ความคงตัวของสารสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบ

Color Stability of *Hibicus sabdariffa* Linn. Extract

จันทิรา วงศ์วิเชียร[1] ฉัตรชัย สังข์ผุด[1] จันทร์จิรา เจ๊ะละหวัง[2]

Chantira Wongwichian[1] Chatchai Sungpud[1] Junjira Jalawang[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อความคงตัวของสารสีที่สกัดจากดอกกระเจี๊ยบ โดยทำการศึกษาที่ระดับอุณหภูมิคือ 65 75 85 100 และ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 20 และ 25 นาที พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลทำให้ค่า a* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือ อุณหภูมิและเวลาที่ 100 องศาเซลเซียส 25 นาที มีผลต่อการสูญเสียสีแดงน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที คือ ค่า a* จาก 46.95 + 1.53 เป็น 28.34+0.22 พบว่าสีของแอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงจากม่วงเป็นม่วงแดงจนจางลงเป็นสีเหลืองและเป็นสีน้ำตาลจากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างที่ระดับ 2-12 พบว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ค่า a* เท่ากับ 41.22 + 0.10 มีผลต่อการสูญเสียสีแดงน้อยกว่าที่ระดับความเป็นกรด-ด่างอื่นๆ สำหรับการศึกษาระดับความเข้มข้นของสีที่ระดับ 0.1 0.2-10 กรัม/100 มิลลิลิตร พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสีค่า L*C*h มีค่าลดต่ำลงและค่อนข้างคงที่ และเมื่อทำการเก็บรักษาที่ 7 15 และ 30 วัน ในภาชนะขวดแก้วสีใส สีเขียว สีน้ำตาล ทึบแสง ในสภาวะที่ให้แสง และไม่ให้แสง พบว่าระยะการเก็บรักษามีผลให้ค่า a* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อเก็บได้ 15 วันค่า a* ยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่หลังจากวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ค่า a* จะลดลงและค่อนข้างคงที่

Key words : Hibicus Sabdariffa Linn. , Color, Stability, Temperature, pH, Light

---

[1] อาจารย์หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

บทนำ

กระเจี๊ยบ *(Hibiscus sabdariffa Linn.)* เป็นไม้พุ่มไม้ขนาดเล็ก ลำต้นและกิ่งก้านมีสีม่วงแดง สูง 1-2 เมตร ใบเดี่ยวมีรูปร่างคล้ายฝ่ามือ มีแผ่น ใบมีหลายรูปแบบ ขอบใบเรียบหรือหยักลึก 2-3 แฉกใบกว้างและยาว ใกล้เคียงกัน 8-12 เซนติเมตรดอกเป็นดอกเดี่ยว ส่วนที่ใช้ประโยชน์คือใบประดับ กลีบรองดอก ยอดและใบอ่อน ใบอ่อนมีกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก มัลลิก ทำให้มีรสเปรี้ยว ใช้แกงส้ม ใบประดับและกลีบรองดอกใช้ทำแยม ทำน้ำกระเจี๊ยบ ใช้แต่งสีแดงในอาหารหวาน (กุลยา, 2533) สีของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญซึ่งผลมีต่อการยอมรับของ ผู้บริโภค โดยทั่วไปกระบวนการแปรรูปต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมักจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเปลี่ยนแปลงไปจากรงควัตถุเริ่มต้น ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุที่ให้สีตามธรรมชาติได้แก่ คลอโรฟิลล์ เบต้า-แคโรทีน และแอนโทไซยานิน มีความเสถียรค่อนข้างต่ำ สีแดงที่สกัดจากกระเจี๊ยบเป็นรงควัตถุประเภทแอนโทไซยานิน (เทียนศักดิ์, 2436) แอนโทไซยานินอยู่ในกลุ่มของ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่สำคัญในผักผลไม้หลายชนิด ซึ่งให้สีแดง น้ำเงิน หรือม่วง แอนโทไซยานินจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในรูปของไกลโคซายด์ (glycoside) ที่ละลายใน cell sap (ตะวันฉาย, 2543) ในปัจจุบันได้มีการหาวิธีการรักษาความคงตัวของสีในผักและผลไม้ที่แปรรูปด้วย วิธีต่างๆ เช่น การปรับสภาพให้เป็นด่าง การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ หรือทั้งสองวิธีร่วมกันเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เกลือของโลหะต่างๆ เช่น Zn^{2+} Cu^{2+} ในรูปของเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตในการรักษาความคงตัวของสีในเนื้อเยื่อ (ประพันธ์, 2546)

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งศึกษาผลของอุณหภูมิเวลาในการให้ความร้อนความเป็นกรด-ด่าง และแสง ต่อความคงตัวของสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบเข้มข้นและชนิดผงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

ดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง

2. อุปกรณ์

ขวดแก้วขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตรสีต่างๆ สีชา สีขาว สีเขียว ทึบแสง พร้อมฝาจีบ

3. เครื่องมือ

3.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Polyscience รุ่น IL-60714 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2 หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) ยี่ห้อ HICLAVE™ รุ่น HVE-50 ประเทศจีน

3.3 เครื่องวัด pH ยี่ห้อ ORION รุ่น Model 1260 ประเทศเยอรมัน

3.4 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ ColorFlex รุ่น CX 1697 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.5 เครื่องสกัดไขมันแบบธรรมดา ยี่ห้อ Gerhadf รุ่น EV16 ประเทศไทเป

3.6 เครื่องกลั่นลดความดัน ยี่ห้อ BUCHI ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.7 เครื่องอัดฝาจีบ

3.8 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM 500 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.9 เครื่องบดผสม ยี่ห้อ BLENDER รุ่น 32BL79 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.10 เครื่องผสมสารละลาย ยี่ห้อ VERTEX Genic 2 รุ่น G-560E ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. สารเคมี

4.1 กรดบอริก (H_3BO_3)

4.2 กรดซิตริก ($H_3C_6H_5O_7.H_2O$)

4.3 โซเดียมไดรฟอสเฟต ($Na_2PO_4.12H2$)

4.4 เอทานอลร้อยละ 95

5. วิธีการทดลอง

ในแต่ละขั้นตอนของการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ (CRD) โดยกำหนดจำนวนซ้ำเท่ากับ 3 ซ้ำ

1) วิธีการสกัดสารสีจากกระเจี๊ยบ

เตรียมสารสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบ โดยนำกระเจี๊ยบมาบดให้ละเอียด สกัดด้วยเครื่อง Soxhlet Asparatus แบบธรรมดา ใช้สารละลายเอทานอลร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลาย นำสารสีที่สกัดเสร็จแล้วไปใส่ในตู้อบอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น บรรจุตัวอย่างในขวดสีชา เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสใช้สำหรับการทดลองต่อไป

2) การศึกษาความคงตัวต่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน

วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD (5x4) ศึกษาผลของอุณหภูมิ 5 ระดับคือ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีการแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้วิธีการแช่ในน้ำเดือด ส่วน 121 องศาเซลเซียส ใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำในการให้ความร้อน และผลการแปรระยะเวลา 4 ระดับคือ 10 15 20 และ 25

นำตัวอย่างที่สกัดได้ในขั้นต้นมาละลายด้วยน้ำกลั่นปรับระดับความเข้มข้นเป็น 1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร แบ่งบรรจุใส่หลอดทดลองขนาดกลางหลอดละ 20 มิลลิลิตร นำไปทดสอบความคงตัวด้วยความร้อน เสร็จแล้วนำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ระบบ CIE L* a* b*

3) การศึกษาความคงตัวต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง

ชั่งตัวอย่างสารสีที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบในขั้นต้นมา 1 กรัมละลายด้วยบัฟเฟอร์ผสม (กรดบอริก 0.20 โมลาร์ กรดซิตริก 0.05 โมลาร์ และโซเดียมไดรฟอสเฟส 0.10 โมลาร์) ที่ปรับระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง 19 ระดับ คือ 2.0, 2.5,.....12.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร ดูดตัวอย่างใส่หลอดทดลองขนาดกลางหลอดละ 20 มิลลิลิตร ปั่นผสมกันด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ระบบ CIE L* a* b*

4) การศึกษาอัตราการเจือจางต่อระดับความเข้มข้นของสี

ศึกษาอัตราการเจือจางของสารสี 2 ช่วงระดับความเข้มข้นโดยการชั่งตัวอย่างสารสีที่สกัดได้ในขั้นต้นมา 2 ช่วง คือ 0.1, 0.2,.....1.0 กรัม และ 1.0, 2.0,.....,10.0 กรัม มาละลายด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่อง วัดสี Hunter Lab ระบบ CIE L* a* b*

5) การศึกษาความคงตัวในขวดแก้วสีต่างๆ

ชั่งตัวอย่างสารสีที่สกัดได้ในขั้นต้นมา 1 กรัม ละลายด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที บรรจุใส่ขวดแก้วสีต่างๆ (บรรจุร้อน) ปิดฝาแช่ในน้ำแข็งทันที แล้วเก็บรักษาในสภาวะที่ให้แสงและไม่ให้แสง เป็นเวลา 7 15 และ 30 วัน แล้วนำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ระบบ CIE L* a* b*

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน

การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อความคงตัวของสารสีที่สกัดจากดอกกระเจี๊ยบ โดยทำการศึกษาที่ระดับอุณหภูมิคือ 65 75 85 100 และ 121 องศาเซลเซียส เวลา 10 15 20 และ 25 นาที พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลทำให้ค่า a* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือ อุณหภูมิและเวลาที่ 100 องศาเซลเซียส 25 นาที มีผลต่อการสูญเสียสีแดงน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที คือค่า a* จาก 46.95 ± 1.53 เป็น 28.34±0.22 ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าสีของแอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลง จากม่วงเป็นม่วงแดงจนจางลงเป็นสีเหลืองและเป็นสีน้ำตาล โดยค่า a* จะมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาสูงขึ้น เพราะความร้อนที่ให้นั้นมีผลทำให้อนุพันธ์ของแอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนฟอร์มจึงทำให้เกิดการจางลงของสี โดยเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำตาลที่มีโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อความเข้มของสีลดลงเป็นผลทำให้สีของแอนโทไซยานินในสารสกัดกระเจี๊ยบแดงลดลงด้วย ซึ่งไม่ใช่เพราะปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) แต่เกิดจาก thermodegradation ของแอนโทไซยานิน และ brown polymer formation (Tsai และคณะ, 2003)

ตารางที่ 1 อิทธิพลของอุณหภูมิละเวลาที่มีผลต่อความคงตัวต่อสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบ

temperature (°C)	time (min)	L*	a*	b*	ΔE*
65	10	$34.89^{def} \pm 0.02$	$47.54^{abcde} \pm 0.74$	$48.31^{abcd} \pm 0.19$	$2.49^{d} \pm 1.96$
	15	$34.46^{def} \pm 0.10$	$47.46^{abcde} \pm 0.64$	$48.13^{abcd} \pm 0.30$	$2.21^{d} \pm 0.04$
	20	$34.39^{def} \pm 0.03$	$47.04^{bcde} \pm 1.10$	$47.91^{abcd} \pm 0.12$	$1.91^{d} \pm 1.03$
	25	$34.23^{def} \pm 3.65$	$46.78^{cde} \pm 1.01$	$47.34^{bcde} \pm 1.26$	$1.56^{d} \pm 0.58$
75	10	$38.38^{bcd} \pm 6.79$	$47.91^{abcd} \pm 0.17$	$48.97^{abc} \pm 0.90$	$11.91^{bc} \pm 16.08$
	15	$41.44^{ef} \pm 1.74$	$48.30^{ab} \pm 1.06$	$49.27^{ab} \pm 0.52$	$17.19^{de} \pm 1.16$
	20	$42.61^{a} \pm 0.07$	$48.79^{a} \pm 1.72$	$49.45^{a} \pm 0.13$	$22.14^{a} \pm 0.27$
	25	$37.27^{cde} \pm 5.00$	$47.91^{abcd} \pm 0.17$	$48.94^{abc} \pm 0.93$	$5.24^{cd} \pm 6.68$
85	10	$35.34^{def} \pm 0.02$	$47.74^{abcde} \pm 0.03$	$48.55^{abcd} \pm 0.21$	$3.17^{d} \pm 0.08$
	15	$35.41^{def} \pm 0.97$	$47.85^{abcd} \pm 0.16$	$48.87^{abc} \pm 0.28$	$3.33^{d} \pm 2.28$
	20	$34.90^{def} \pm 0.75$	$47.58^{abcde} \pm 0.18$	$48.50^{abcd} \pm 0.21$	$2.81^{d} \pm 0.08$
	25	$40.11^{abc} \pm 0.57$	$47.99^{abc} \pm 0.21$	$49.09^{abc} \pm 0.46$	$14.78^{abc} \pm 0.50$
100	10	$34.31^{def} \pm 0.19$	$46.92^{bcde} \pm 0.02$	$47.72^{abcd} \pm 3.23$	$1.64^{d} \pm 0.06$
	15	$33.62^{ef} \pm 0.08$	$46.53^{de} \pm 0.04$	$47.27^{cde} \pm 1.09$	$1.35^{d} \pm 0.27$
	20	$33.20^{ef} \pm 0.81$	$46.37^{e} \pm 0.47$	$46.66^{ef} \pm 1.67$	$1.13^{d} \pm 0.10$
	25	$34.34^{def} \pm 0.03$	$46.95^{bcde} \pm 1.54$	$47.72^{abcd} \pm 0.81$	$1.67^{d} \pm 0.50$
121	10	$35.66^{def} \pm 0.06$	$47.88^{abcd} \pm 0.09$	$48.87^{abc} \pm 0.16$	$4.09^{d} \pm 4.79$
	15	$32.04^{f} \pm 2.36$	$34.17^{f} \pm 0.42$	$45.25^{f} \pm 0.17$	$0.96^{d} \pm 0.02$
	20	$32.12^{f} \pm 0.61$	$35.36^{f} \pm 0.38$	$45.68^{ef} \pm 0.21$	$1.02^{d} \pm 0.33$
	25	$31.88^{f} \pm 1.27$	$28.34^{g} \pm 0.23$	$45.23^{f} \pm 0.35$	$0.82^{d} \pm 0.07$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)

ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

2. ผลของค่าความเป็นกรด - ด่าง

จากผลการทดลองผลของความเป็นกรดด่างที่แตกต่างกัน คือ 2.0-12 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันส่งผลให้ค่า a* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.5 ค่า a* มีค่าสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 41.22 ±0.10 ดังแสดงในตารางที่ 2 และเมื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้มีค่าสูงขึ้น พบว่าค่า a* มีแนวโน้มต่ำลงโดยพบว่าที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ค่า a* มีค่าต่ำที่สุดซึ่งเท่ากับ 25.21 ±0.02 เนื่องจากสารสีพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanins) เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ไวมากเนื่องจากขาดประจุบวก flavylium ฉะนั้นสารสีแอนโทไซยานิน จึงไวต่อความเป็นกรด-ด่างมาก และที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3.5 สีจะเปลี่ยนได้ง่ายมากในสภาวะที่มีกรดอะมิโน น้ำตาลที่มีกลุ่มสารประกอบฟีนอล อันเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกันของสารสีแอนโทไซยานินกับสารเหล่านี้ ในกรณีที่มีกรดแอสคอบิค (ascorbic acid) สารสีแอนโทไซยานินก็จะเกิดการแตกตัวโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเป็น phenolicbenzoic acids การแทนที่ที่คาร์บอนตัวที่ 4 (C-4) หรือ -phenol group จะช่วยให้สารสีอันแอนโทไซยานินมีความอยู่ตัวมากขึ้น (Sankaranarayan 1987 อ้างโดย อุดม กาญจน และธีรวรรณ, 2524) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Henry (1992 อ้างโดย นัยวิท, 2538) พบว่าสีของแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเป็นกรด- ด่างของสภาวะแวดล้อม คือแอนโทไซยานินมีการ เปลี่ยนแปลงจากสีแดงที่ความเป็นกรด-ด่าง 1.0 เป็น สีน้ำเงิน-แดง ที่ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 4.0 สีม่วง ที่ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 6.0 สีน้ำเงิน ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 8.0 สีเขียว และ สีเหลืองที่ความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 12.0 และ 13.0 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 อิทธิผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบ

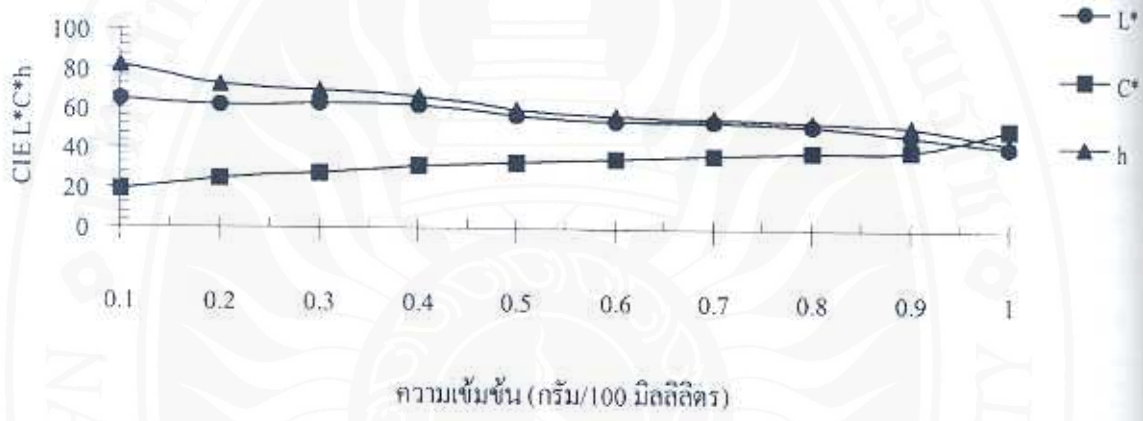
กรดและด่าง	L*	a*	b*	ΔE*
2.0	$26.92^{bcdef} \pm 0.18$	$49.78^{a} \pm 0.09$	$44.42^{a} \pm 0.18$	$7.99^{i} \pm 0.22$
2.5	$29.76^{bcd} \pm 0.07$	$48.77^{b} \pm 0.09$	$45.67^{a} \pm 0.32$	$4.81^{i} \pm 0.43$
3.0	$31.91^{abc} \pm 0.05$	$48.53^{b} \pm 0.01$	$45.85^{a} \pm 0.14$	$3.23^{i} \pm 0.15$
3.5	$27.64^{bcdef} \pm 0.06$	$47.99^{b} \pm 0.03$	$43.11^{ab} \pm 0.59$	$8.09^{i} \pm 0.43$
4.0	$33.30^{ab} \pm 0.16$	$41.06^{c} \pm 0.34$	$35.24^{cd} \pm 0.04$	$15.20^{gh} \pm 0.13$
4.5	$28.23^{bcdef} \pm 0.12$	$41.22^{c} \pm 0.10$	$37.22^{bc} \pm 0.63$	$14.42^{h} \pm 0.49$
5.0	$29.43^{bcd} \pm 0.07$	$35.62^{d} \pm 0.02$	$34.34^{cd} \pm 0.17$	$19.50^{g} \pm 0.13$
5.5	$37.28^{a} \pm 0.21$	$23.57^{i} \pm 0.27$	$30.39^{de} \pm 0.26$	$30.91^{bcd} \pm 0.09$
6.0	$32.60^{abc} \pm 0.08$	$24.33^{ij} \pm 0.07$	$30.14^{def} \pm 0.19$	$30.24^{cde} \pm 0.17$
6.5	$25.75^{defg} \pm 0.19$	$26.15^{fg} \pm 0.13$	$28.95^{def} \pm 0.47$	$30.60^{bcde} \pm 0.35$
7.0	$22.74^{efg} \pm 1.10$	$24.91^{hi} \pm 0.39$	$26.76^{ef} \pm 0.75$	$33.78^{bc} \pm 0.53$
7.5	$27.53^{bcdef} \pm 7.02$	$24.08^{ij} \pm 1.12$	$30.07^{def} \pm 2.65$	$31.65^{bc} \pm 1.52$
8.0	$27.56^{bcdef} \pm 5.65$	$24.72^{hij} \pm 0.97$	$31.11^{de} \pm 2.77$	$30.33^{cde} \pm 2.29$
8.5	$20.52^{gh} \pm 6.14$	$26.90^{f} \pm 2.05$	$26.89^{ef} \pm 5.63$	$33.52^{bc} \pm 5.87$
9.0	$16.68^{hi} \pm 6.13$	$29.02^{e} \pm 0.71$	$24.12^{fg} \pm 8.08$	$35.64^{b} \pm 8.96$
9.5	$12.81^{i} \pm 2.62$	$26.30^{fg} \pm 0.45$	$18.87^{g} \pm 3.83$	$42.42^{a} \pm 4.17$
10.0	$21.93^{fgh} \pm 2.68$	$25.85^{fgh} \pm 0.45$	$32.73^{cde} \pm 3.50$	$29.96^{cde} \pm 2.48$
10.5	$22.70^{efg} \pm 0.39$	$25.12^{ghi} \pm 0.02$	$34.53^{cd} \pm 0.55$	$29.16^{cdef} \pm 0.41$
11.0	$28.77^{bcde} \pm 5.05$	$24.85^{hi} \pm 0.25$	$41.83^{ab} \pm 5.82$	$25.51^{ef} \pm 2.66$
11.5	$28.15^{bcdef} \pm 5.68$	$24.25^{ij} \pm 0.36$	$42.42^{ab} \pm 5.82$	$26.32^{def} \pm 2.80$
12	$26.76^{cdef} \pm 0.15$	$25.21^{ghi} \pm 0.02$	$43.03^{ab} \pm 0.37$	$24.65^{f} \pm 1.03$

หมายเหตุ : ค่าแสดง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)

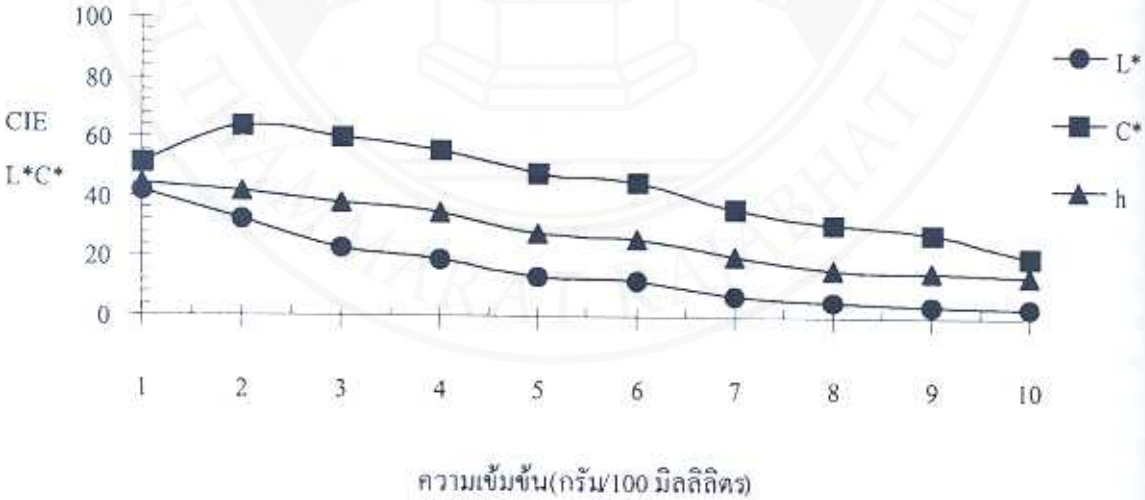
ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3. ผลของอัตราการเจือจาง

จากผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบส่งผลให้ค่า C* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และจากภาพที่ 1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CIE L* C* h และ ความเข้มข้นกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0-0.1 ค่า L* C* h เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีมากกว่า 0.1 พบว่าค่า L* h มีแนวโน้มลดลง และค่า C* มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ และจากภาพที่ 2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CIE L* C* h และ ความเข้มข้นกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0-1 ค่า L* C* h มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีมากกว่า 1 พบว่าค่า L* C* h เริ่มลดลง ค่า C* เริ่มลดลงที่ความเข้มข้น 3.0 กรัม/ 100 มิลลิลิตร



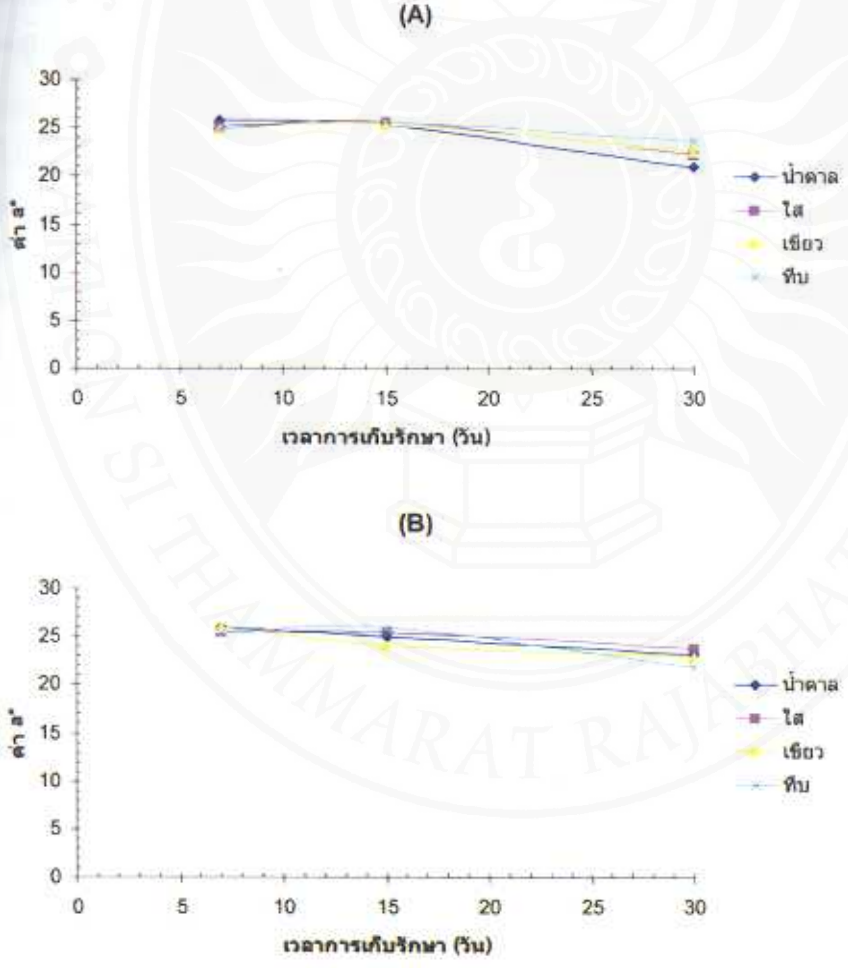
ภาพที่ 1 แสดงค่าสีของสารสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบที่ระดับความเข้มข้น 0.1-1 กรัม/100 มิลลิลิตร



ภาพที่ 2 แสดงค่าสีของสารสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบที่ระดับความเข้ม 1-10 กรัม/100 มิลลิลิตร

4.ผลของการบรรจุในขวดแก้วสีต่างๆ

จากผลการทดลองพบว่าหลังจากน้ำสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 และบรรจุขวดแก้วชนิดต่างๆ คือ ขวดแก้วสีใส ขวดแก้วสีเขียว ขวดแก้วสีน้ำตาล ขวดแก้วทึบแสง แล้วเก็บรักษาในสภาวะที่ให้แสง และสภาวะที่ไม่ให้แสง พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่า a* คือระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ค่า a* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) สภาวะและชนิดสีของขวดแก้วไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาได้ 15 วัน ค่า a* จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่หลังจากวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ค่า a* จะลดลงและค่อนข้างคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Francis (1985) พบว่าค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินในสตอเบอรี่ที่เก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่า 1300 ชั่วโมง แต่เมื่อเก็บไว้ที่ 38 องศาเซลเซียส จะมีค่าเพียง 240 ชั่วโมงเท่านั้น นอกจากนี้ความคงตัวของสารสีแอนโทไซยานินยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น เอนไซม์ (anthocyanase, phenolxidase, และ peroxidase) กรด-ด่าง อุณหภูมิ ออกซิเจน แสง โลหะ กรดแอสคอบิก เป็นต้น แยมสตรอเบอรี่ซึ่งมีสีแดงเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ปี จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงเนื่องจากมีสารโฟสบาเฟน (phlobaphen) เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (สิรินาถ , 2545)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ในระหว่างการเก็บรักษาสารสีจากกระเจี๊ยบที่บรรจุในขวดแก้วสีต่างๆ (A) เก็บในสภาวะให้แสง ,(B) เก็บในสภาวะไม่ให้แสง

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา ผลของอุณหภูมิ เวลา แสง และความเป็นกรด-ด่างต่อความคงตัวของสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีที่สกัดจากกระเจี๊ยบ คือ อุณหภูมิ เวลา และความเป็นกรด-ด่าง พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 เป็นสภาวะที่สารสีที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบมีความคงตัวได้มากที่สุดและจะมีความคงตัวได้ 15 วันของการเก็บรักษา ส่วนความเข้มข้นของสีหากเพิ่มปริมาณมากตัวอย่างก็จะมีความเข้มข้นมากจนถึงจุดอิ่มตัวที่ความเข้มข้น 1 กรัม/100 มิลิลิตร

เอกสารอ้างอิง

กุลยา จันทร์อรุณ.2533.**เคมีอาหาร.**โรงพิมพ์การศาสนา.กรุงเทพ.หน้า 237

ตะวันฉาย ศิริวงศ์.2543.**วิตามินซีกับสุขภาพ.** ข่าวสาร ก.ฝ.ฟ. ปีที่ 30 หน้า 8-9

เทียนศักดิ์ เมฆพรรณ โอกาส.2543.**สารให้สีของพืช.** วิทยาศาสตร์ปีที่ 47 (2): 118-124

นัยวิท เฉลิมนนท์. 2538. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทับธ์ ปิ่นศิโรดม.2546.**ผลของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และเกลือสังกะสีคลอไรด์ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย.**อาหาร ปีที่ 33 ฉบับที่ 4. หน้า 277-282

สิรินาถ ตัณฑเกษม. 2545. **การศึกษาสมบัติและความคงตัวของรงควัตถุแอนโทไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงในเยลลี่.** ว.อาหาร 32 (2): 124-130.

อุดม กาญจนปกรณ์ชัย และ วีรวรรณ รางแดง.2524. **สารสีผสมอาหาร.ว.อาหาร** 13 (4):233

Francis,F.J. 1985.**Pigment and other colorants.**pp. 557-563.In Fenema.New York

Tsai, P.J. and Huang, H.P. 2003. **Effect of polymerization on the anitioxidant capacity of anthocyanin in Roselle.** Food Res Int. 37: 313-318.