พบว่าให้ผลเหมือนกับค่า hardness ทั้งในวุ้น control ซึ่งมีแนวโน้มของค่า adhesiveness เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดสูญเสียน้ำ และวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control พบว่ามีค่า adhesiveness ลดลงอาจเนื่องมาจากวุ้นในลูกลำไยนิ่มเละทำให้แรงยึดเกาะของวุ้นในลูกลำไยลดลง ซึ่งเมื่อเติมสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์ในวุ้น และวุ้นในลูกลำไย พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับตัวอย่างควบคุม แสดงว่าสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า adhesiveness ของวุ้นในลูกลำไย

ค่า cohesiveness ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดสภาพยืดหยุ่น จากผลการทดลองพบว่าค่า cohesiveness ของวุ้นcontrol มีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้นพบว่าค่า cohesiveness มีแนวโน้มที่ลดลงเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยในด้าน

ความยืดหยุ่น โดยผลการทดลองที่เกิดขึ้นนั้นอาจเป็นผลมาจากวุ้นมีการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างเจลของวุ้น ทำให้สภาพยืดหยุ่นที่ดีนั้นสูญเสียไปเนื่องจากการขาดองค์ประกอบของน้ำ เพราะน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างความยืดหยุ่นของวุ้น ส่วนค่า cohesiveness ของวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีธรรมชาติ และสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้นในลูกลำไยพบว่า ค่า cohesiveness มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติส่งผลทางด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากการใส่สีสังเคราะห์ โดยผลการทดลองที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากวุ้นและเนื้อลำไยมีการสูญเสียโครงสร้างที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ จึงทำให้เกิดการแพร่ของน้ำออกมา ประกอบกับภาชนะที่บรรจุนั้นเป็นระบบปิด จึงไม่มีการระบายน้ำออกระบบ น้ำที่สูญเสียออกมาจึงเจิ่งนองเนื้อลำไย ส่งผลให้วุ้นในลูกลำไยมีลักษณะนิ่ม ทำให้วุ้นในลูกลำไยมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

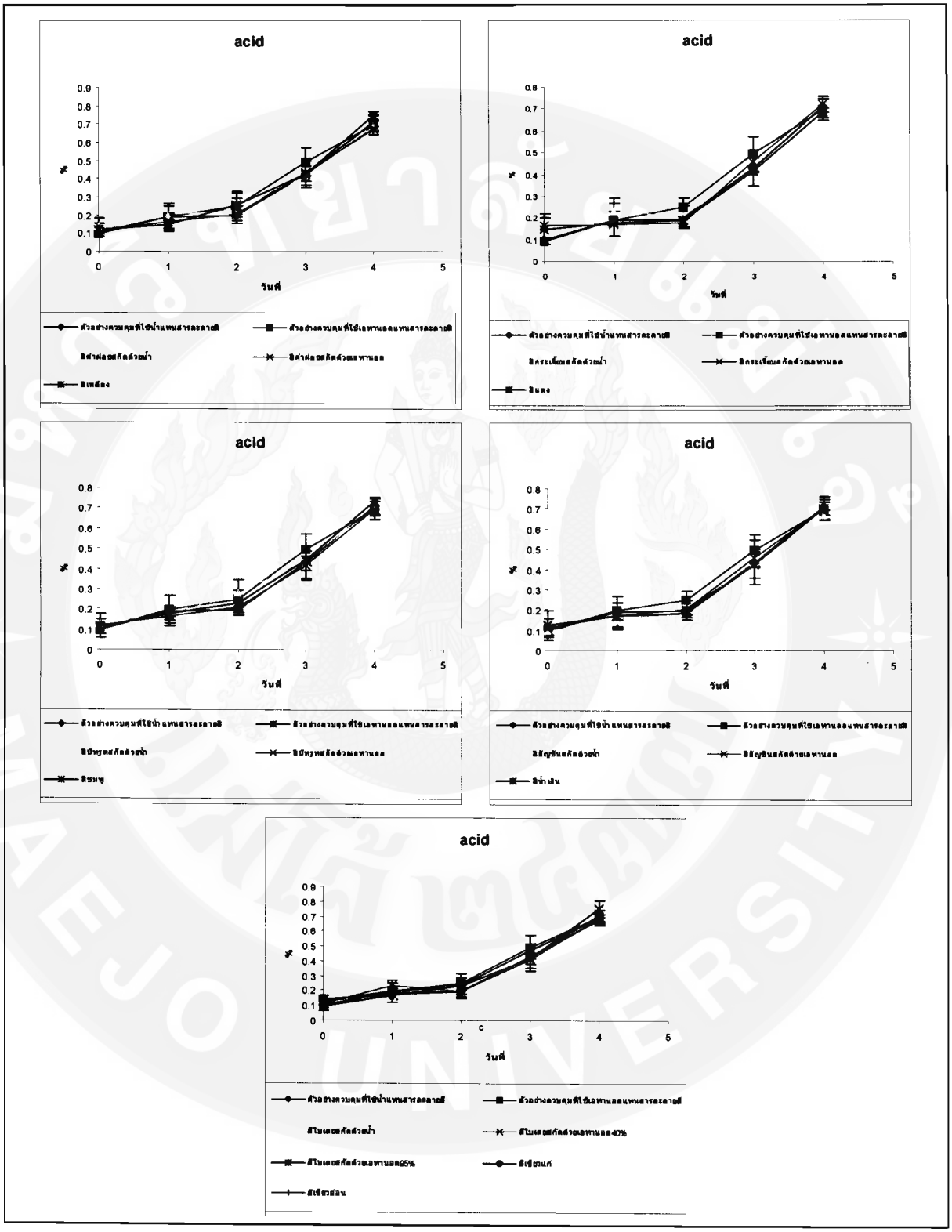
ค่า springiness หมายถึงความสามารถในการคืนกลับสภาพเดิมของอาหาร เมื่อศึกษาในวุ้นที่เป็น control พบว่าค่า springiness ของวุ้นมีแนวโน้มที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษาอาจเนื่องจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างวุ้น และการสูญเสียน้ำของวุ้น ทำให้ความสามารถในการคืนสภาพของวุ้นลดลง เมื่อเติมสีที่สกัดจากธรรมชาติ และสีสังเคราะห์พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน แสดงว่าการใช้สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ในวุ้นไม่มีผลต่อค่า springiness และเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง springiness ในวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control พบว่ามีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างของวุ้นและลำไยเสียสภาพจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเกิด syneresis ซึ่งเมื่อเติมสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับวุ้นลูกลำไยที่เป็น control แสดงว่าสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า springiness ของวุ้นในลูกลำไย

ค่า gumminess เป็นค่าที่แสดงถึงสภาพที่อาหารกึ่งของแข็งแตกตัวออกจนถึงสภาพที่กลืนได้ ค่า gumminess ที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่า hardness ที่เพิ่มขึ้นและ ค่า cohesiveness (stable micro system, 2007) ที่ลดลง เมื่อพิจารณาวุ้นที่ไม่ใส่สีพบว่าค่า gumminess มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาผ่านไป และเมื่อเติมสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับวุ้นที่ไม่ได้ใส่สี แสดงว่าสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า gumminess ของวุ้น โดยการเพิ่มขึ้นของ gumminess อาจมาจากการ

สูญเสียน้ำของวุ้นทำให้วุ้นแข็งขึ้นจึงต้องใช้แรงในการทำให้อาหารแตกตัวมากขึ้น และเมื่อพิจารณาวุ้นในลูกลำไย control พบว่า gumminess มีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีธรรมชาติ และสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้นในลูกลำไยพบว่าค่า gumminess มีแนวโน้มที่ลดลงเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปแสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยน แปลงค่า gumminess ของวุ้นในลูกลำไย โดยผลการทดลองที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากการที่โครงสร้างของวุ้นในลูกลำไยเสื่อมสภาพลงเนื่องจาก จุลินทรีย์ และการ syneresis ส่วนค่า chewiness คือค่าที่แสดงถึงแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร ซึ่งจะเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่า gumminess และ springiness ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของวุ้น control เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปพบว่าค่า chewiness มีค่าเพิ่มขึ้น และค่า chewiness ในวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control มีแนวโน้มที่ลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยน แปลงค่า chewiness ของวุ้น และวุ้นในลูกลำไย เช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากธรรมชาติ และสีสังเคราะห์พบว่ามีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันแสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์มีผลทำให้วุ้นและวุ้นในลูกลำไยเกิดการเปลี่ยนแปลง texture profile ไม่แตกต่างกัน

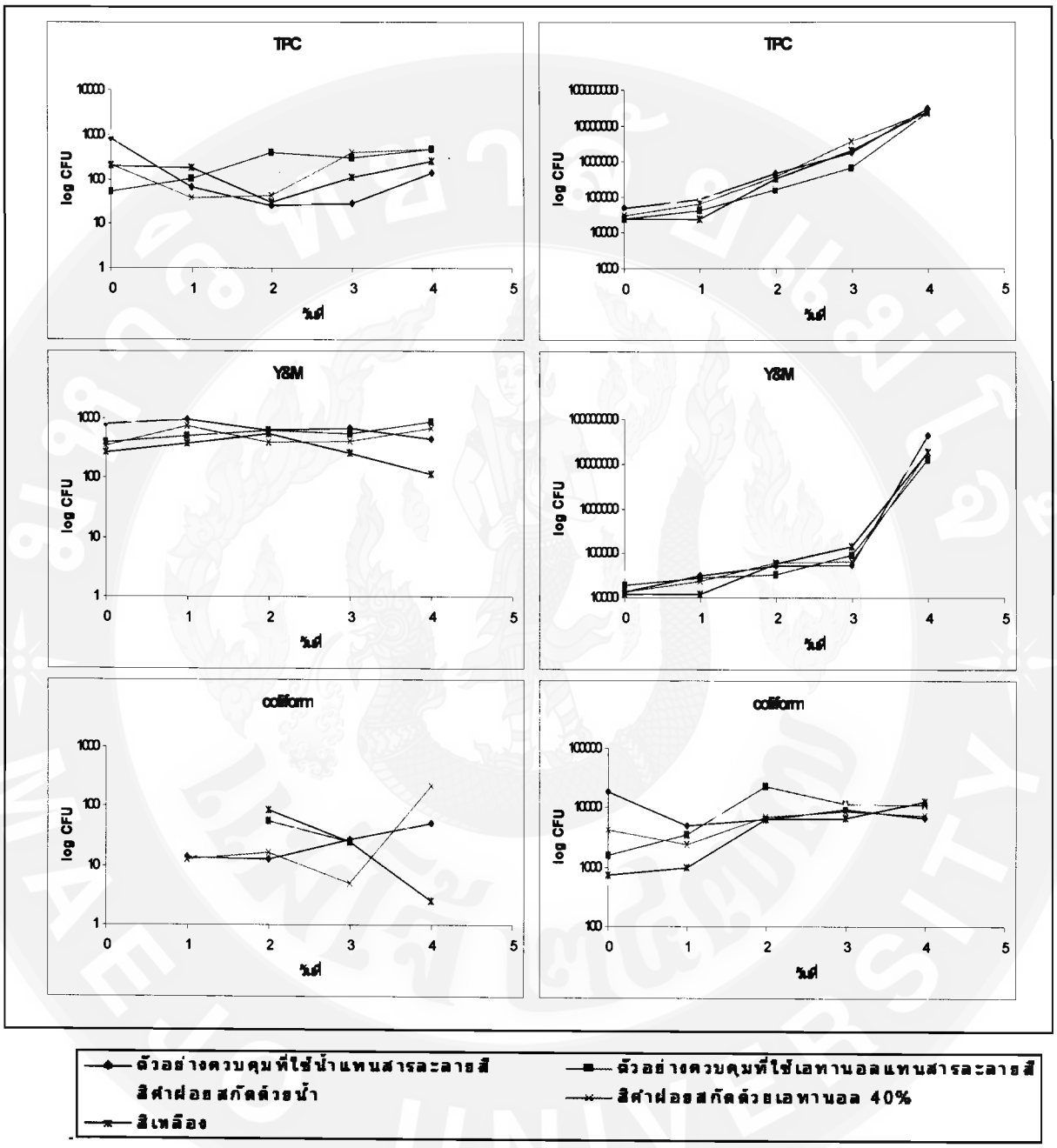
4.4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของวุ้นในลูกลำไย



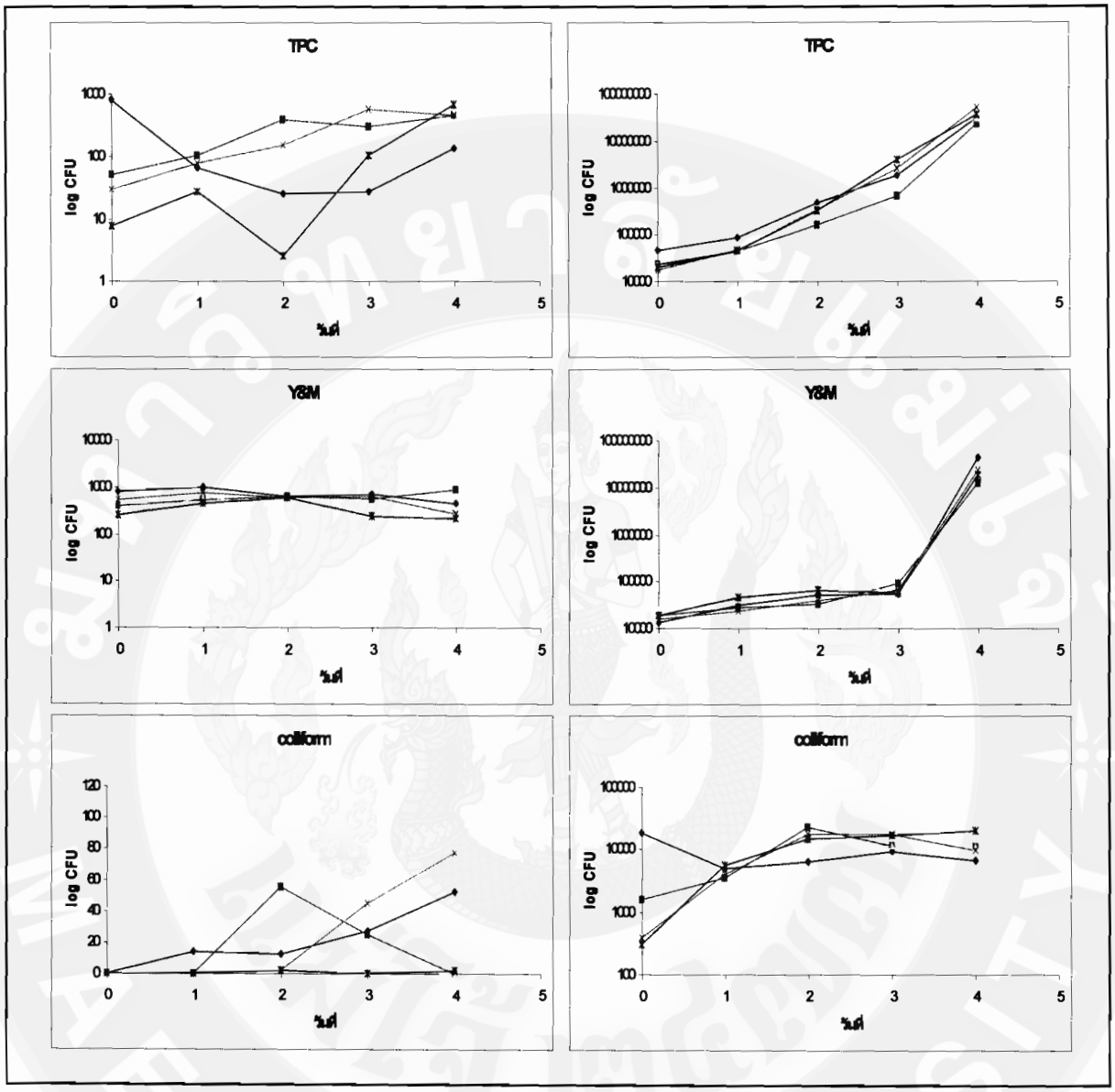
ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงค่า % กรดของวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์

จากภาพที่ 47 เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า % กรด ของวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control พบว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากธรรมชาติและสีสังเคราะห์เติมลงในวุ้นในลูกลำไยพบว่าค่า % กรดของวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติ และสีสังเคราะห์มีค่าเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเหมือนกับ control เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง % กรดของวุ้นในลูกลำไย เมื่อเทียบกับ control ซึ่งปริมาณกรดที่เกิดขึ้นอาจมาจากจุลินทรีย์ที่เช่น *Tilletiopsis* sp. *Pseudomonas syringae.* (saprophyte) *Sporobolomyces* sp.*P. fluorescens. Bacillus subtilis* เจริญระหว่างการเก็บรักษา (ประพันธ์ และคณะ, 2545)

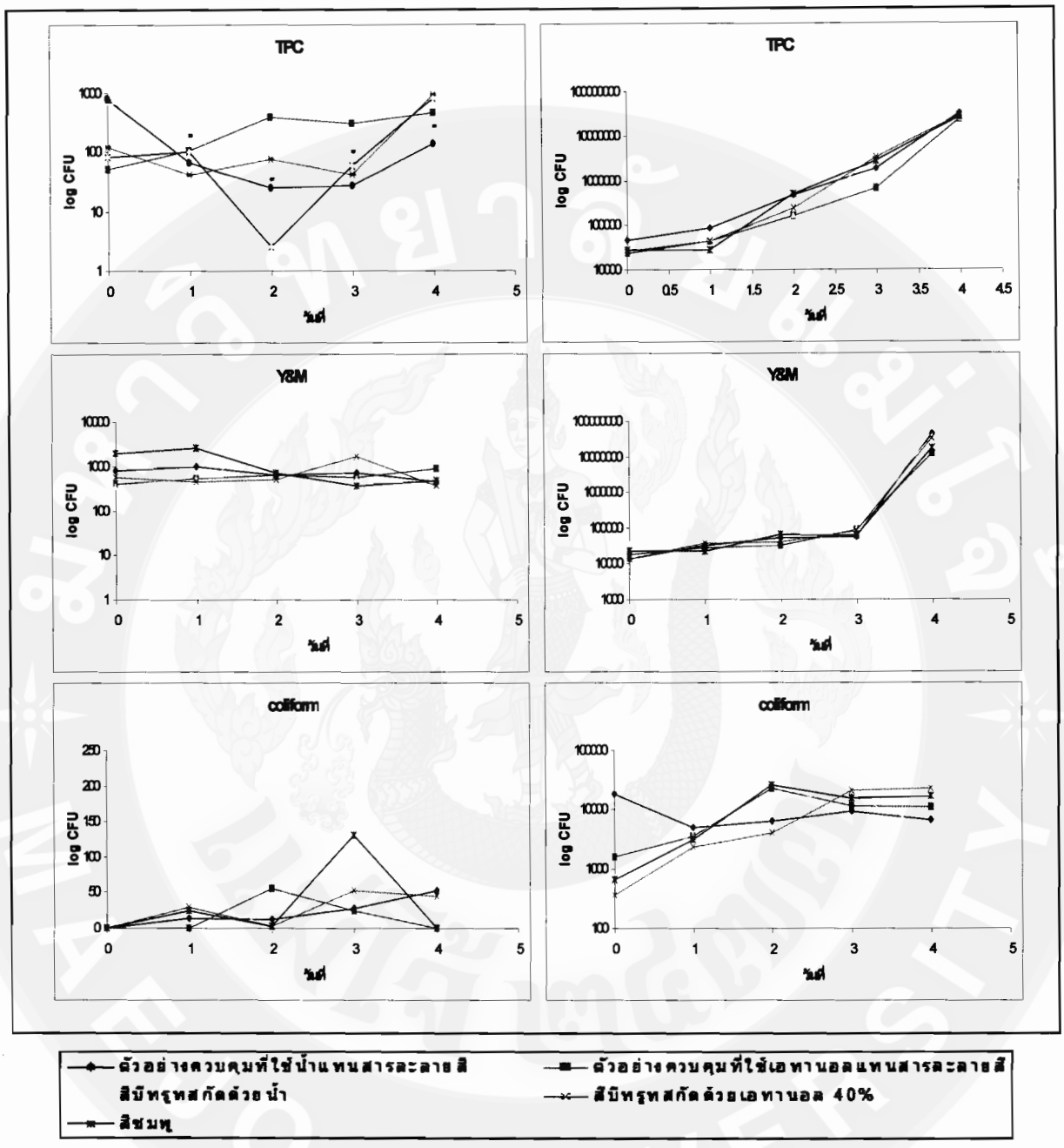
4.4.6 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลชีววิทยาของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย



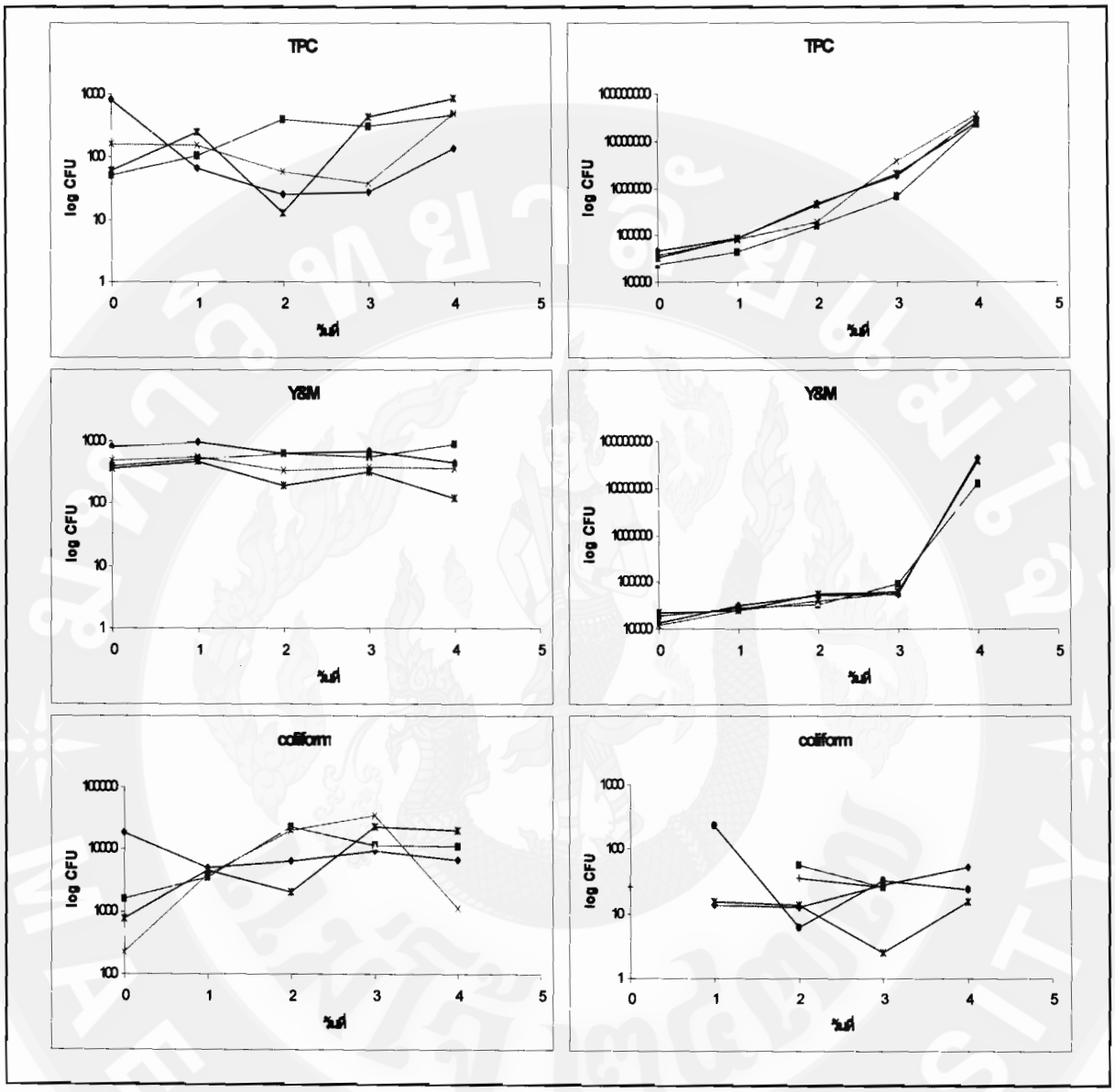
ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากคำฝอยและสีสังเคราะห์



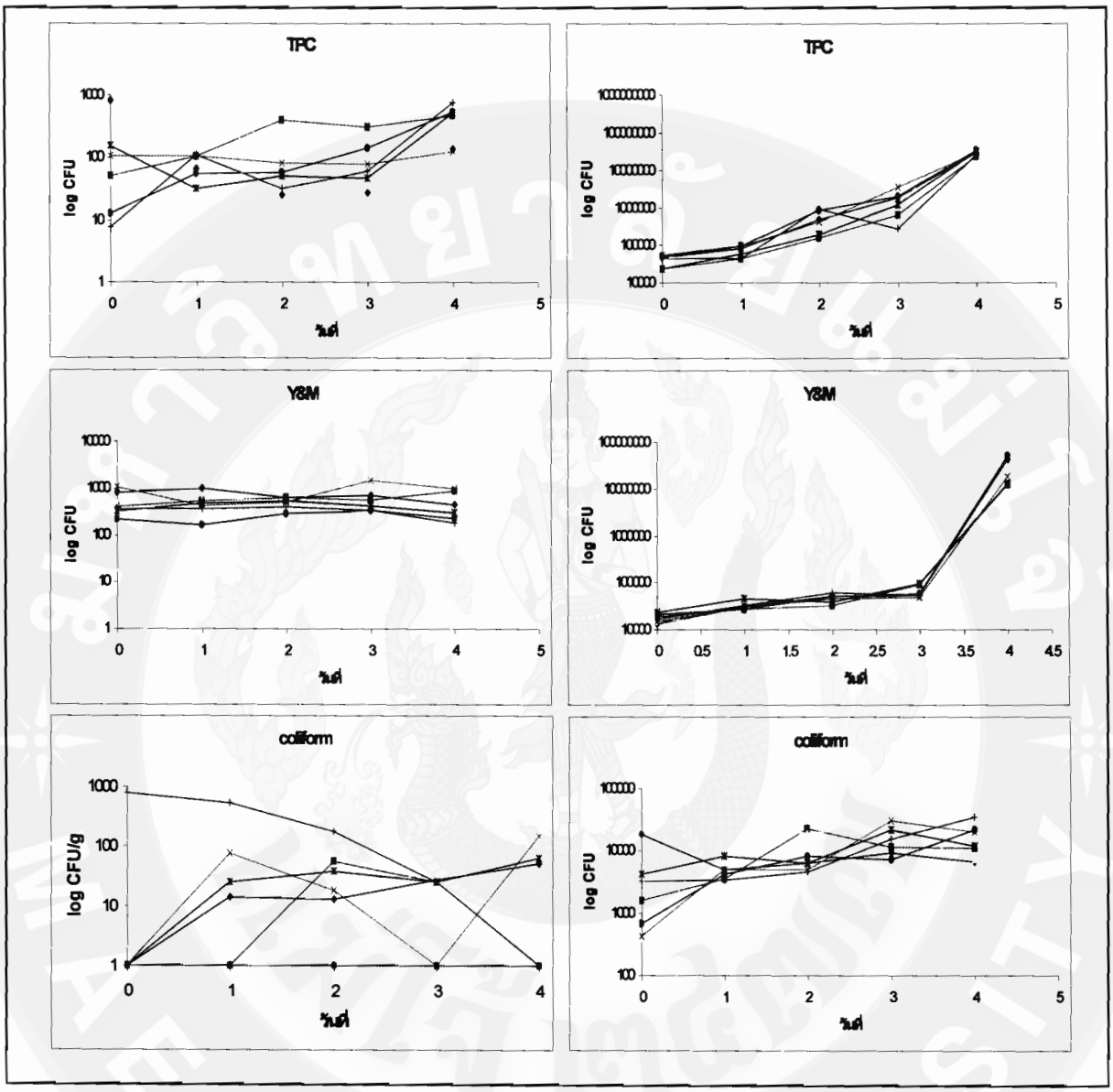
ภาพที่ 49 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบและสีสังเคราะห์



ภาพที่ 50 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากบีทรูทและสีสังเคราะห์



ภาพที่ 51 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากอัญชันและสีสังเคราะห์



ภาพที่ 52 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไยเปรียบเทียบระหว่างสีที่สกัดจากใบเตยและสีสังเคราะห์

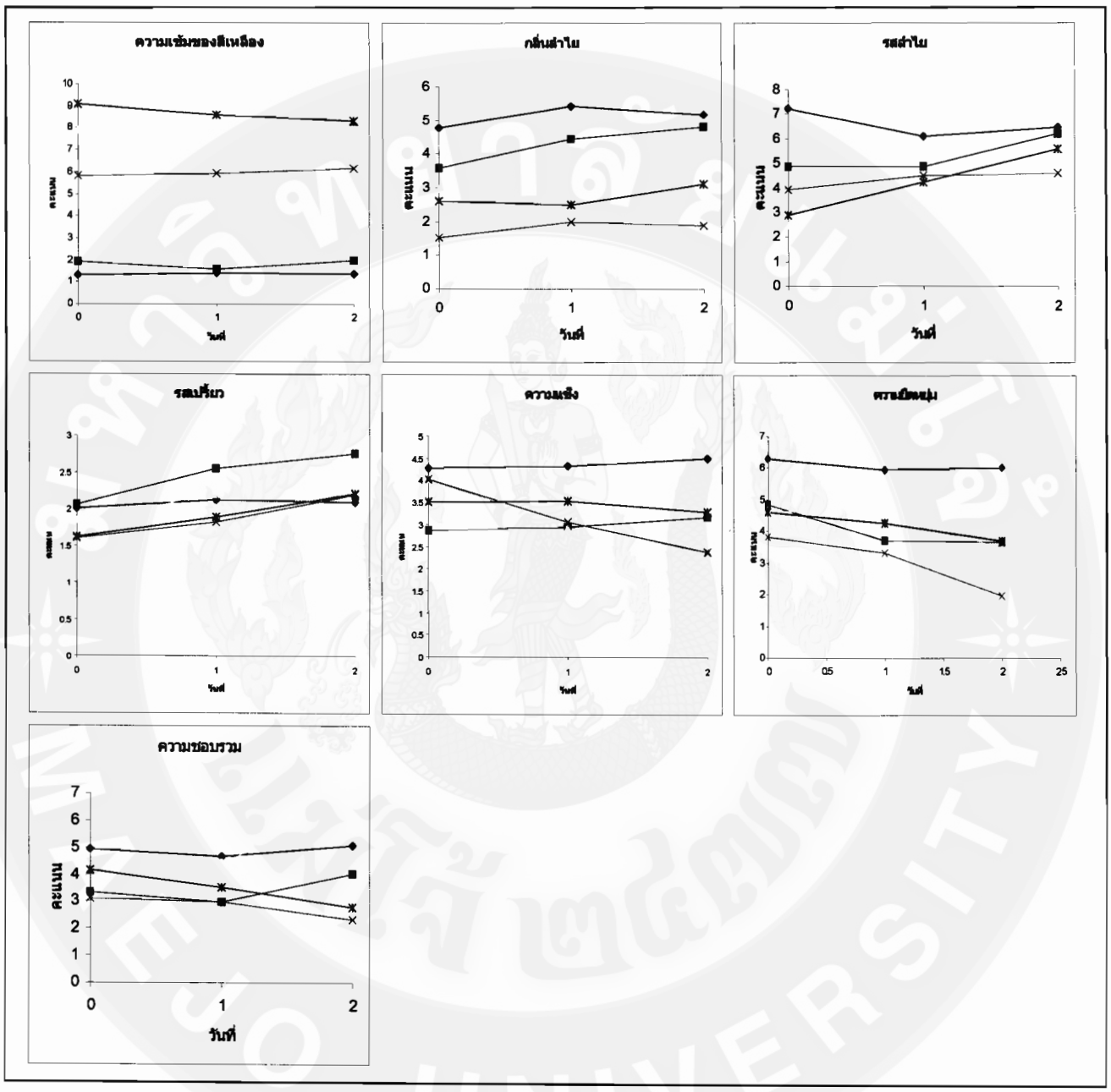
จากภาพที่ 48 – 52 เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้น control พบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีจากธรรมชาติและสีสังเคราะห์เติมลงไปในวุ้น พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเช่นเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์เมื่อของวุ้นเปรียบเทียบกับ control

เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มของวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control พบว่ามีจำนวนเชื้อเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้จากธรรมชาติและสีสังเคราะห์เติมลงในวุ้นในลูกลำไย พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ โคลิฟอร์มของวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติ และสีสังเคราะห์มีจำนวนเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเหมือนกับ control เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ของวุ้นในลูกลำไย เมื่อเทียบกับ control และการใส่สีธรรมชาติส่งผลทางด้านจุลินทรีย์ไม่แตกต่างจากการใส่สีสังเคราะห์

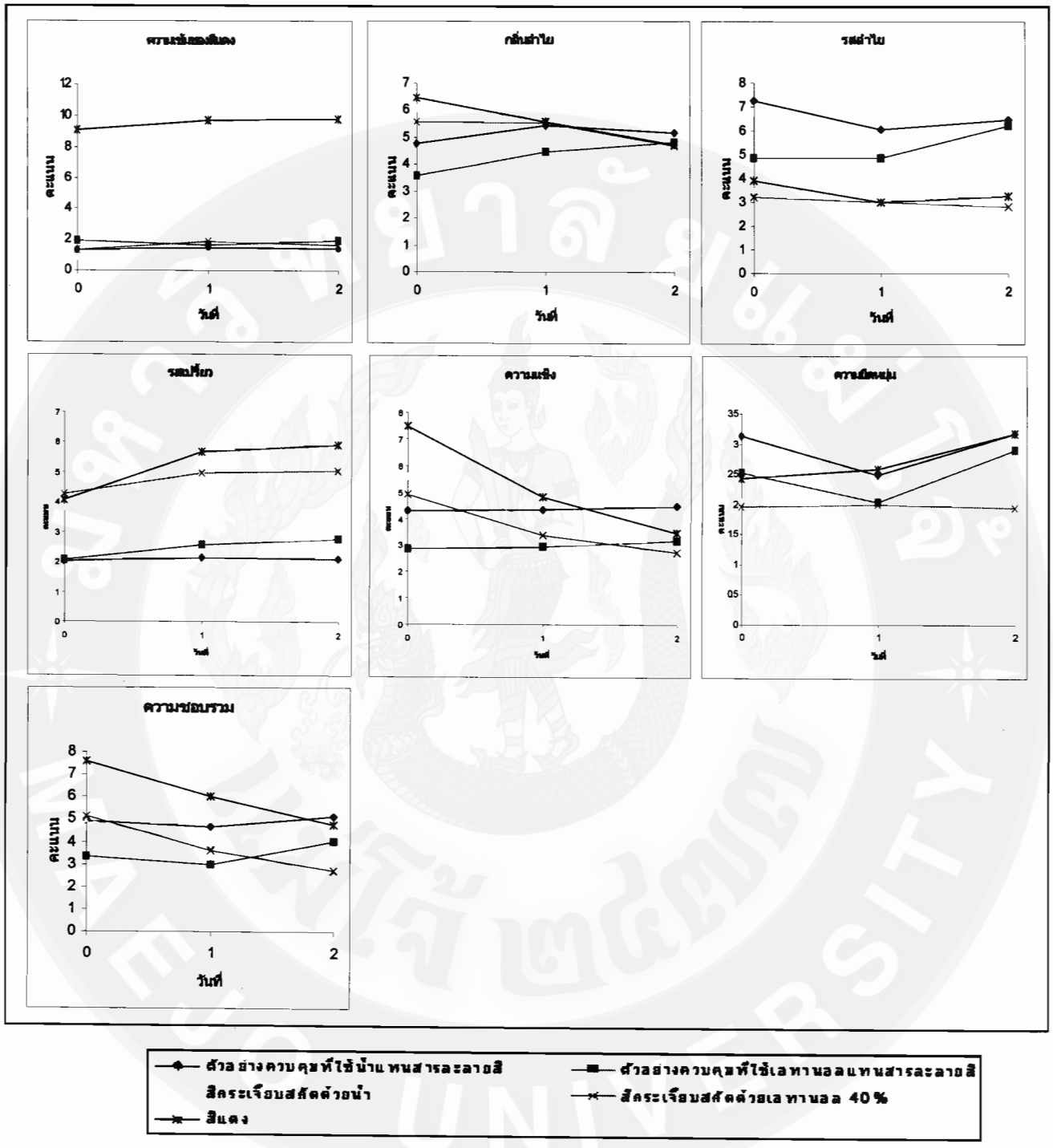
นอกจากนี้ถ้าดูผลการทดลองทางด้านจุลินทรีย์ของวุ้น และวุ้นในลูกลำไยข้างต้นจะพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ของวุ้นที่ใส่สีจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่วุ้นในลำไยที่ใส่สีจะมีจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา แสดงว่าการเสื่อมเสียของวุ้นในลูกลำไยที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากเนื้อลำไยมากกว่าสีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ที่ใส่ลงไปในวุ้นในลูกลำไย

การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดการสร้างกรดขึ้น ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไยจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีการทางเคมี นอกจากนั้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดเช่น *Pseudomonas* sp., *P. fluorescens*, *Bacillus subtilis* จะสร้างสารเมือกขึ้นทำให้วุ้นในลูกลำไยมี % syneresis ลดลงในวันที่ 3 เนื่องจากสารเมือกที่เกิดขึ้นอุ้มน้ำไว้

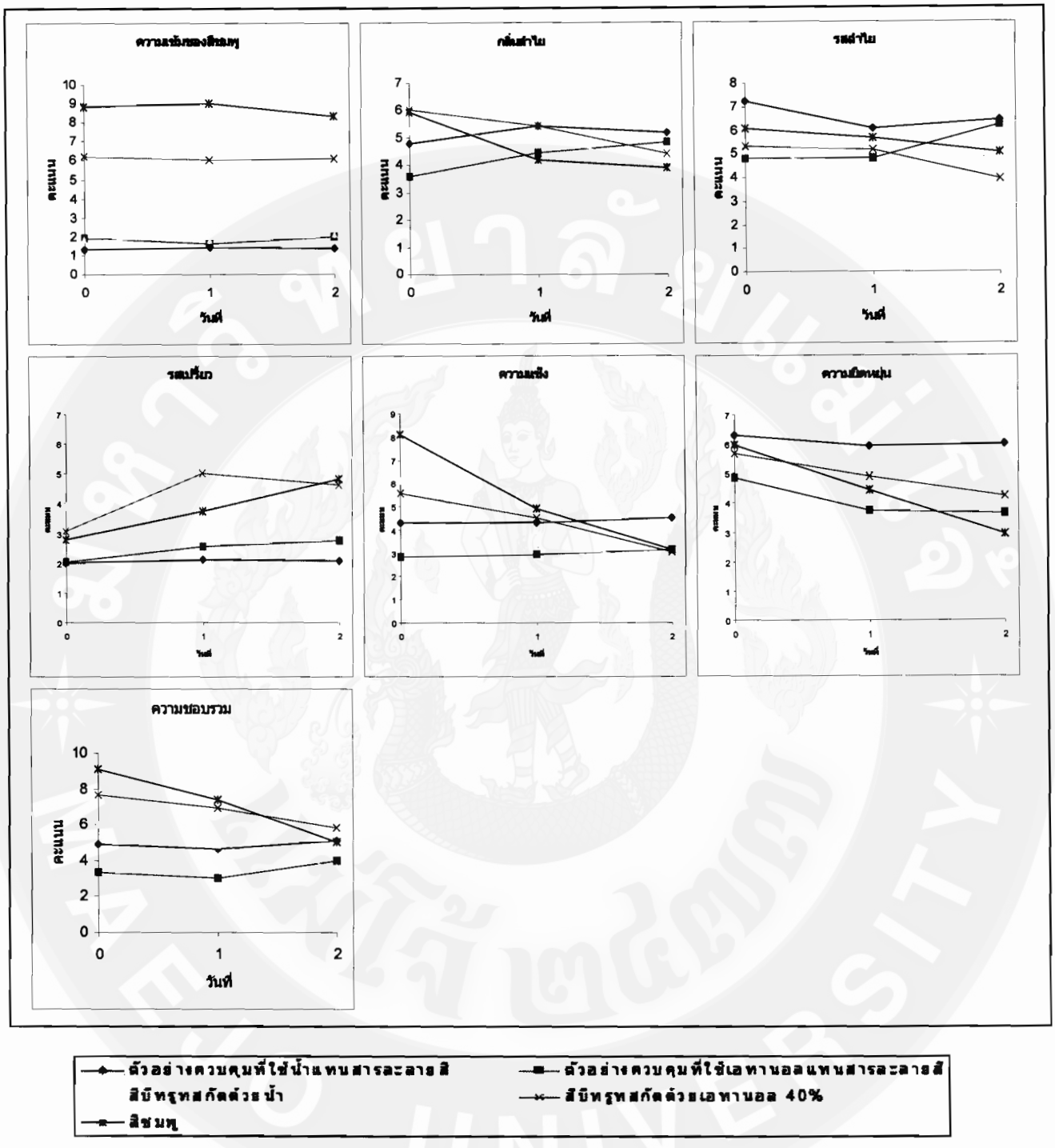
4.4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวุ้น และวุ้นในลูกลำไย



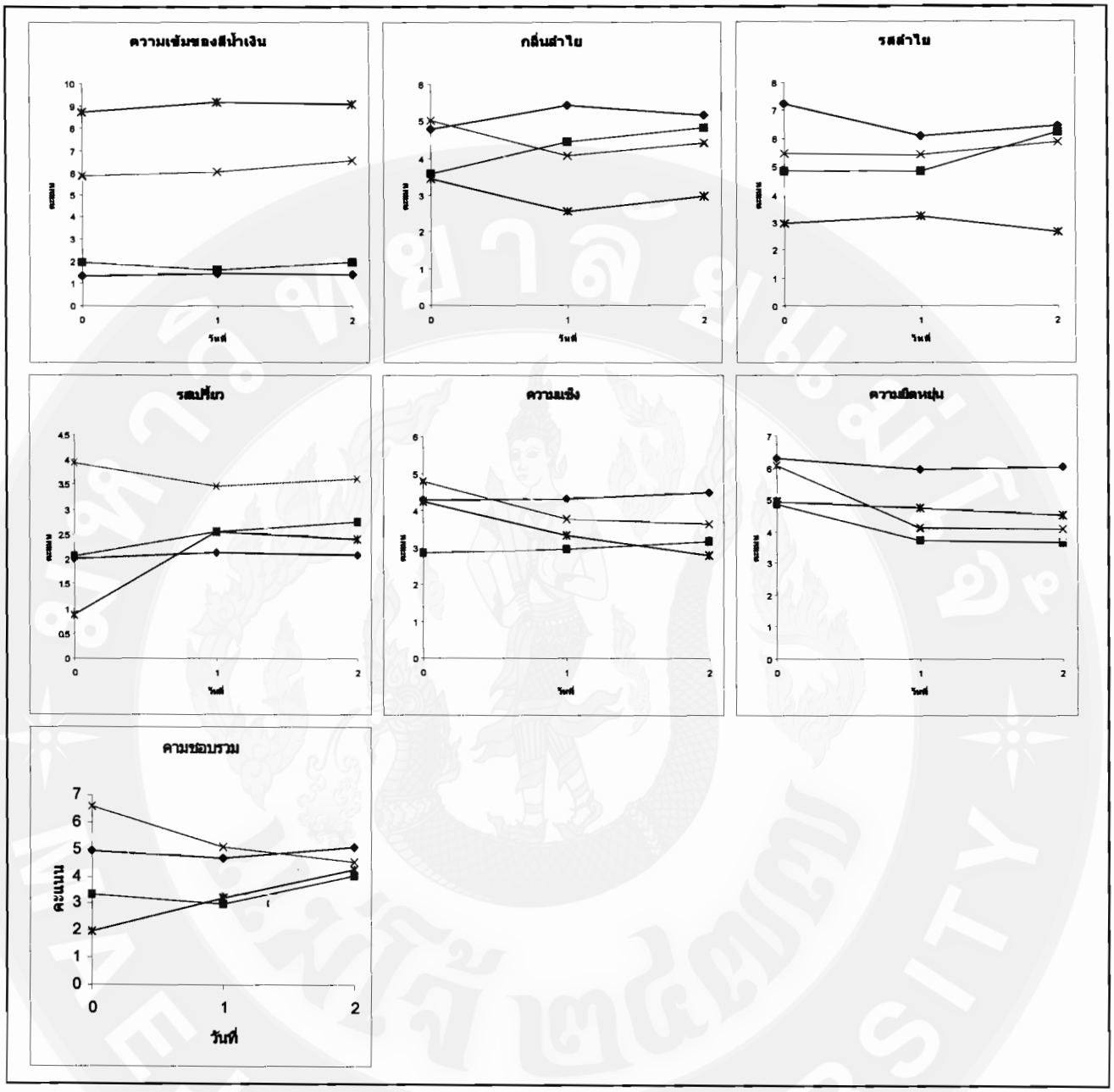
ภาพที่ 53 การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากดอกคำฝอยเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์



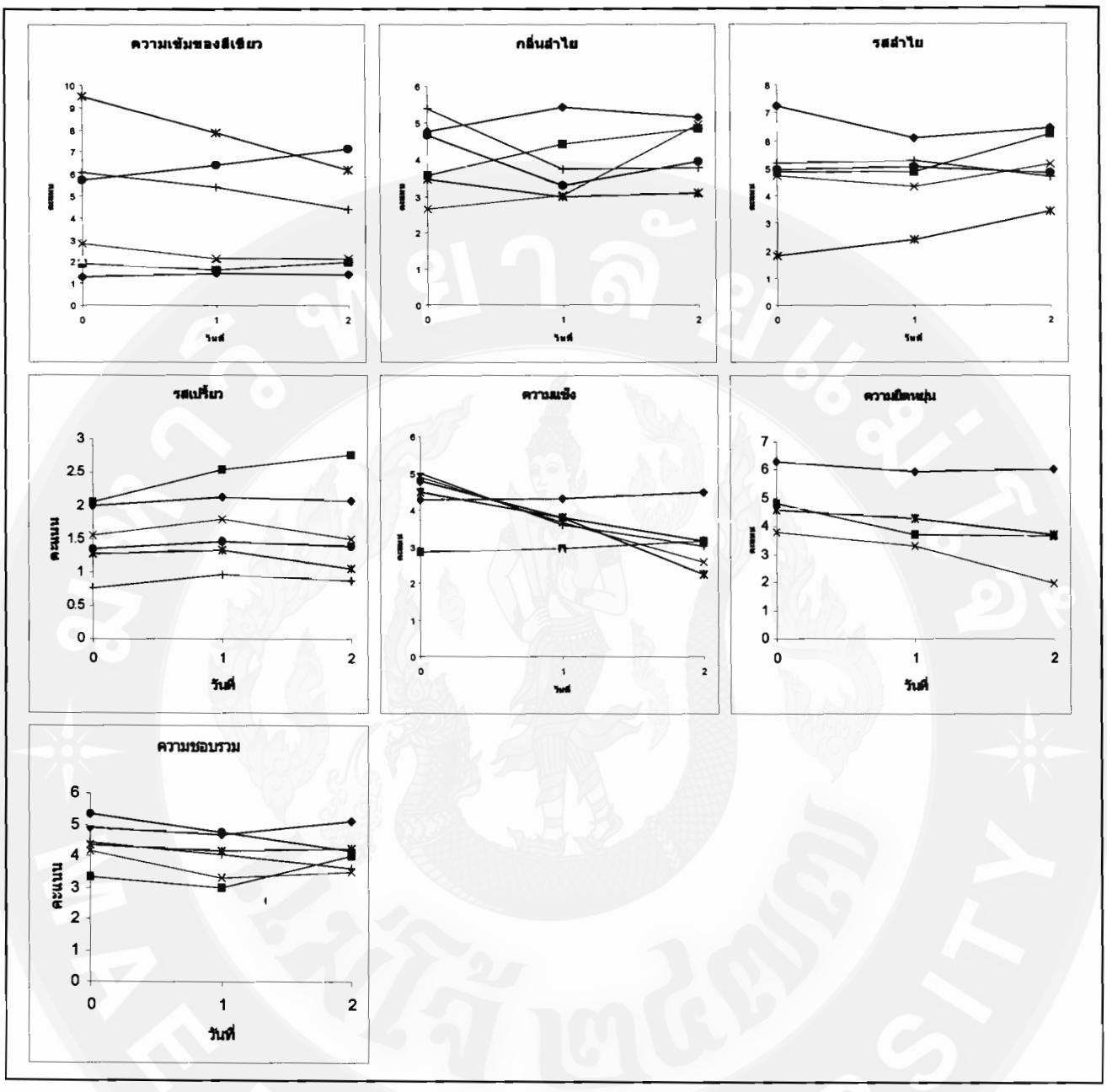
ภาพที่ 54 การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากกระเจี๊ยบเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์



ภาพที่ 55 การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากบีทรูทเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์



ภาพที่ 56 การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากอัญชันเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์



ภาพที่ 57 การเปลี่ยนแปลงคะแนนทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยสีที่ใส่สีสกัดจากใบเตย เปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์

ภาพที่ 53 - 57 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความเข้มของสีวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control มีค่าที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บรักษามากขึ้นและเมื่อนำสารละลายสีสีสังเคราะห์ และสีธรรมชาติใส่ลงในวุ้นในลูกลำไยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและมีแนวโน้มเหมือนกันกับ control แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มของสีเมื่อเปรียบเทียบกับ control หรืออาจกล่าวได้ว่า ผู้ทดสอบชิมจะไม่สามารถเห็นความแตกต่างของระดับความเข้มของสีที่เปลี่ยนแปลง ถ้าเก็บรักษาวุ้นในลูกลำไยในภาชนะบรรจุปิดสนิท และเก็บไว้ในตู้เย็นไม่เกิน 2 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความเข้มของสีวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงและมีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างจากสีสังเคราะห์ แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติส่งผลทางด้านการเปลี่ยนแปลงของสีไม่แตกต่างจากสีสังเคราะห์

คะแนนความเข้มสีของวุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สี เหลือง แดง ชมพู มีคะแนนมากกว่าสีที่สกัดจากธรรมชาติเนื่องจากสีสังเคราะห์มีความคงตัวสูง และมีความบริสุทธิ์ของเม็ดสีมากกว่าสีที่สกัดจากธรรมชาติ ส่วนสีเขียวได้คะแนนน้อยกว่าสีที่สกัดจากใบเตยด้วยเอทานอล 95% ในวันแรกแต่เมื่อเวลาผ่านไปทำให้สีเขียวที่สกัดจากใบเตยได้คะแนนลดลงเนื่องจาการเปลี่ยนสีของใบเตยสอดคล้องกับการทดลองเรื่องความเข้มของสีคือเมื่อเวลาผ่านไปทำให้ความเข้มของสีเขียวที่สกัดจากใบเตยลดลง เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้มของสีที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล พบว่าคะแนนของสีดอกคำฝอยที่สกัดด้วยน้ำมีมากกว่าคะแนนของสีที่สกัดด้วยเอทานอล เนื่องจากเม็ดสีในดอกคำฝอยละลายได้ดีในน้ำ ส่วนสีจากดอกกระเจี๊ยบ ดอกอัญชัน บีทรูท และใบเตย ได้คะแนนของสีที่สกัดด้วยเอทานอลมากกว่าอาจเนื่องจากเม็ดสีจากพืชเหล่านี้มีความคงตัวได้ดีเมื่อสกัดด้วยเอทานอล

คะแนนกลิ่นลำไย รสลำไย รสเปรี้ยว ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความชอบรวมของวุ้นในลูกลำไยที่เป็น control มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยคะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้สภาพของลำไยเปลี่ยนไปคือมีการเสียสภาพของโครงสร้างทำให้เกิดการนิ่มลง ส่วนคะแนนรสเปรี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของ % กรด และเมื่อนำสารละลายสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ใส่ลงในวุ้นในลูกลำไยพบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันกับ control แสดงว่าการใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ไม่มีผลต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของวุ้นในลูกลำไย

4.5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย

ตารางที่ 22 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
ความชื้น	77.65 ± 1.04
คาร์โบไฮเดรต	14.54 ± 0.36
ใยอาหาร	11.90 ± 0.08
โปรตีน	2.31 ± 0.66
ไขมัน	0.02 ± 0.01
เถ้า	0.12 ± 0.01

จากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย ได้ผลดังตารางที่ 22 เมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางอาหารของเนื้อลำไยสดจาก กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ตารางที่ 1) พบว่าปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตที่วิเคราะห์ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณโปรตีนและใยอาหารมีค่าสูงกว่า ส่วนไขมันและเถ้ามีค่าที่น้อยกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไยมีส่วนที่เป็นวุ้นเพิ่มขึ้นจากเนื้อลำไยสด นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่าลำไยที่ใช้ในการทดสอบอาจเป็นพันธุ์ที่ต่างกัน ปลูกคนละพื้นที่ หรือเป็นลำไยที่เก็บเกี่ยวต่างฤดู

5. สรุปผล

1. ดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท และดอกอัญชัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 394 514 538 และ 622 นาโนเมตร ตามลำดับ ส่วนใบเตยมีพีกเกิดขึ้นเด่นชัดที่ความยาวคลื่น 434 และ 664 นาโนเมตร
2. น้ำเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท และ ดอกอัญชัน ส่วนเอทานอลความเข้มข้น 95 % เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสีจากใบเตย โดยมีระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมคือ 300 240 14 210 และ 100 นาที ตามลำดับ
3. เอทานอลความเข้มข้น 40 % เหมาะสมในการสกัดสีจาก ดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ และดอกอัญชัน เอทานอลความเข้มข้น 60 % เหมาะสมในการสกัดสีจากบีทรูท โดยมีระยะเวลาในการสกัดสีที่เหมาะสม คือ 200 200 180 และ10 นาที ตามลำดับ ส่วนใบเตยเอทานอลที่ความเข้มข้น 40 และ 95 % เหมาะสมในการสกัดโดยมีเวลาในการสกัดที่ 140 และ 100 นาที ตามลำดับ
4. ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของสี โดยถ้าความร้อนมากขึ้นสีจะสลายตัวเพิ่มขึ้น
5. เมื่อความเป็นกรดด่างของสารละลายสีจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ และใบเตย เปลี่ยนแปลงไปจากที่ความเป็นกรดด่างปกติลักษณะของสเปกตรัมจะคงเดิมทำให้สีที่สามารถมองเห็นได้ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนบีทรูทและดอกอัญชันลักษณะของสเปกตรัมมีการเปลี่ยนแปลงทำให้สีที่สามารถมองเห็นได้เปลี่ยนแปลงไป
6. เมื่อความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงไปมาก % การสูญเสียจะมากขึ้น ยกเว้นในสารละลายสีที่สกัดจากบีทรูทและใบเตย ส่วน % การสูญเสียเนื่องจากความร้อนที่ระดับความเป็นกรดด่างต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย
7. สารละลายสีที่สกัดจากดอกคำฝอย กระเจี๊ยบ บีทรูท จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ดอกอัญชัญและใบเตยจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีค่อนข้างมากในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลที่เกิดขึ้นนี้มีสาเหตุมาจากโครงสร้างของเม็ดสีที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้สารละลายสีจากธรรมชาติแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน
8. การใส่สีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์ทำให้การเปลี่ยนแปลงทางด้าน syneresis เนื้อสัมผัส การเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย มีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกัน คือมีผลทำให้แนวโน้มของการเกิด syneresis ค่า water activity ค่า hardness adhesiveness gumminess และ chewiness ของวุ้นเพิ่มขึ้น

และค่า cohesiveness และ springiness ลดลง ส่วนวุ้นในลูกลำไยมีการเกิด syneresis เพิ่มขึ้นในช่วงแรกแล้วเริ่มลดลงในวันที่ 3 ค่าความเป็นกรด cohesiveness เพิ่มขึ้น ค่า hardness adhesiveness gumminess chewiness ลดลง

9. ในด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนความเข้มสี กลิ่นลำไย รสลำไย ความแข็ง และการยืดหยุ่นของวุ้นในลูกลำไยไม่เปลี่ยนแปลง แต่คะแนนรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น และคะแนนความชอบลดลง ในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2550. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dss.go.th/.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thailandlongan.com/.

ดวงพร วินิกุล. 2526. สีผสมอาหาร. ภาควิชาเภสัชเคมี, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2546. ผลของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และเกลือสังกะสีคลอไรด์ ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย. วารสารอาหาร. 33(4): 277-282.

ประพันธ์ โอสถาพันธุ์ ชาญณรงค์ ดวงสอาด วรวรรณ ชาลีพรหม และ ศมาพร แสงยศ. 2545. การควบคุมโรคพืชหลังเก็บเกี่ยวของลำไยและลิ้นจี่โดยชีววิธี. รายงานวิจัย. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคเหนือ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2525. สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3, หจก. โฟว์ ซี กรุ๊ฟ, กรุงเทพมหานคร. 62 หน้า.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2550. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.royalprojectthailand.com/.

วิกิพีเดีย. 2552. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2550. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.nectec.or.th/courseware/siamculture/medical/krajeab.html.

สุจิตรา รตนะมโน. 2549. เอกสารคำสอนวิชา ทก 331 ชีวเคมีของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ .

สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. 2552. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.rspg.or.th/.

โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี. 2552. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.skn.ac.th/skl/.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17thed., Association of official chemist, Arlington, VA.

Bordignon-Luiz, M. T.; Gauche, C.; Gris, E. F.; and Falcao, L. D. 2007. Colour stability of anthocyanins from Isabel grapes (*Vitis labrusca* L.) in model systems. LWT. 40(4): 594-599.

Dyrby, M.; Westergaard, N.; and Stapelfeldt, H. 2001. Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. Food Chemistry. 72(4): 431-437.

Food-Info foundation. 2009. [online]. Source http://www.food-info.net/uk/colour/chlorophyll.htm.

Hendry, G. A. F.; and Houghton, J. D. 1996. Natural Food Colorants. 2nd ed., Blackie academic & professional, Chapman & Hall, UK. 348 p.

Janna, O. A.; Khairul, A. K.; and Maziah, M. 2007. Anthocyanin stability studies in *Tibouchina semidecandra* L. Food Chemistry. 101(4): 1640–1646.

Kanehira, T.; and Saito, K. 2001. Stability of carthamin and safflor yellow B on silk powders under continuous irradiation of fluorescent or UV-C light. LWT. 34(2): 55-59.

Katzer, G. 2006. Pandanus (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.). [online]. Source http://www.uni-graz.at/~katzer/engl/Pand_ama.html.

Kırca, A. E.; Ozkan, M.; and Cemeroglu, B. 2007. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. Food Chemistry. 101(1): 212–218.

Klöckl, I. 2009. [online]. Source http://www.2k-software.de/ingo/farbe/nbetanin.html.

Stable Micro System. 2007. Texture Exponent 32 version 4.0.8.0. (software for texture analyzer model TA-XT plus).

StaVin Inc. 2004. [online]. Source http://www.stavin.com/.

Wikipedia. 2009. [online]. Source http://en.wikipedia.org/wiki/.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารละลายสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์เพื่อใส่ในวุ้น

การทดลองต้องการเปรียบเทียบการใช้สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์เพื่อใส่ในตัวอย่างวุ้น จึงทำการเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสมเท่ากับสารละลายสีที่สกัดจากธรรมชาติ

1. การเตรียมสารละลายสีธรรมชาติ

คัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสีจากธรรมชาติจากการทดลองก่อนหน้า ได้วิธีดังนี้ นำดอกคำฝอยแห้ง กระเจี๊ยบแห้ง ดอกอัญชันแห้ง หัวบีทรูทสด และใบเตยสด มาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วนำมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง โดยชั่งดอกคำฝอยแห้ง 2.5 กรัม ใบเตยสด 5 กรัม บีทรูทสด 10 กรัม ดอกอัญชันแห้ง 1 กรัม และ ดอกกระเจี๊ยบแห้ง 5 กรัม ต่อตัวทำละลาย 100 ml โดยดอกคำฝอยแห้ง ดอกกระเจี๊ยบแห้ง อัญชันแห้ง ใช้น้ำและเอทานอล 40% เป็นตัวทำละลาย ส่วนบีทรูทสด ใช้น้ำและเอทานอล 60% เป็นตัวทำละลาย ส่วนใบเตยสดใช้น้ำและเอทานอล 40 และ 95% เป็นตัวทำละลาย นำสารละลายที่ได้ไปเขย่าด้วยความเร็ว 180 รอบต่อนาที ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสารละลายสีแต่ละชนิดแสดงในตารางภาคผนวกที่ ผ-1

ตารางภาคผนวกที่ ผ-1 วิธีที่ใช้ในการสกัดสีธรรมชาติแต่ละชนิด

วัตถุดิบ	ตัวทำละลาย			
	น้ำกลั่น	เอทานอล 40%	เอทานอล 60%	เอทานอล 95%
บีทรูท	10 นาที	-	10 นาที	-
ใบเตย	120 นาที	140 นาที	-	100 นาที
อัญชัน	210 นาที	180 นาที	-	-
คำฝอย	210 นาที	200 นาที	-	-
กระเจี๊ยบ	210 นาที	200 นาที	-	-

จากนั้นนำสารละลายสีที่ได้กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อกำจัดตะกอนของสารละลายสี เก็บในขวดที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการระเหยของเอทานอล แล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

2. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์

2.1 การเตรียม stock solution

1. การเตรียม stock solution สีสังเคราะห์สีแดง

ชั่งสีผสมอาหารสีแดง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตมา 2 ml ผสมน้ำ 8 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

2. การเตรียม stock solution สีสังเคราะห์สีเขียว

ชั่งสีผสมอาหารสีเขียว 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตมา 2 ml ผสมน้ำ 8 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

3. การเตรียม stock solution สีสังเคราะห์สีเหลือง

ชั่งสีผสมอาหารสีเหลือง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตมา 2 ml ผสมน้ำ 8 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

4. การเตรียม stock solution สีสังเคราะห์สีน้ำเงิน

ปิเปตสีสังเคราะห์สีน้ำเงินมา 1 ml (เนื่องจากสีสังเคราะห์สีน้ำเงินที่ใช้อยู่ในรูปของสารละลาย) ผสมกับน้ำกลั่น 9 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตมา 2 ml ผสมน้ำ 8 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

2.2 การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับสีธรรมชาติ

1. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์สีเขียวอ่อนเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับสีของใบเตยที่สกัดด้วยเอทานอล 40% และ น้ำ

ปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเขียว มา 2 ml ผสมกับน้ำกลั่น 78 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเหลือง ใส่ไป 2 ml แล้วคนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง

2. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์สีเขียวเข้มเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับสีของใบเตยที่สกัดด้วยเอทานอล 95%

ปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเขียว มา 5 ml ผสมกับน้ำกลั่น 45 ml จากนั้นปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเหลือง ใส่ไป 5 ml แล้วคนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง

3. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์สีชมพูเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับสีของบีทรูทที่สกัดด้วยเอทานอล 60% และ น้ำ

ปิเปตสารละลายสีสังเคราะห์ stock solution สีน้ำเงิน มา 1 mlผสมกับน้ำกลั่น 9 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตมา 1.6 ml ผสมกับน้ำกลั่น 60 ml จากนั้นปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีแดง ใส่ไป 4 ml แล้วคนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง

4. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์สีเหลืองเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับสีของคำฝอยที่สกัดด้วยเอทานอล 40% และ น้ำ

ชั่งสีผสมอาหารสีเหลือง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตมา 15 ml ผสมน้ำ 60 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

5. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์สีน้ำเงินเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับสีของอัญชันที่สกัดด้วยเอทานอล 40% และ น้ำ

ปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเหลือง มา 3 mlผสมกับน้ำกลั่น 27 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเขียวมา 3 ml ผสมกับน้ำกลั่น 27 ml ปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีน้ำเงินมา 6 ml ปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีแดงมา 4 ml ผสมทั้ง 4 สีให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

6. การเตรียมสารละลายสีสังเคราะห์สีแดงเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับสีของกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยเอทานอล 60% และ น้ำ

ปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีแดงใส่ไป 4 ml ผสมกับน้ำกลั่น 72 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นปิเปตสารละลาย stock solution สีสังเคราะห์สีเหลืองมา 4 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนสาร

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. กระป๋องอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (Moisture can)
3. โถดูดความชื้น (Desiccater)
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. คีม

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 3 กรัมใส่ใน Moisture can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนซึ่งผ่านการอบแห้งและทำให้เย็นใน Desiccater แล้ว
2. อบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงทำให้เย็นใน Desiccater ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักไว้
3. ปฏิบัติตามข้อ 2 จนได้น้ำหนักที่คงที่
4. คำนวณปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ภาพภาคผนวกที่ ผ-1 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULE 500 ประเทศเยอรมัน

2. **การวัดค่าสีด้วยเครื่อง** Tri-stimulus colorimeter

วัดค่าสี CIE ด้วยเครื่องวัดสี Tri- stimulus colorimeter รุ่น JC 801 ระบบที่ได้เป็นระบบวัดสีของฮันเตอร์ (Hunter color system) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรสี 3 ตัวคือ

L* คือค่าที่บอกความสว่างของสีมีค่าตั้งแต่ 0 ซึ่งคือสีดำ ถึง 100 ซึ่งคือสีขาว

a* คือค่าที่บอกความเป็นสีเขียว และ สีแดง โดยค่า a* ที่เป็นบวกจะแสดงความเป็นสีแดง ส่วนค่า a* ที่เป็นลบจะแสดงความเป็นสีเขียว

b* คือค่าที่บอกความเป็นสีน้ำเงิน และ สีเหลือง โดยค่า b* ที่เป็นบวกจะแสดงความเป็นสีเหลืองส่วนค่า b* ที่เป็นลบจะแสดงความเป็นสีน้ำเงิน

ภาพภาคผนวกที่ ผ-2 เครื่องวัดสี Tri- stimulus colorimeter รุ่น JC 801

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ Tri- stimulus colorimeter รุ่น JC 801

วิธีการ

1. เสียบปลั๊กและเปิดสวิทช์เครื่องเพื่อ stabilize เครื่องโดยจะใช้เวลาประมาณ 100 นาที
2. เมื่อครบ 100 นาทีให้เปิดคอมพิวเตอร์ จะเห็นเมนู ของ JUKI colorimeter software
3. เลือกคำสั่งที่ 1 (measurement) แล้วกด enter
4. Set Zero Calibration โดยวางกล่องดำสำหรับกับแสงเข้าบนช่องทางผ่านแสงด้านบนของเครื่องแล้วกดปุ่ม F1
5. Set standard Calibration โดยวาง standard white plate บนช่องทางผ่านแสงด้านบนของเครื่องแล้วกดปุ่ม F1
6. เลือกแท่นรองให้สัมพันธ์กับขนาดของวัตถุโดยเลือกแท่นสำหรับวางถ้วยวัดสีสำหรับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง
7. วางตัวอย่างบนถ้วยวัดสีโดยพยายามให้อยู่ตรงกลาง แล้วครอบด้วยกล่องดำสำหรับกับแสงเข้าบนช่องทางผ่านแสงด้านบนของเครื่องแล้วกดปุ่ม F1
8. วัดตัวอย่างอาหารตามวิธีในข้อ 7 ไปจนหมดทุกตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ % syneresis

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
2. กระดาษกรอง
3. ภาชนะบรรจุปิดสนิท

วิธีการ

1. นำกระดาษกรองวางบนเครื่องชั่ง จดน้ำหนักกระดาษกรอง (W_1) จากนั้นกด tare เพื่อให้ค่าที่อ่านเท่ากับศูนย์
2. ชั่งตัวอย่างวุ้น หรือ วุ้นในลูกลำไย จดค่าน้ำหนักไว้ (W_2)
3. ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำที่เกิดจากการ syneresis ไหลซึมออกมาบนกระดาษกรอง
4. นำกระดาษกรองที่มีน้ำซึมมาชั่ง จดน้ำหนักไว้ (W_3)

$$\% \text{ syneresis} = \frac{W_3 - W_1}{W_2} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ค่า a_w (water activity)

อุปกรณ์

1. เครื่องหาค่า water activity (a_w) ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH-500
2. ถ้วยพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

วิธีการ

1. เปิด warm เครื่อง จากนั้นทำการ set ศูนย์เครื่องด้วยตัว standard
2. บดตัวอย่างให้ละเอียดก่อน
3. นำตัวอย่างใส่ในถ้วยพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง (อย่าใส่ตัวอย่างจนเต็มถ้วย ใส่เพียง ½ ของถ้วยพลาสติก จากนั้นเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายสม่ำเสมอกัน)
4. นำถ้วยที่มีตัวอย่างใส่เข้าไปเครื่องหาค่า water activity ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH-500
5. ค่า a_w จะปรากฏที่หน้าจอของเครื่องวัด รอจนค่าที่ได้นิ่ง (ลูกศรบนหน้าจอขึ้นครบ 8 อัน) แล้วอ่านผล

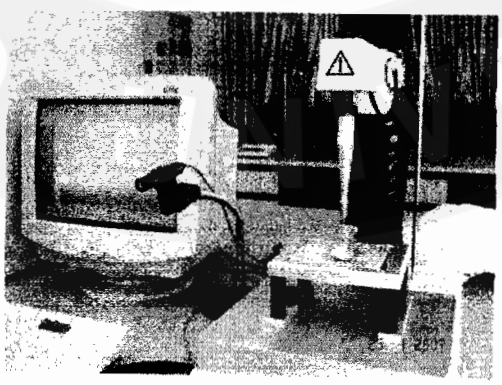
5. การวิเคราะห์ Texture profile ของวุ้นและวุ้นในลูกลำไย

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ Texture Analyser รุ่น TA-XT plus (Stable Micro System)
2. หัววัด Compression Probe

วิธีการ

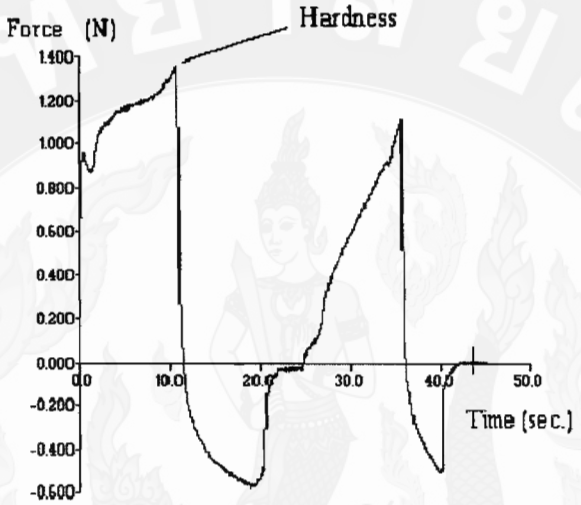
1. เปิดเครื่อง Computer
2. เปิดเครื่อง Texture Analyzer
3. เข้าโปรแกรม Texture Exponent 32
4. เปิด Graph Texture โดยเลือก File Menu New Graph
5. Calibrate Force สังเกตค่า Capacity ว่าถูกต้องหรือไม่ กด Next แล้วพิมพ์น้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้ จากนั้นวางตุ้มน้ำหนัก กด Next กด Finish
6. Calibrate Height ควรตั้ง Return Distance สูงกว่าความสูงของตัวอย่าง
7. T.A. Setting เลือก Library เพื่อกำหนดรูปแบบการวัดและตั้งค่า Value เพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของ Probe โดยใช้ speed 0.5 mm/s กดลงไประยะทาง 10 mm
8. วางวุ้น หรือ วุ้นในลูกลำไยบนแท่นที่จะทดสอบโดยวางให้ด้านที่เป็นวุ้นคว่ำลง
9. T.A. Run a Test



ภาพภาคผนวกที่ ผ-3 เครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ Texture Analyser รุ่น TA-XT plus

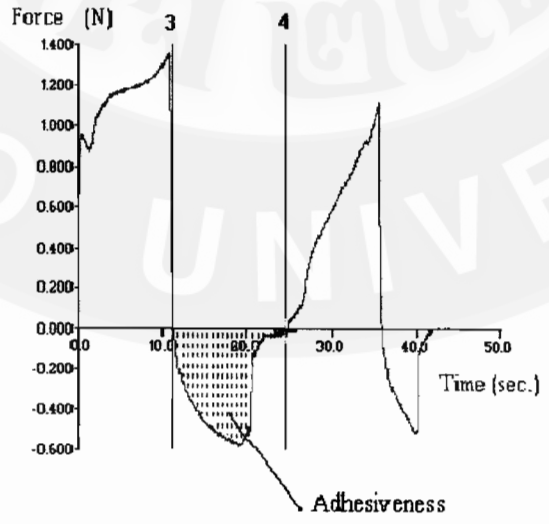
การคำนวณค่าต่างๆที่ได้จากการวัด texture profile analysis

Hardness เป็นค่าที่แสดงถึงแรงที่กระทำต่ออาหารให้อาหารแตกหรือแยกออกได้จากแรงสูงสุดซึ่งค่า hardness ก็คือ peak ในการกดครั้งแรก



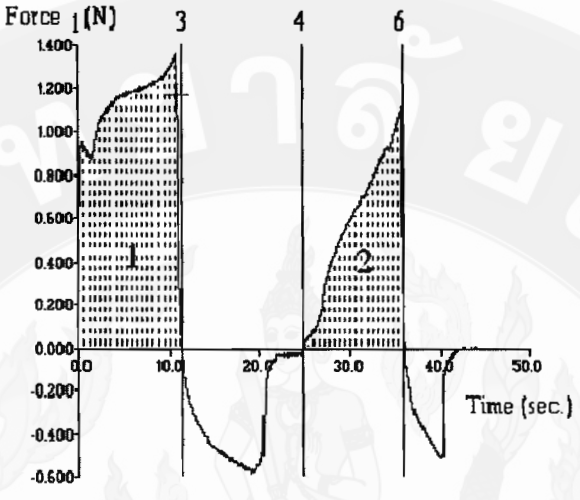
ภาพภาคผนวกที่ ผ-4 ค่า Hardness

Adhesiveness เป็นค่าที่แสดงถึงแรงดึงของพื้นผิวอาหารกับพื้นผิวของแท่นกดหลังจากการกดครั้งที่ 1 โดยจะหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งแรก



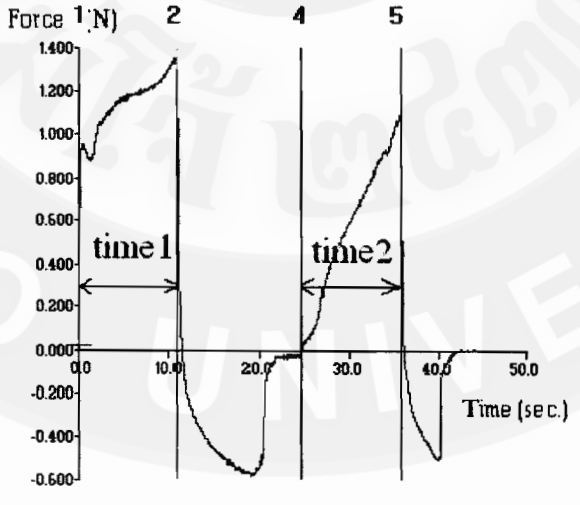
ภาพภาคผนวกที่ ผ-5 ค่า Adhesiveness

Cohesiveness เป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดสภาพยืดหยุ่นคำนวณได้จากพื้นที่บนกราฟในการกดครั้งที่ 2 หารด้วยพื้นที่ใต้กราฟในการกดครั้งที่ 1



ภาพภาคผนวกที่ ผ-6 ค่า cohesiveness

Springiness เป็นค่าที่แสดงถึงแรงเด้งที่เกิดจากการสิ้นสุดการกดครั้งที่ 1 และกำลังจะกดครั้งที่ 2 คำนวณได้จาก time 2 หาร time 1



ภาพภาคผนวกที่ ผ-7 ค่า springiness

Gumminess หาได้จากสูตร hardness x cohesiveness

Chewiness หาได้จากสูตร guminess x springiness

6. การวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ UV-Visible

ภาพภาคผนวกที่ ผ-8 เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ UV-Visible ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Lambda2S

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ สเปคโตโฟโตมิเตอร์ UV-Visible รุ่น Lambda

วิธีการ

1. เสียบปลั๊กและเปิดสวิทซ์เพื่อ stabilize เครื่องประมาณ 30 นาที
2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เลือกโปรแกรม UV WIN
3. คลิกที่คำสั่ง application เลือกคำว่า scan เมื่อต้องการหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเป็นช่วง หรือเลือกคำว่า wave program เมื่อต้องการหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นไม่เกิน 8 ค่า
4. ตั้งค่าความยาวคลื่นที่ต้องการวัด
5. เลือกคำว่า setup
6. ใส่ Blank
7. เลือกคำว่า autozero ตามด้วย start และyes
8. ใส่ตัวอย่าง ตามด้วย yes

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

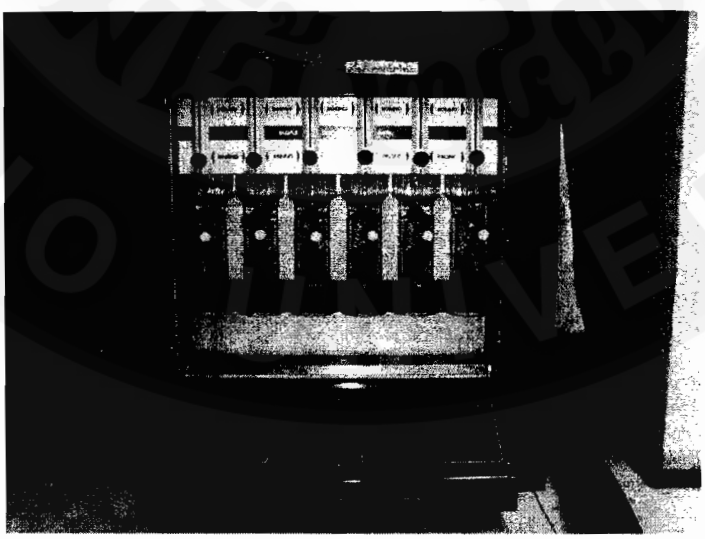
1. การวิเคราะห์ไขมันตามวิธีของ AOAC (2000)

สารเคมี

1.Hexane Analytical Reagent Grade

อุปกรณ์

1. Soxhlet apparatus ยี่ห้อ Tecator รุ่น 1043
2. ตู้อบ
3. โถดูดความชื้น (Desiccater)
4. ขวดกลั่นชนิดก้นแบน
5. คีมชนิดจับขวดก้นแบน
6. สำลี
7. ขาตั้งพร้อมที่ยึด



ภาพภาคผนวกที่ ผ-9 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec) ยี่ห้อ Foss รุ่น 1026 ประเทศสวีเดน

วิธีการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec)

- ตรวจดูในถังน้ำหล่อเย็นก่อน ถ้าไม่มีให้เอาน้ำกลั่นมาใส่ให้ได้ระดับท่วมท่อให้ความเย็น
- เช็คอัตราการไหลของน้ำให้ได้ 2 ลิตร/วินาทีโดยเปิดก๊อกและจับเวลาวัดปริมาณ แล้วเปิดสวิทช์ cool และ breaker ของคอนเดนเซอร์
- ตั้งอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไว้ที่ 15 °C จากนั้นปิดสวิทช์ปั๊ม

1. การเปิดเครื่อง

1.1 ตรวจระดับของน้ำมันใน service unit ถ้ามีระดับน้อยกว่าที่กำหนดให้เติมน้ำมันซิลิโคน (silicone oil)

1.2 เปิดสวิทช์เครื่องแล้วกดปุ่ม read set จะมีไฟออกจากนั้นตั้งอุณหภูมิของตัวทำละลาย (ดูอุณหภูมิของตัวทำละลายในคู่มือ) โดยหมุนปุ่ม set ถ้าต่ำไปกด reset ถ้าสูงไปปิดเครื่องทิ้งไว้สักพัก

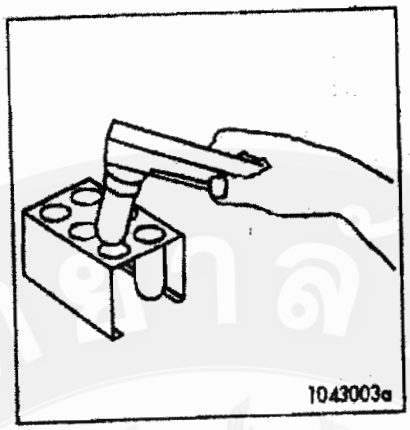
2. การสกัด

2.1 นำ thimbles ต่อเข้ากับ adapters มือต่อโดยใส่ถุงมือยาง ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-10

ภาพภาคผนวกที่ ผ-10 การนำ thimble ต่อเข้ากับ adapters

2.2 ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม (W_1) บนกระดาษกรองที่ไม่มีไขมัน ห่อให้มิดชิดและใส่ใน thimbles

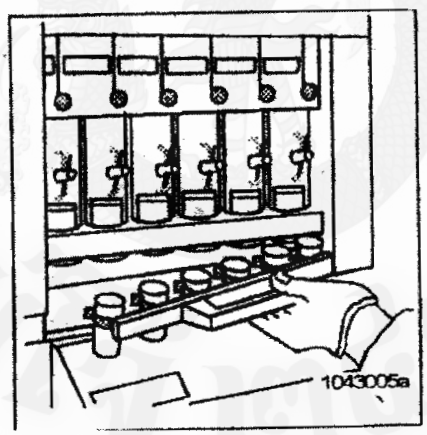
2.3 นำ thimbles มาวางไว้ที่ thimbles stand โดยใช้ thimbles handler จับ (เป็นระบบแม่เหล็ก) ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-11



ภาพภาคผนวกที่ ผ-11 การใช้ thimble handler จับ thimbles

2.4 ย้าย thimbles จาก stand ใส่ใน thimbles support ที่ติดอยู่กับคลิ๊บ holder

2.5 นำ thimbles ต่อกับ condensers ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-12 และคันโยกทั้ง 6 ของเครื่อง extraction ต้องอยู่ในตำแหน่ง rinsing



ภาพภาคผนวกที่ ผ-12 การนำ thimble ต่อเข้ากับ condensers

2.6 เลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง boiling แม่เหล็กจะจับกับ adapter ของ thimbles ไว้จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rising จะพบว่า thimbles จะมาอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่า condensers valve เล็กน้อย

2.7 นำ extraction cups ไปอบให้แห้งนานประมาณ 30 นาที นำมาใส่ desiccator รอให้เย็นชั่งน้ำหนัก extraction cup (W_2)

2.8 นำ extraction cup ที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาใส่ตัวทำละลายประมาณ 40-50 ml แล้วใส่ในเครื่อง soxtec system HT โดยใช้ cups holder สอดใต้คอนเดนเซอร์แล้วโยกคันโยก

ลง ซึ่งเป็นคันโยกอันใหญ่สุดอยู่ทางซ้ายมือ โดยในขณะโยกจะต้องกดปุ่มที่มือจับจึงจะโยกได้เมื่อโยกเสร็จแล้วค่อยปล่อยปุ่มส่วนคันโยกของอากาศต้องอยู่ในตำแหน่งปิด

2.9 เปิดวาล์วของคอนเดนเซอร์ทั้ง 6

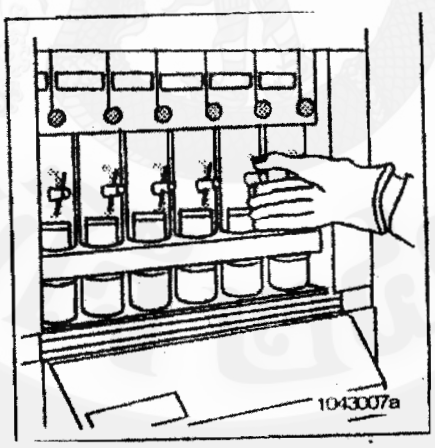
2.10 เลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง boiling ขณะนี้ thimbles จะจุ่มอยู่ในตัวทำละลาย

2.11 ทำการสกัดเป็นเวลา 15 นาที (เวลาอาจเปลี่ยนไปถ้าตัวอย่างสกัดยาก) และต้องแน่ใจว่าวาล์วของคอนเดนเซอร์อยู่ในตำแหน่งเปิด

2.12 เมื่อครบ 15 นาทีให้เลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing ทิ้งไว้เป็นเวลา 45-60 นาที ขณะนี้ thimbles จะอยู่ในตะแหน่งเหนือผิวตัวทำละลาย

3. การนำตัวทำละลายกลับคืนมา (recovery) และการนำ thimbles และ extraction cups ออกจากเครื่อง

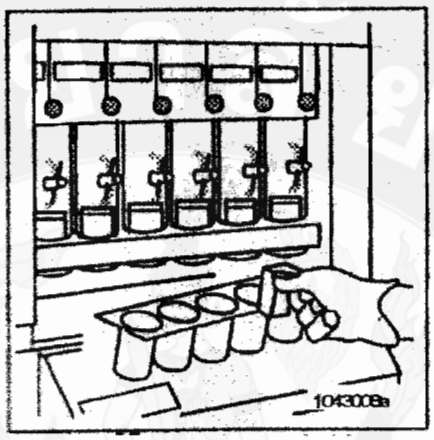
3.1 หลังจาก rinsing ครบเวลาแล้ว ให้ปิด condensers valve โดยหมุนไป ¼ รอบ จะพบว่า solvent ที่ระเหยจะไม่ไหลกลับไปสู่ตัวอย่างอีก โดยค้างอยู่ด้านบนจนได้ระดับตัวทำละลายที่คงที่ (ทั่วไปใช้เวลา 10 นาที) ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-13



ภาพภาคผนวกที่ ผ-13 การปิด condensers valve โดยหมุนวนไป ¼ รอบ

3.2 เมื่อตัวทำละลายระเหยมารวมกันในคอนเดนเซอร์จนเกือบหมดแล้ว ให้เปิดสวิทช์ air service unit และโยก evaporation valve เพื่อให้ตัวทำละลายส่วนที่เหลือระเหยขึ้นไปรวมกันในคอนเดนเซอร์หมด (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที)

3.3 โยกปิด evaporation valve นำ extraction cups ออกจากเครื่องโดยใช้ cup holder ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-14 เพื่อนำไปอบต่อไป เพื่อนำไปอบที่ 105^0C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาไว้ใน desiccator รอจนเย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก extraction cup (W_3)

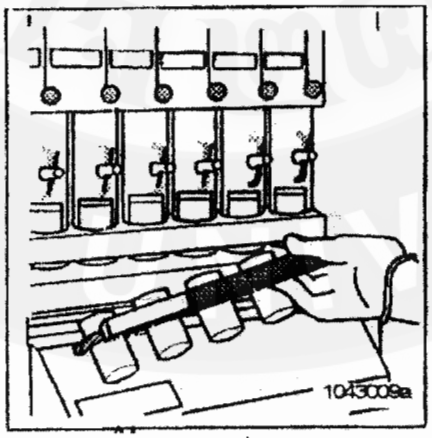


ภาพภาคผนวกที่ ผ-14 การนำ extraction cup ออกจากเครื่องโดยใช้ cup holder

3.4 ตั้ง thimble support บน hot plate

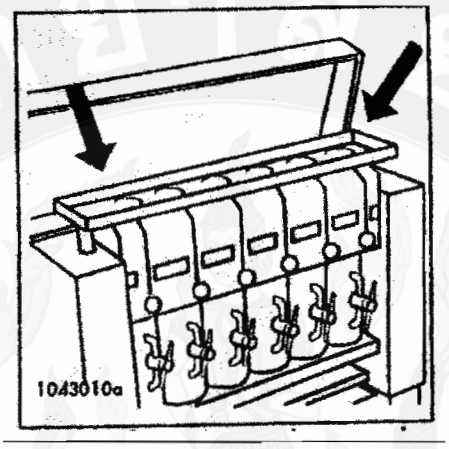
3.5 เลื่อน thimble ลงมาใน thimble support โดยเลื่อนคันโยกจากตำแหน่ง rinsing ไปตำแหน่ง boiling

3.6 นำ thimble support ที่มี thimble อยู่ออกมาจากเครื่องดังภาพภาคผนวกที่ ผ-15



ภาพภาคผนวกที่ ผ-15 การนำ thimble support ที่มี thimble อยู่ออกมาจากเครื่อง

3.7 ถ้าต้องการสกัดต่อไปให้นำ thimble และ extraction cups ชุดใหม่ใส่เข้าเครื่อง soxtes system HT แล้วเช็คปริมาณ solvent ก่อนถ้าไม่พอใช้สามารถปรับได้โดยเติมตัวทำละลายลงบนส่วนของคอนเดนเซอร์ ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-16 ถ้าไม่สกัดต่อก็นำบีกเกอร์ รองด้านล่างคอนเดนเซอร์แล้วไขเอาตัวทำละลายใส่บีกเกอร์แล้วมาใส่ขวดโดยทำทีละคอนเดนเซอร์



ภาพภาคผนวกที่ ผ-16 การเติมตัวทำละลายส่วนบนของ condensers

4. การเลิกใช้งาน

4.1 ปิดสวิทช์เครื่องและสวิทช์ของอากาศ

4.2 ปิดก๊อกน้ำเย็น

4.3 ตรวจสอบคอนเดนเซอร์ไม่ให้มีตัวทำละลายเหลืออยู่และเลื่อนคันโยกตรงกลางของ soxtec มาอยู่ที่ evaporation

$$\%FAT = \frac{(W_3-W_2) \times 100}{W_1}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ AOAC (2000)

ภาพภาคผนวกที่ ผ-17 เครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeltec system ยี่ห้อ Tecator Digestion System 12 Distilation Unit 1026

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeltec system ยี่ห้อ Tecator Digestion System 12 Distilation Unit 1026
2. Sodiumhydroxide, NaOH
3. Boric acid, H_3BO_3
4. Anhydrous sodium carbonate, Na_2CO_3
5. Bromocresol green
6. Methyl red
7. 95% Ethanol, C_2H_5OH
8. Concentrated hydrochloric acid, HCl
9. Concentrate sulfuricacid, H_2SO_4

10. Kjeltabs Catalysts ($CuSO_4$, HgO หรือ Se)

11. Ditilled water หรือ Deionized water

12. digestion tube ขนาด 100 ml

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลาย NaOH เข้มข้น 40% ใช้ Technical grade

ชั่ง NaOH 400 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2. สารละลาย NaOH เข้มข้น 1 mol/L ชนิด Analyse grade

ชั่ง NaOH 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ใส่ขวดวัดปริมาตรแล้วปรับให้ได้ปริมาตร 250 cm^3

3. สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 mol/L

ปิเปตสารละลาย NaOH เข้มข้น 1 mol/L (จากในข้อ 2) มา 25 cm^3 แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 250 cm^3

4. สารละลาย Bromocresol green

เตรียมโดยละลาย Bromocresol green 0.1 กรัม ใน ETOH 95% จำนวน 1000 cm^3

5. สารละลาย Methyl red

เตรียมโดยละลาย Methyl red 0.1 กรัม ใน ETOH 95% จำนวน 1000 cm^3

6. สารละลาย mixed indictor

เตรียมโดยละลาย Bromocresol green และ Methyl red อย่างละ 0.1 กรัมใน ETOH 95% จำนวน 1000 cm^3

7. สารละลาย Boric เข้มข้น 4%

เตรียมโดยละลาย Boric acid 40 กรัมในน้ำกลั่น 600 cm^3 แล้วนำไปตั้งบน hot plate ต้มและคนจนสารละลายหมด จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนจนได้ปริมาตร 900 cm^3 ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมสารละลาย Bromocresol green (ในข้อ 4) และ สารละลาย Methyl red (ในข้อ 5) ลงไป 10 และ 7 cm^3 ตามลำดับ ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นแล้วเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

8. สารละลายมาตรฐาน 1 mol/L HCl

เตรียมโดยตวงสารละลาย Conc.HCl มา 8.2 cm^3 แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

9. สารละลายมาตรฐาน 0.2 M HCl เตรียมโดยใช้สัดส่วนในข้อ 8 แต่ใช้กรด 2 เท่า

วิธีวิเคราะห์สารตัวอย่าง

1. ชั่งสารตัวอย่างอย่างละ 0.2-0.5 กรัม ใส่ลงใน digestion tube (ตัวอย่างต้องทำให้มีขนาดเล็กก่อนโดยการบดหรือปั่น)
2. ใส่ Kjeltabs ลงไป 1 เม็ด
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปประมาณ 5 cm^3 เขย่าเบาๆ เพื่อให้ตัวอย่างเปียก จากนั้นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที
4. ทำ blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง เพียงแต่ไม่ใส่ตัวอย่างลงไป
5. ตั้ง digestion tube ของตัวอย่างและ blank ให้ครบทุกช่องจากนั้นสวม exhaust manifold
6. ยก digestion tube และ exhaust manifold ใส่ในเครื่องย่อย (digestion ที่เปิดไว้จนร้อนที่ 420°C โดยไม่ให้มีบล็อกว่างเลย)
7. ย่อยพร้อมตั้งอัตราการไหลของอากาศของ exhaust manifold เต็มที่เป็นเวลา 5 นาที โดยหมุนวาล์วการดูดอากาศของเครื่อง exhaust manifold ไปที่ open จากนั้นลดอัตราการไหลของอากาศลง โดยหมุนวาล์วไปอยู่กึ่งกลางของ open กับ close เพื่อให้กรดหมุนเวียนอยู่ในระบบ
8. ย่อยตัวอย่างประมาณ 30-40 นาทีหรือจนกว่าสารละลายจะใส
9. ยก digestion tube มาวางบน stand ตั้งไว้ข้างๆ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในขณะที่ยังปิดฝาอยู่ เมื่อเย็นแล้วจึงเปิดฝา วางไว้บนถาดที่รองรับฝา (drid pan) การกลั่นและการวิเคราะห์ปริมาณจะใช้เครื่องกลั่นรุ่น 1026
10. กดปุ่มด่าง (ALKALI) ประมาณ 2-3 ครั้งจนในใจว่าท่อด่างไม่มีฟองอากาศหลงเหลืออยู่ โดยมีหลอดรองรับด่าง เซ็คปริมาณด่าง
11. เปิดก๊อกน้ำเพื่อหล่อเย็นเครื่องควบแน่น และเปิด power ของ distillation unit โดยกดปุ่ม power
12. Warm เครื่องโดยใช้ flask เปล่าและ digestion tube ที่บรรจุน้ำกลั่น ประมาณครึ่งหลอด ใส่เข้าใน digestion unit ให้ตรงกับช่องสำหรับสวม จากนั้นกดปุ่ม STEAM จะมีน้ำกลั่นจากแท็งก์ไหลเข้าในหลอด (ในปริมาตรที่ตั้งไว้โดยอัตโนมัติ) เพื่อกลั่นเป็นเวลา 5 นาที (ขณะนี้ไฟ STEAM จะสว่าง)
13. ปิด STEAM โดยกดปุ่ม STEAM อีกครั้งหนึ่ง (ไฟที่ STEAM จะดับ) นำ distillation tube และ flask ออกจาก distillation unit (สิ้นสุดการ Warm)

14. กดปุ่มเพื่อตั้งปริมาณของ ALKALI DELAY และเวลาที่ใช้ในการกลั่น (STEAM) ตามต้องการ

ค่าที่สามารถทำได้คือ ALKALI 1 หรือ 2 หรือ 3 strokes

DELAY 0.0 ถึง 9.9 นาที (ปกติใช้ 0.5 นาที)

STEAM 0.0 ถึง 9.9 นาที (ปกติใช้ 4 นาทีสำหรับระบบ semi micro และ 5 นาทีสำหรับระบบ macro)

15. นำ flask ซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้น 4% จำนวน 25 cm^3 ไปตั้งไว้ plateform ของเครื่องและยก plateform และให้ปลายแท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรดบอริก
16. ใส่ digestion tube ที่ผ่านการย่อยมาแล้วใน distillation unit ควรเริ่มจากหลอดที่เป็น blank ก่อนแล้วจึงตามด้วยหลอดที่ใส่ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยมาแล้ว
17. กดปุ่ม AUTO ขณะเปิดประตูพลาสติกใส เพื่อเลือกการทำงานแบบอัตโนมัติ (ไฟที่ AUTOจะสว่าง)
18. ปิด safety door น้ำและด่างจะไหลเข้าไปยังหลอดย่อยโดยอัตโนมัติแล้วจะมีการกลั่นเกิดขึ้น
19. เมื่อกลั่นเสร็จ 90 % ของเวลาแล้ว plateform จะเลื่อนลงมาเองพยายามอย่าให้หลอดแท่งแก้วจุ่มของเหลวใน flask เมื่อ flask เลื่อนลงมาแล้วเอา flask และ distillation tube ออกจาก distillation unit โดยห้ามใช้มือจับหลอดที่จุ่มในหลอดย่อย (สารละลายดังกล่าวมีสารละลายของแอมโมเนียอยู่)
20. นำ flask ไปไตรเตรตกับสารละลายมาตรฐาน HCl เข้มข้น 0.1 N ซึ่งบรรจุอยู่ใน titration unit จนได้สารละลายสีเทาอมน้ำเงิน
21. คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

$$\%N = \frac{14.007 \times (\text{volume of HCl with sample} - \text{volume of HCl with blank}) \times \text{concentration HCl(M)}}{\text{Weight of sample (g)}}$$

% protein = %N x f : กรณีการวิเคราะห์ตัวอย่างทั่วๆ ไปให้ใช้ f = 6.25

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC (2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

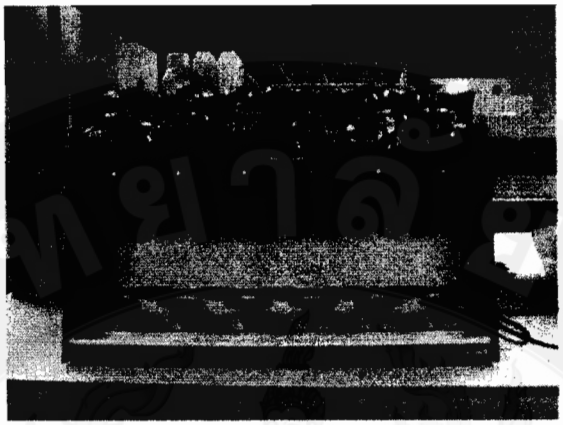
1. ถ้วยกระเบื้องซิลิกา (ครูซิเบิล)
2. เตาเผายี่ห้อ Lenton Thermal Design รุ่น AWF 130-12
3. โถดูดความชื้น (deaiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัมใส่ในครูซิเบิล ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ซึ่งผ่านการอบแห้งและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้ว
2. นำครูซิเบิลที่ใส่ตัวอย่างแล้วมาเผาด้วยตะเกียงบุนเสนจนหมดควัน
3. นำมาใส่ในเตาเผา
4. เผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 $^{\circ}$C จนกระทั่งตัวอย่างเป็นสีขาวหมด
5. นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
6. คำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด



ภาพภาคผนวกที่ ผ-18 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย ยี่ห้อ Foss รุ่น 1023 ประเทศสวีเดน

สารเคมี

1. Termamyl (heat-stable α-amylase)
   catalog Number A 3306,Sigma Chemical co.,st.louis MO 63178, USA, or
   Termamyl 300L Catalog Number 361-6282, Novo-Nordirsk, Bagsverd, Denmark
2. Protease catalog Number P3910, Sigma Chemical CO,
   เตรียมสารละลาย protease เข้มข้น 50 mg/ml ในสารละลาย Phosphate buffer
3. Amyloglucosidase
   Catalog No.AMG A9913, Sigma Chemical CO,
4. 95% Ethanol Technical grade
5. 78% Ethanol เตรียมโดยใช้ Ethanol 95% 821 ml ใส่ flask เติมน้ำให้ครบ 7 ลิตร
6. Acetone-Reagent Grade
7. PhosePhaste buffer ความเข้มข้น 0.08M, pH 6.0
   เตรียมโดยละลาย 1.400 กรัม sodium phosphate dibasic, anhydrous (Na_2HPO_4) หรือ 1.753 กรัม dehydrate และ 9.68 Sodium phosphate monobasic monohydrate (NaH_2PO_4) หรือ 10.94 กรัม dehydrate ละลายน้ำในปริมาณ 700 cm^3 แล้วปรับให้ได้ 1 ลิตร ตรวจเช็ค pH ให้ได้ 6.0

8. 0.275 sodium hydroxide

เตรียมโดยละลาย 11.00 กรัม NaOH ในน้ำกลั่น 700 cm^3 ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

9. 0.325 Hydrochloric acid

เตรียมโดยปิเปต conc.HCl ปริมาตร 26.65 cm^3 ใส่ใน flask ที่มีน้ำอยู่ ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

10. Celite 545

เครื่องมืออุปกรณ์

1. ครูซิเบิลแก้ว
2. ตู้อบลมร้อน
3. Desiccator
4. water baths
5. บีกเกอร์
6. pH meter

การเตรียมตัวอย่าง

ควรทำตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อน วิธีการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างเช่น การบดการผสม การ homogenize คนให้เข้ากันเป็นต้น โดยเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับตัวอย่างนั้น

ตัวอย่างควรจะผสมกับ enzyme ให้ได้มากที่สุดและการบดให้เล็กลง จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับ enzyme ได้มากและจะทำให้ได้ผลที่ถูกต้อง แต่ในบางกรณีถ้ามีการบดตัวอย่างละเอียดจนเกินไป จะทำให้ตัวอย่างแน่นมาก ทำให้ enzyme ไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้ เนื่องจากมีช่องว่างให้แทรกซึมเข้าไปได้น้อย วิธีนี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการคนตัวอย่างด้วยแท่งแก้ว หรือใช้ magneticstirer ถ้าตัวอย่างมีไขมันหรือน้ำตาลสูงจะต้องมีการสกัดไขมันหรือน้ำตาลออกก่อน

วิธีการหาใยอาหาร

1. การเตรียมครูซิเบิลก่อนใช้งาน

ครูซิเบิลแก้ว สามารถทนความร้อนได้ถึง 540°C แต่วิธีการทำให้ร้อนหรือทำให้เย็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยที่อัตราการให้ความร้อนไม่ควรเกิน 100°C / นาที และหลังจากการทำการเผาเสร็จแล้วการทำให้เย็นต้องทำอย่างช้า ๆ ช้ากว่า 3°C / นาทีในช่วง 40 นาทีแรก และต่อไปสามารถใช้อัตราลด 120°C / นาทีได้

ห้ามใส่ครูซิเบิลที่เปียกในเตาเผาที่ร้อน ซึ่งจะทำให้ครูซิเบิลแตกได้ พยายามให้ความร้อนครูซิเบิลอย่างช้าๆ โดยใส่เข้าไปในเตาเผา ขณะเย็นแล้วจึงเริ่มให้ความร้อนหรือถ้าเตาเผาร้อนอยู่ให้เปิดประตูเตาเผาถ่ายครูซิเบิลใส่ สักพักถึงค่อยปิดประตู ให้เตรียมครูซิเบิลให้เรียบร้อย โดยการเผาค้างคืนที่ 525°C ทิ้งให้เตาเผาเย็นลงประมาณ 130°C หรือต่ำกว่า ก่อนที่จะเอาครูซิเบิลออกมาเสร็จแล้วให้แช่น้ำ 1 ชม. หรือในน้ำยาล้างเครื่องแก้ว 2 % ล้างครูซิเบิลด้วยน้ำกลั่นหรือจากนั้น rinse ด้วย acetone ทิ้งให้แห้ง

เติม celite ประมาณ 0.5 กรัม (ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน) ลงบนครูซิเบิล อบครูซิเบิลและ celite ให้แห้ง (จนได้น้ำหนักที่คงที่) ทิ้งให้เย็น 1 ชม. ใน desiccator จดน้ำหนักของครูซิเบิลและ celite ไว้

2. การอบตัวอย่าง

อบครูซิเบิลที่มีตัวอย่างค้างคืนใน vacuum oven 70°C หรือในตู้อบ 105°C แล้วนำไปใส่ใน desiccator ทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักละเอียด คำนวณน้ำหนักโดยลบค่าครูซิเบิล+ celite ออก

3. การทำ Ashing

เผาที่ 525°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงทิ้งให้ครูซิเบิลเย็นต่ำกว่า 250°C แล้วจึงนำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนักละเอียด หักน้ำหนัก ครูซิเบิล+ celite ออก

4. การหาโปรตีน

การหา undidestible protein นั้นใช้ตัวอย่างอีกชุดหนึ่ง จากการทำ duplicate ปริมาณที่จะนำมาหาโปรตีนมี celite ประมาณ 0.5 กรัม และตัวอย่างทั้งหมดควรใช้วิธี Kjeldalh protein เนื่องจากปริมาณตัวอย่างมาก

5. การหาความบริสุทธุ์ของ enzyme

ถ้าต้องการให้แน่ใจในเรื่อง Activity ของ enzyme ที่ใช้เราสามารถตรวจสอบได้โดยการการทดสอบตามวิธีในตารางภาคผนวกที่ ผ-2 นี้ ทุกๆ 6 เดือน

ตารางภาคผนวกที่ ผ-2 การทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์

Test sample	Activiy tested	Sample Wt. (g)	Expected Recovery (%)
Citrus pectin	Pectinase	0.1	95-100
Stractan (larch gum)	Hemicellulase	0.1	95-100
Wheat Starch	Amylase	0.1	0-1
Corn Startch	Amylase	0.1	0-2
Casien	Protease	0.3	0.2
ß-Glucan (barley gum)	ß-Glucanse	0.1	95-100

ขั้นตอนการหาใยอาหารทั้งหมด

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่บน Flask ทำ 2 ซ้ำ น้ำหนักห่างไม่เกิน 20 mg (run 1 ครั้งจะมีตัวอย่างละ 2 ซ้ำ และมี Blank 2 ซ้ำ)
2. ใส่ phosphate buffer 50 cm^3 และ Termamanyl enzyme 0.1 cm^3 ปรับ pH อยู่ในช่วง 6.0±0.2 ปิดฝา Flask ด้วยอลูมินัมฟลอยด์ บ่มที่ 100^{0}C นาที (เขย่าทุกๆ 5 นาที)
3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเติม 0.275 N NaOH ประมาณ 10 cm^3 ปรับ pH อยู่ในช่วง 7.5±0.2 เติม Protease enzyme 5 mg บ่มที่ 60^{0}C ด้วย shanking water bath 30 นาที (อาจเติมโดยนำ protease enzyme 50 mg ละลายใน phosphate buffer 1 cm^3 แล้วปิเปตครั้งละ 0.1 cm^3)
4. ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเติม 0.325 N HCl 10 cm^3 ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 4.0-4.6 เติม Amyloglucosidase 0.3 cm^3 บ่มที่ 60^{0}C ด้วย shaking water bath 30 นาที
5. เติม alcohol (95% ethanol) ที่อุ่นไว้ประมาณ 60^{0}C ลงใน flask ๆ ละ 280 cm^3 (ปริมาณ 4 เท่าของ solution ที่อยู่ใน flask) ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง
6. กรองใส่ในครูซิเบิลที่มี celite 0.5 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แท้จริงของครูซิเบิลและ celite) วางครูซิเบิลที่ตำแหน่งกรองล้างตะกอนด้วย 78% Ethanol 10 cm^3 2 ครั้ง
7. ย้ายครูซิเบิลไปตำแหน่งล้างน้ำทำการล้างด้วย acetone 10 cm^3 2 ครั้ง

8. นำครูซิเบิลที่มี residue-celite อบที่ 105^{0}C ค้างคืนตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator ชั่งน้ำหนักโดยหักค่า celite และครูซิเบิล (จะได้ค่า residue weight)
9. นำครูซิเบิลซ้ำ 1 และ blank ซ้ำ 1 ไปหาปริมาณ Protein (จะได้ $mg_{protein}$, $B_{protein}$) นำครูซิเบิลซ้ำ 2 และ Blank ซ้ำ 2 ไปเผาที่ 525^{o}C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงตั้งทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักที่เหลือ (จะได้B_{ash},mg_{ash})

สูตรคำนวณหาใยอาหารทั้งหมด

$$\text{ใยอาหารทั้งหมด} = [((R_1 + R_2)/_2 - mg_{protein}\text{-}mg_{ash}\text{-}B)/((M_1+M_2)/_2)]*100$$

$$\text{Residue weight (R)} = (\text{residue + celite + crucible})_{\text{หลังอบ}} - (\text{celite + crucible})$$

$$B = (B_1 + B_2)/2 - B_{protein}\text{-}B_{ash}$$

B = Blank (mg)

B1/B2 = Residue individual blank values (mg)

$B_{protein}$ = Protein (mg) in blank

B_{ash} = Ash (mg) in blank

$mg_{protein}$ = protein (mg) in sample residue

mg_{ash} = Ash (mg) in sample residue

R_1/R_2 = Residue weight (mg) of sample duplicates

M1/M2 = Weight (mg) of sample duplicates

5. **การหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตรเตรตได้** (Total Titratable Acidity, TTA)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องปั่นผลไม้
2. บิวเรต ขนาด 50 ml
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 100 ml

สารเคมี

1. สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 mol/L

เตรียมโดยชั่ง NaOH 4.00 กรัม ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วปรับปริมาตรให้ครบด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์

ชั่งฟีนอล์ฟธาลีน 1.0 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 cm^3 เติมเอทานอลลงไป 60 cm^3 แล้วปรับปริมาตรให้ครบด้วยน้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วหนัก 50 หรือ 100 กรัม ผสมน้ำกลั่น 100 cm^3 หยดฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์ 2-3 หยดเป็นอินดิแคเตอร์ (indicator)

2. ทำการไตเตรทด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 mol/L จนกระทั่งได้สีชมพูนานประมาณ 30 วินาที แสดงว่าถึงจุดยุติแล้ว

3. อ่านค่าปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตรเตรต แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตรเตรตจากสูตร

$$\% \text{ acid} = \frac{0.0064 \times \text{ปริมาตรของNaOH} \times \text{ความเข้มข้นของNaOH} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ง
วิธีการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

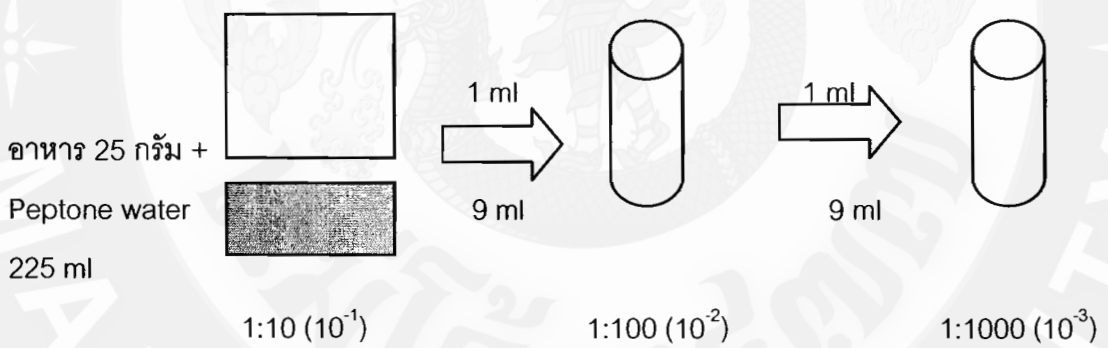
1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรียทั้งหมดในอาหารโดยวิธี Total plate count

การเจือจางตัวอย่างอาหาร

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติก เท peptone water ปริมาณ 225 ml ลงในอาหารตัวอย่างที่ชั่งไว้ แล้วนำไปเข้าเครื่อง stomacher เพื่อตีให้เข้ากัน

2. ใช้ปิเปตดูดสารแขวนลอยจากข้อ 1 มา 1 ml ใส่ลงในหลอดที่มี peptone water ปริมาณ 9 ml อยู่ผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex mixer

3. เจือจางอาหารลงไปครั้งละ 10 เท่าในลักษณะเดียวกันกับข้อ 2 (ดังภาพภาคผนวกที่ ผ-19) จนได้ dilution ที่ต้องการหรือที่คาดว่าน่าจะเพียงพอในการนับจำนวนจุลินทรีย์



ภาพภาคผนวกที่ ผ-19 การเจือจางตัวอย่างอาหารครั้งละ 10 เท่า

การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อนับจำนวนโดยวิธี Pour plate

1. ใช้ปิเปตดูดสารแขวนลอยจาก dilution ต่างๆจากขั้นตอนที่ 1 (ทำเฉพาะ dilution ที่คาดว่าน่าจะมีจุลินทรีย์ต่อ ml อยู่ในจำนวนที่นับได้) มา 1 ml ใส่ในจานเพาะเชื้อเปล่าที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2. นำอาหารวุ้น (Plat count agar) ที่หลอมเหลวและทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิ 45-50 ^{0}C มาเทลงในจานเพาะเชื้อที่ใส่สารแขวนลอยของจุลินทรีย์จาก dilution ต่างๆไว้แล้ว โดยเทประมาณ 15 ml จากนั้นทำการผสมอาหารวุ้นและสารแขวนลอยให้เข้ากันโดยวิธี pour plate

3. ทิ้งไว้ให้อาหารวุ้นแข็งตัว แล้วจึงกลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 32 – 35 ^{0}C เป็นเวลานานประมาณ 30 นาที

การคำนวณเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อกรัมหรือมิลลิกรัมของอาหาร

$$\text{CFU/g หรือ CFU/ml} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีเฉลี่ยที่นับได้}}{\text{เนื้ออาหารที่อยู่ในปริมาตรที่นำมาจาก dilution ที่ต้องการวิเคราะห์}}$$

2. การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และราทั้งหมดในอาหารโดยวิธี spread plate

1. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหารในลักษณะเดียวกันกับวิธี total plate count ข้างต้น

2. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่ถูกเจือจางที่ dilution ต่างๆ มา 0.1 ml ใส่ลงในจานที่เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (pH 4.5-5.5 อบให้ผิวหน้าแห้ง) ไว้ โดยทำ 2 ซ้ำจากแต่ละ dilution เกลี่ยเชื้อให้กระจายอย่างทั่วถึงทั่วผิวหน้าของอาหารโดยการ spread plate

3. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 ^{0}C เป็นเวลานาน 5 วัน (มีการตรวจสอบดูจานเพาะเชื้อทุกวัน เนื่องจากเชื้อราบางชนิดเจริญอย่างรวดเร็วจนกลบทับโคโลนีอื่นๆ ก่อนครบกำหนดการบ่ม ทำให้การนับจำนวนคลาดเคลื่อนได้)

4. นับโคโลนีในการเพาะเชื้อโดยเลือกจากจานที่โคโลนีประมาณ 10 – 150 โคโลนี

5. การคำนวณใช้วิธีเดียวกันกับ total plate count

3. การวิเคราะห์จำนวน E. coli และ Coliform bacteria ในอาหารโดยวิธี spread plate

1. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหารในลักษณะเดียวกันกับวิธีหาจำนวนยีสต์และราข้างต้น

2. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่ถูกเจือจางที่ dilution ต่างๆ มา 0.1 ml ใส่ลงในจานที่เทอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB agar (อบให้ผิวหน้าแห้ง) ไว้ โดยทำ 2 ซ้ำจากแต่ละ dilution เกลี่ยเชื้อให้กระจายอย่างทั่วถึงทั่วผิวหน้าของอาหารโดยการ spread plate

3. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลานาน 25 ชั่วโมง

4. นับโคโลนีในการเพาะเชื้อโดยเลือกจากจานที่โคโลนีประมาณ 30 – 300 โคโลนี

5. การคำนวณใช้วิธีเดียวกันกับ total plate count

ภาคผนวก จ
วิธีการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

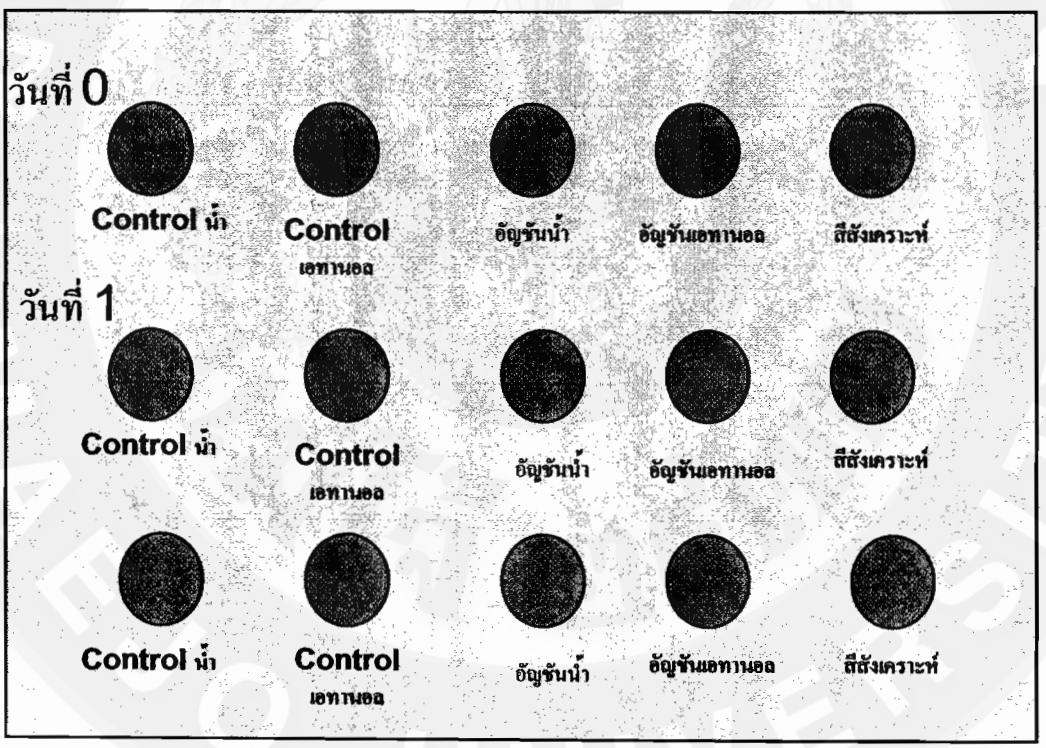
การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีทั้งหมด 57 treatment ใช้เวลา 1 วันในการทดสอบ ซึ่งในการเตรียมตัวอย่างจะเตรียมตัวอย่างวุ้นในลูกลำไย 3 วันวันละ 19 treatment ดังนี้คือ

1. วุ้นในลูกลำไย control น้ำ
2. วุ้นในลูกลำไย control เอทานอล
3. วุ้นในลูกลำไยใส่สีใบเตยที่สกัดจากน้ำ
4. วุ้นในลูกลำไยใส่สีใบเตยที่สกัดจากเอทานอล 40%
5. วุ้นในลูกลำไยใส่สีใบเตยที่สกัดจากเอทานอล 95%
6. วุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สีเขียวเข้ม
7. วุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สีเขียวอ่อน
8. วุ้นในลูกลำไยใส่สีอัญชันที่สกัดจากน้ำ
9. วุ้นในลูกลำไยใส่สีอัญชันที่สกัดจากเอทานอล 40%
10. วุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สีน้ำเงิน
11. วุ้นในลูกลำไยใส่สีคำฝอยที่สกัดจากน้ำ
12. วุ้นในลูกลำไยใส่สีคำฝอยที่สกัดจากเอทานอล 40%
13. วุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สีเหลือง
14. วุ้นในลูกลำไยใส่สีบีทรูทที่สกัดจากน้ำ
15. วุ้นในลูกลำไยใส่สีบีทรูทที่สกัดจากเอทานอล 60%
16. วุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สีชมพู
17. วุ้นในลูกลำไยใส่สีกระเจี๊ยบที่สกัดจากน้ำ
18. วุ้นในลูกลำไยใส่สีกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล 40%
19. วุ้นในลูกลำไยใส่สีสังเคราะห์สีแดง

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของวุ้นในลูกลำไยจะใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนเบื้องต้น (Semi-trained panelists) จำนวน 15 คนจากนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้ อายุ 21-23 ปี โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Linear scaling ความยาว 12 cm. ทางด้านความเข้มของสี กลิ่นลำไย รสลำไย รสเปรี้ยว ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวมทุกวันเป็นเวลา 3 วัน โดยวิธีการ train นั้นจะยกตัวอย่างวุ้นในลูกลำไยลักษณะต่าง ๆที่ใช้ทดสอบและบอกระดับคะแนนของตัวอย่างนั้นก่อนที่จะทำการทดสอบชิม

ผู้ทดสอบชิมจะได้รับตัวอย่างเป็นชุดๆ โดย 1 ชุดจะมี 1 สีที่มีทั้งวุ้นในลูกลำไยที่ใส่สีสังเคราะห์และสีธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล และทุกชุดจะมีทั้งตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษา 0 วัน 1 วัน และ 2 วัน ดังแผนภาพ



ผู้ทดสอบจะได้รับวุ้นในลูกลำไยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

ความเข้มของสี : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนความเข้มของสีวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

รสลำไย : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนรสของลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

กลิ่นลำไย : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนกลิ่นของลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

รสเปรี้ยว : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนรสเปรี้ยวของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ความแข็ง : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนความแข็งของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ความยืดหยุ่น : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนความความยืดหยุ่นของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ความชอบโดยรวม : ดูการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบโดยรวมของวุ้นในลูกลำไยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

แบบทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย

ชื่อ-สกุลผู้ตอบ.....วันที่ทดสอบ.....

กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ โดยบ้วนปากด้วยน้ำก่อนทำการทดสอบแต่ละตัวอย่าง แล้วระบุระดับความชอบของท่านที่มีต่อลักษณะของตัวอย่างนั้นๆ โดยทำเครื่องหมาย I และระบุรหัสตัวอย่างลงบนเส้นสเกลที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

เช่น สี

น้อย 342 ปานกลาง มาก

รหัสตัวอย่าง ....

ความเข้มของสี

น้อย ปานกลาง มาก

รสลำไย

น้อย ปานกลาง มาก

กลิ่นลำไย

น้อย ปานกลาง มาก

รสเปรี้ยว

น้อย ปานกลาง มาก

ความแข็ง

น้อย ปานกลาง มาก

ความยืดหยุ่น

น้อย ปานกลาง มาก

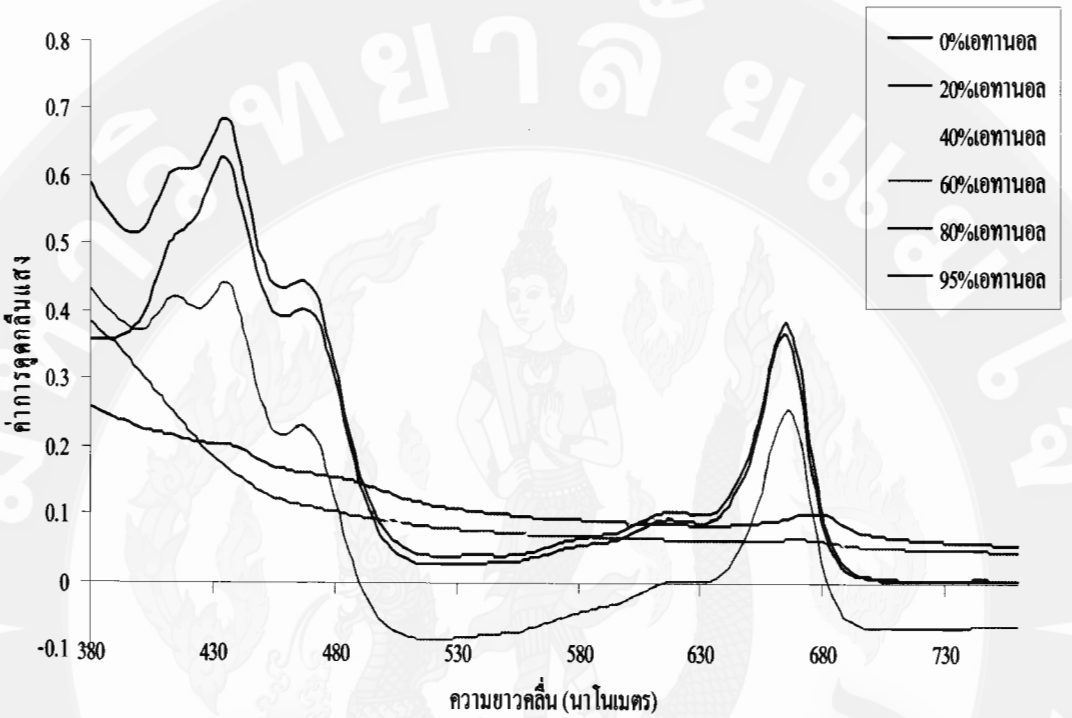
ความชอบโดยรวม

น้อย ปานกลาง มาก

ข้อคิดเห็น.....

.....ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ฉ
สเปกตรัมของใบเตยที่สกัดโดยใช้เอทานอลความเข้มข้นระดับต่างๆ

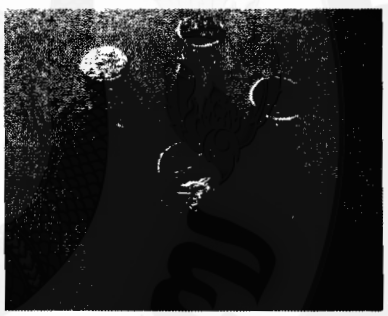


ภาพภาคผนวกที่ ผ-20 สเปกตรัมของใบเตยที่เอทานอลความเข้มข้นระดับต่างๆ

ภาคผนวก ช
ขั้นตอนการผลิตวุ้นและวุ้นในลูกลำไยใส่สีที่สกัดจากธรรมชาติ/สีสังเคราะห์

ชั่งวัตถุดิบ

เทสารละลายที่ใช้สกัดสี



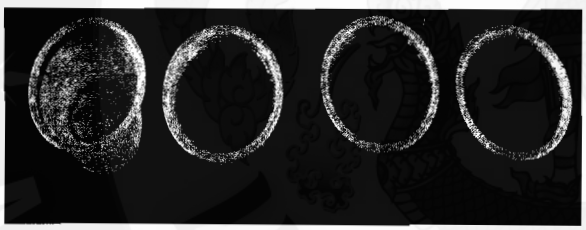
ปิดปากขวดด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยด์

เขย่าจนกว่าจะได้ระยะเวลาที่เหมาะสม

กรองสารละลายสีเพื่อกำจัดตะกอน

เก็บในขวดฝาเกลียว

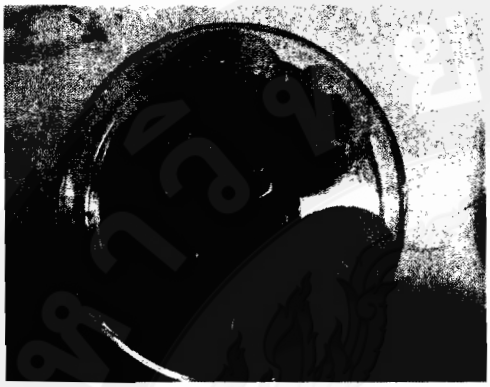
ผสมวุ้น 1 g สารละลายสี 10 ml น้ำเชื่อม 18° Brix 90 ml
เคี่ยวในการะทะทองเหลืองที่อุณหภูมิ 95 °C 5 นาที



เทลงพิมพ์วุ้น

เทลงในลูกลำไยที่คว้านเมล็ดแล้ว

ภาคผนวก ซ
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์วุ้นในลูกลำไย

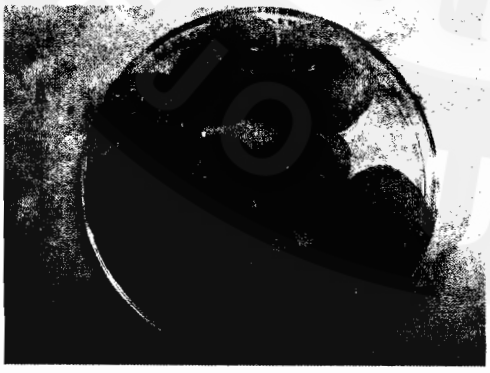


วุ้นในลูกลำไยสีดอกคำฝอย

วุ้นในลูกลำไยสีกระเจี๊ยบ

วุ้นในลูกลำไยสีดอกอัญชัน

วุ้นในลูกลำไยสีใบเตย



วุ้นในลูกลำไยสีบีทรูท