



การเตรียมเลคจากหงอนไก่เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง
PREPARATION OF LAKE PIGMENT FROM *Celosia argentea* L.
FOR COSMETIC APPLICATION

มโนชา นิจปิยนันท์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การเตรียมเลคจากหงอนไก่เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง
PREPARATION OF LAKE PIGMENT FROM *Celosia argentea* L.
FOR COSMETIC APPLICATION

มโนชา นิจปิยนันท์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การเตรียมเลคจากทองเอนไก่เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง
PREPARATION OF LAKE PIGMENT FROM *Celosia argentea* L.
FOR COSMETIC APPLICATION


มโนชา นิธิยานันท์

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
2565

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพงษ์ ใจวุฒิ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ปัญญาวัฒน์ ปินตาทอง)

.....กรรมการ

(ดร.ณัฐราวุฒิ ชูติปราโมทย์)

บรรณาธิการ.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรณิศา ชัยญาณะ)

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณความช่วยเหลือของ ดร.ปัญญาวัฒน์ ปินตาทอง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำปรึกษาอย่างใส่ใจ ทุกขั้นตอนของการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงถ่ายทอดประสบการณ์ความรู้ มุมมองให้เห็นภาพของการทำงานวิจัยตั้งแต่ต้นจนจบ โดยให้ความกรุณาสละเวลาทั้งในเนื้อหาของงานวิจัยแล้ว ยังให้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ทำกรวิจัย แนะนำแนวคิดในการแก้ปัญหา ช่วยตรวจแก้ไขความเรียบร้อยถูกต้อง จึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี ความช่วยเหลือของ คุณโสภิต เตศรีบุรพกุล และคุณธนชชา ประเสริฐ ที่ให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกของสถานที่และเครื่องมือในการใช้สำหรับศึกษาวิจัย ที่ให้คำแนะนำให้การค้นคว้า สำเร็จลงได้ด้วยดี

คุณูปการอันได้อันเกิดจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ขอน้อมให้แก่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้ งานค้นคว้าอิสระสำเร็จลงได้ ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ บิดามารดา ผู้มีพระคุณ และครอบครัวผู้ให้การส่งเสริม ไม่ว่าท่านทั้งหลายเหล่านั้นจะอยู่ ณ ที่ใด ขอให้ท่านทั้งหลายเหล่านั้นจงประสบสุขตลอดไปเทอญ

มโนชา นิจปิยนันท์

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การเตรียมเลคจากหงอนไก่เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง
ชื่อผู้เขียน	มโนชา นิจปิยนันท์
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรเครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปัญญาวัฒน์ ปินดาทอง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาสีจากดอกหงอนไก่โดยทำการสกัดสารสีจากดอกหงอนไก่ 2 สายพันธุ์ คือ ดอกหงอนไก่สายพันธุ์ไทย และ ดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ แบบสด และ แบบผงแห้ง เพื่อนำมาสกัด เปรียบเทียบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอลร้อยละ 80 ในอัตราส่วน 1:10 น้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าวิธีการสกัดโดยน้ำกลั่น ด้วยสารสกัดจากดอกหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนก ในรูปแบบผงแห้ง ให้ร้อยละของปริมาณสารสกัดสูงสุด โดยการวัดและรายงานค่าแสดงผลออกมาในรูปแบบของค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h ให้ค่าสีแดง (a^*) ร้อยละ 12.28 ± 3.73 และจากการวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าไซยานินพบว่า ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร มีปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดคือ 0.2207 มก./กรัม ซึ่งจากการศึกษาการนำมาเตรียมเลค โดยใช้เกลือ 6 ชนิดได้แก่ อะลูมิเนียม ซัลเฟต, อะลูมิเนียมโพแทสเซียม ซัลเฟต, อะลูมิเนียม คลอไรด์, แคลเซียม คลอไรด์, แคลเซียม อะซิเตท, แบเรียม-คลอไรด์ ที่พีเอช 3, 5, 7, 9 ผลการศึกษาพบว่าเกลือ อะลูมิเนียม ซัลเฟต ให้ค่าสีแดง (a^*) มากที่สุดเท่ากับ 8.64 ± 0.30 และยังให้ปริมาณร้อยละของเลคสูงเท่ากับ 77.17 ± 3.42 การทดสอบความคงตัวต่อการทดสอบในสภาวะอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยการเก็บเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อยในสภาวะที่มีแสง

คำสำคัญ: ดอกหงอนไก่, เบต้าไซยานิน, สีธรรมชาติ, เลค

Independent Study Title	Preparation of lake pigment from <i>Celosia argentea</i> L. for cosmetic application
Author	Manocha Nitpiyanan
Degree	Master of Science (Cosmetic Science)
Advisor	Punyawatt Pintathong, Ph. D.

ABSTRACT

This research was aimed to prepare the lake from cockscomb flowers (*Celosia argentea* L.). In this study, dyes from 2 types of dry and fresh cockscomb flowers including *Celosia argentea* and *Celosia argentea* var. *crinata* (L.) were extracted using different solvents (water, 50% ethanol, and 95% ethanol) using conventional shaking methods. The results of color measurement expressed in term of L*, a*, b*, C* and h values revealed that the red extracts from dry flowers of *Celosia argentea* var. *crinata* (L.) provided the highest red intensity with a* values of 12.28 ± 3.73 with the highest betacyanin content (0.2207 mg/g). Lake preparation from red dye extract of dry flowers of *Celosia argentea* var. *crinata* (L.) was carried out using different 6 salts (aluminium sulfate, aluminium, potassium sulfate, aluminium chloride, calcium chloride, calcium acetate, barium chloride) at different pH 3, 5, 7, 9. The results showed that lake prepared from aluminum sulfate at pH 5 showed the high yield (77.17 ± 3.42) with a* value of 8.64 ± 0.30 . In addition, it was also found that preparation of a lake at 50°C gave the pinkish red color. Stability of the lake demonstrated that it can be stable under different temperatures, i.e., room

temperature, 4°C, and 45°C. However, the presence of sunlight slightly affected the lake discoloration.

Keywords: Cockscomb Flower, *Celosia argentea* L., *Celosia argentea* var. *cristata* (L.), Lake, Naturel Colorant



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(3)
บทคัดย่อภาษาไทย	(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 หงอนไก่ (Cockcomb)	4
2.2 เบตาเลน (Betalein)	7
2.3 สีในทางเครื่องสำอาง	8
2.4 การวัดค่าสี	10
2.5 สีจากธรรมชาติ (Naturel Colorants)	14
2.6 ความคงตัวของสี และการประเมิน	19
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	21
3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	21
3.2 วัสดุดิบ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	22
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
4 ผล และ อภิปรายผลของการศึกษา	28
4.1 การเตรียมตัวอย่างดอกหงอนไก่	28
4.2 การเตรียมสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่	30
4.3 การประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ	33
4.4 การเตรียมเลคจากสารสกัดสีดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ	35
4.5 การคัดเลือกตัวอย่างเลค	39
5 สรุปผลการศึกษาวิจัย และข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
รายการอ้างอิง	49
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก ค่าสีของ ผลผลิตหงอนไก่อดอกสด และ แบบผงแห้ง วัดโดยระบบ $L^* a^* b^*$ และ $L^* C^*$ และ h^* ของสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่เทศ	57
ภาคผนวก ข ร้อยละน้ำหนักของสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่ไทยและเทศ ที่ตัวทำละลายน้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอลร้อยละ 80 แบบสด และแบบแห้ง	58
ภาคผนวก ค ค่าสีต่อสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่ไทยและเทศ โดยระบบ $L^* a^* b^*$ และ $L^* C^*$ และ h^* ของสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่เทศ	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ง ปริมาตรเบต้าไซยานินในแต่ละตัวทำละลาย น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 เอทานอลร้อยละ 80 ของสารสกัดดอกหงอนไก่เทศเจือจาง 100 เท่า และ กราฟตัวอย่างแสดงค่าการดูดกลืนแสง และความยาวคลื่นของเบทาเลนที่ 538 นาโนเมตร	60
ภาคผนวก จ ผลของเกลือและพีเอช ต่อค่าสีแดง (a^*) การเตรียมเลคจาก ดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ ในเกลือชนิด 5 ได้แก่ อะลูมิเนียม โปแทสเซียม ซัลเฟต, อะลูมิเนียม คลอไรด์, แคลเซียม อะซิเตท, แคลเซียม คลอไรด์, แบริียม คลอไรด์	61
ภาคผนวก ฉ ผลของเกลือและพีเอช ต่อการเตรียมเลคจาก ดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ ต่อค่าสีเตรียมโดย อะลูมิเนียม ซัลเฟต ที่ทำการคัดเลือก วัดโดยระบบ $L^* a^* b^*$ และ $L^* C^*$ และ h^*	62
ประวัติผู้เขียน	63

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 การเตรียมบัฟเฟอร์ชนิดต่าง ๆ (0.1 โมลาร์) เพื่อใช้สำหรับการเตรียมเลคจากดอกหงอนไก่	25
4.1 ค่าสี L^* a^* b^* C^* h^* ของดอกสด และ ดอกแห้ง ของหงอนไก่สายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย	30
4.2 ผลจากการอบด้วยลมร้อนต่อความคงตัวของสีดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย	30
4.3 ค่าสีที่วัดได้ในระบบ L^* a^* b^* และ L^* C^* และ h^* ของสารสกัดที่ได้จากการสกัดดอกสดและดอกแห้งของดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศและไทยด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ	32
4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และ ปริมาณเบต้าไซยานินของสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ	34
4.5 ผลของเกลือและพีเอช ต่อการเตรียมเลคจาก ดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ	36
4.6 ลักษณะของเลคที่เตรียมได้จากเกลือ 6 ชนิดที่ระดับ พีเอชต่าง ๆ	38
4.7 การทดสอบความคงตัวทางเคมีกายภาพเลคที่ได้จากสารสกัดดอกหงอนไก่เทศ	41
4.8 ผลของอุณหภูมิต่อลักษณะการเกิดสีของเลคที่เตรียมจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ	43

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ลักษณะดอกหงอนไก่โตเต็มวัย ดอกหงอนไก่ไทย (ก) และดอกหงอนไก่เทศ (ข)	4
2.2 สารสำคัญที่พบในในหงอนไก่	6
2.3 โครงสร้างของสารให้สีในกลุ่มเบตาเลน (Betalain)	8
2.4 ลักษณะจorongค์ประกอบประสาทตามนุษย์ในการมองเห็นสีจาก	11
2.5 เฉดสีหลักและเฉดสีรองวงสีในระบบ Munsell (Color space ของสีในระบบ CIELAB)	12
2.6 Color space ของสีในระบบ CIELAB	13
2.7 องค์ประกอบทางเคมีของสีธรรมชาติ	18
4.1 ลักษณะสีของดอกสดของหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนก (ก) และหงอนไก่ไทยสีแดงเลือดนก (ข) และลักษณะดอกแห้งของหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนก (ค) และหงอนไก่ไทยสีแดงเลือดนก (ง)	29
4.2 ลักษณะความเข้มข้นสีสารละลายที่ได้จากการสกัดดอกสด (ก) และดอกแห้ง (ข) ของดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทยด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และร้อยละ 80	31
4.3 ลักษณะของสี (เจือจาง 100 เท่า) จากดอกหงอนไก่เทศ ด้วยตัว ทำละลายน้ำ (ก) เอทานอลร้อยละ 50 (ข) และ เอทานอลร้อยละ 80 (ค)	34
4.4 ลักษณะของผงสีสารสกัดสีที่ได้จากดอกหงอนไก่เทศ และการละลายน้ำของสีก่อนนำไปเตรียมเลค	35
4.5 เปรียบเทียบค่าพีเอช ที่ได้ก่อนเตรียมเลค และ หลังเตรียมเลคของเกลือ 6 ชนิด	38
4.6 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณเลคที่เตรียมได้จากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ	43
4.7 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการตกตะกอนด้วยเกลือชนิดเดียวกันในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	44
4.8 ผลการทดสอบการละลายของเลคในตัวทำละลายน้ำกลั่น	45
4.9 ผลการทดสอบการกระจายตัวของสีเลคในตัวทำละลายต่าง ๆ	46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ

ตลาดของเครื่องสำอางตกแต่งสีส้น (Color make up) ยังคงได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็น ลิปสติก บรัชออนอายแชโดว์ มาสคาร่า เป็นต้น โดยสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง ส่วนมากยังคงนิยมใช้สีสังเคราะห์ เนื่องจากมีความคงตัวสูง มีความหลากหลาย และหาได้ง่ายมากกว่าสีจากธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตาม สีสังเคราะห์บางประเภทมีราคา ที่ค่อนข้างสูงและมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารพิษที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้เช่นกัน ในขณะที่ตลาดของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่มีกระแสให้ความสนใจทางด้านสุขภาพมากขึ้น มีความต้องการและสนใจผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มาจากธรรมชาติมากขึ้นด้วย ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยในการศึกษา เกี่ยวกับสีจากธรรมชาติมากขึ้น เพื่อแก้ปัญหาในการทำให้สีธรรมชาติที่นำมาใช้มีความคงตัวมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็น ความคงทนต่อแสง ความร้อน การละลาย เป็นต้น เนื่องจากเป็นคุณสมบัติหลักของสีที่จะนำไปใช้ ทางเครื่องสำอางประเภทให้สี ตัวอย่างพืชให้สีหลากหลายชนิดที่ถูกนำมาใช้สกัด เช่น เปลือกแก้วมังกร ดอกเฟื่องฟ้า เปลือกมังคุด ครั้ง แก่นฝาง เป็นต้น ไม่เพียงแต่เฉพาะใน ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ยังมีการให้ความสนใจนำสีจากธรรมชาติไปใช้อุตสาหกรรมอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นสีที่ใช้ในการย้อมผ้า อุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงของใช้ที่เป็นมิตรต่อเด็กและสิ่งแวดล้อม งานศิลปะ และอื่น ๆ อีกมากมาย แต่หากกล่าวถึงเฉพาะในส่วนของสีจากธรรมชาติที่นำมาใช้ในเครื่องสำอางประเภทให้สีและมีคุณสมบัติความคงตัว เทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับสีสังเคราะห์นั้นยังมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำพืชให้สีจากธรรมชาติมาศึกษาในเรื่องนี้เบื้องต้น จากการศึกษาพบว่า วิธีการแก้ปัญหาความไม่คงตัวที่เกิดขึ้นด้วย การนำสีจากธรรมชาติที่สกัดได้ (Dye) มาเตรียมเป็นเลค (Lake) ถือว่าเป็นวิธีที่นิยมใช้ที่ช่วยให้สีจากธรรมชาติมีความคงตัวมากขึ้น และได้ผลที่น่าพอใจในระดับหนึ่งของการแก้ปัญหาความไม่คงตัวจากสีธรรมชาติได้ (Wongwad et al., 2012) แต่อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาสีธรรมชาติจากพืชที่นำมาเตรียมเลค พบว่า สีที่ได้ก็อาจจะให้เฉดสีที่เข้มเกินไปหรือสีส้นจางเกินไป หรืออาจได้เฉดสีที่ไม่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ทางเครื่องสำอางมากนัก โดยพืชที่มีคุณสมบัติในการเตรียมเลคส่วน

มากจะเป็นพืชที่มีองค์ประกอบของเบทาเลน (Stintzing & Carle, 2004) ตัวอย่างเช่น บีทรูท บานไม่รู้โรย เฟื่องฟ้า แก้วมังกร และหงอนไก่ เป็นต้น

หงอนไก่ (Cockscomb) เป็นไม้ดอกที่มีประวัติและความเป็นมาที่น่าสนใจเป็นพืชที่พบในเขตร้อน ที่มีกระจายพันธุ์อยู่ทั่วโลกและสามารถพบได้แพร่หลายในประเทศไทย โดยทั่วไปดอกหงอนไก่ที่พบได้ในประเทศไทยและนิยมเพาะปลูกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดหลัก คือ หงอนไก่ไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Celosia argentea* และ หงอนไก่เทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Celosia argentea* var. *cristata* (L.) ซึ่งจากรายงานวิจัย พบว่าหงอนไก่ทั้งสองชนิด มีสรรพคุณทางยาที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งจัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง มีรายงานว่า ดอกหงอนไก่สามารถรักษาอาการท้องร่วง แผลใน ช่องปาก มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด (Junjie et al., 2005; Vetrichelvan et al., 2002) รักษาอาการปวดต่าง ๆ ป้องกันการเกิดโรคในตับ ต่อด้านความดันโลหิตสูงและใช้สำหรับการรักษาโรคตาหลายชนิด (นิจศิริ เรื่องรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์, 2547; วิทย์ เที ยง บูรณธรรม, 2542; Ghule et al., 2010; Tang et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ค่อนข้างสูง มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะสายพันธุ์สีแดงที่จะพบมากที่สุด (Malomo et al., 2011; Molehin et al., 2014) นอกเหนือจากคุณประโยชน์ทางยาแล้ว ยังมีงานวิจัยศึกษาเกี่ยวกับสารให้สีกลุ่มเบทาเลนในหงอนไก่มากขึ้น เนื่องจากเป็นสีธรรมชาติที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพแล้วยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากเม็ดสีชนิดนี้อีกด้วย (Belhadj et al., 2017) และมีการทดสอบถึง คุณสมบัติความคงตัวของเม็ดสีเบทาเลนในดอกหงอนไก่สีแดงที่มีองค์ประกอบของเบต้าไซยานิน พบว่ามี ความเสถียรมากที่สุดใน พีเอช เท่ากับ 5.5 และพบว่าอุณหภูมิที่มากกว่า 40 องศาเซลเซียสขึ้นไปจะทำให้สีแดงที่เสถียรมากขึ้น ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับดอกสีเหลืองที่มีเบต้าแซนทีน (Cai et al., 2001) แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานการศึกษาวิจัยการศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมสีเลิศ ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นในการเตรียมเลคจากดอกหงอนไก่ โดยผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประโยชน์ทั้งในส่วนขององค์ความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นเพื่อเป็นฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพิ่มคุณค่าและประโยชน์ของการนำดอกหงอนไก่มาใช้มากขึ้น และสร้างรายได้จากดอกหงอนไก่ให้กับเกษตรกรคนไทย ที่มีความสามารถในการเพาะปลูกเกิดความต้องการนำไปใช้มากขึ้น และต้องการส่งเสริมการนำสีธรรมชาติจากดอกหงอนไก่มาใช้ในทางเครื่องสำอางแทนสีสังเคราะห์รวมถึงอาจช่วยลดต้นทุนการผลิตเครื่องสำอางชนิดบดแต่งสีส้นให้กับผู้ผลิตในอนาคตได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบและการคัดเลือกสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์ไทยและเทศ
- 1.2.2 เพื่อเตรียมเลคจากสารสกัดสีดอกหงอนไก่

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 เตรียมตัวอย่างดอกหงอนไก่ไทยและเทศสีแดงเลือดนก มาเตรียมเป็นตัวอย่างแบบสด และแห้ง จากนั้นสกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ ได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และ เอทานอลร้อยละ 80 เพื่อเตรียมเป็นสารสกัดสี

1.3.2 เตรียมเลค จากดอกหงอนไก่ด้วยเกลือชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Aluminium sulphate, Aluminium potassium sulphate, Aluminium chloride, Calcium acetate, Calcium chloride, Barium chloride และ ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมเลคได้แก่ พีเอช สภาวะอุณหภูมิในการเตรียม

1.3.3 ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเลค ความคงตัวของเลคที่ได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เลคที่เตรียมจากสารสกัดสีดอกหงอนไก่ และคุณสมบัติเบื้องต้นของสีเลคที่เตรียมได้

1.4.2 เป็นแนวทางส่งเสริมการใช้สีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์มากขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และ เพื่อส่งเสริมเกษตรกรไทยให้สามารถสร้างมูลค่า และรายได้ จากการเพาะปลูกดอกหงอนไก่ได้มากขึ้น

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 หงอนไก่ (Cockcomb)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

หงอนไก่ โดยทั่วไปเป็นจัดแบ่งตามลักษณะของดอกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่ (1) สายพันธุ์ที่ต้นตั้งตรงช่อดอกเป็นรูปทรงกระบอก มีชื่อเรียกว่า หงอนไก่ไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Celosia argentea* และชนิดที่ (2) คือสายพันธุ์ที่ดอกมีรูปทรงคล้ายหงอนไก่เป็นพุ่ม มีช่อดอกและกลีบดอกที่แน่นขดม้วนไปมาคล้ายผ้า เรียกว่าหงอนไก่เทศ (หงอนไก่ฝรั่ง) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Celosia argentea var. cristata* (L.) ดังภาพที่ 2.1 หงอนไก่ไทยเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ความสูงประมาณ 40-150 เซนติเมตร ช่อดอกยาวประมาณ 3-10 เซนติเมตร อัดแน่นอยู่ในช่อเดียว ใบกว้างประมาณ 1-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 4-18 เซนติเมตร ส่วนหงอนไก่เทศเป็นไม้ล้มลุก เมื่อโตเต็มวัยความสูงประมาณ 60 –100 เซนติเมตร ช่อดอกเมื่อบานเต็มที่จะมีขนาดกว้างประมาณ 8-15 เซนติเมตร ใบกว้างประมาณ 1-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 4-18 เซนติเมตร หงอนไก่เป็นไม้เนื้ออ่อนไม่มีแก่น ลำต้นมีเปลือกเรียบ สีของลำต้นอาจเป็นสีเขียวอ่อน เขียวแก่ หรือแดง ขึ้นอยู่กับสีดอก (กาญจนา จันทร์สิงห์, 2563)



(ก)



(ข)

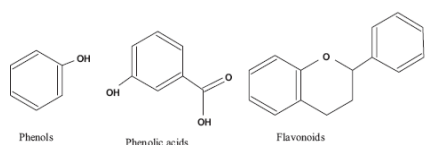
ภาพที่ 2.1 ลักษณะดอกหงอนไก่โตเต็มวัย ดอกหงอนไก่ไทย (ก) และดอกหงอนไก่เทศ (ข)

2.1.2 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

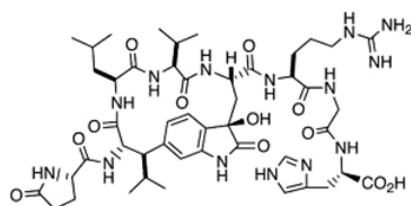
หงอนไก่ทั้งสองชนิด มีสรรพคุณทางยาที่คล้ายคลึงกัน สามารถนำมาใช้แทนกันได้ ดอกหงอนไก่รักษาอาการท้องร่วง แผลใน ช่องปาก มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ลดระดับน้ำตาลในเลือด รักษาอาการปวดต่าง ๆ ป้องกันการเกิดโรคในตับ รักษาความดันโลหิตสูงและโรคตา ช่วยแก้ อาการไอ ไอเป็นเลือด และช่วยขับปัสสาวะ แก้ปัสสาวะเป็นเลือด แก้ประจำเดือนมาผิดปกติ ประจำเดือนไม่ปกติ ในทางการแพทย์แผนจีนใช้รักษาโรคตา โรคตับ แผลในกระเพาะอาหาร อัมพาต เป็นต้น (กาญจนา จันทร์สิงห์, 2563; นิจศิริ เรื่องรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์, 2547; วิทยา บุญวรพัฒน์, 2554; วิทย์ เทียงบูรณธรรม, 2542; Ghule et al., 2010; Junjie et al., 2005; Tang et al., 2016; Vetrichelvan et al., 2002)

2.1.3 องค์ประกอบและสารสำคัญในหงอนไก่

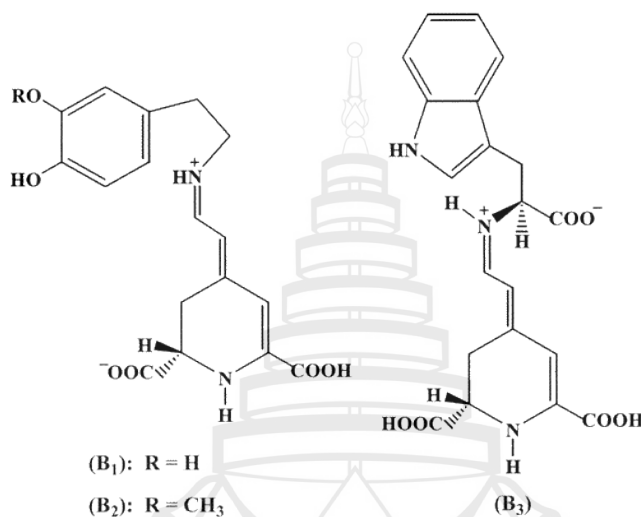
คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของดอกหงอนไก่ โดยการวิเคราะห์ โดยเครื่องตรวจจับโครมาโตกราฟีของเหลวประสิทธิภาพสูง เครื่องวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของสารโดยใช้ความยาวคลื่นช่วงอินฟราเรด (FT-IR), เครื่องมือวิเคราะห์ทดสอบ เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) เป็นเทคนิคที่นำรังสีเอ็กซ์ (X-ray) พบ ปริมาณเซลลูโลส (ร้อยละ 64.34 โดยน้ำหนัก) ความหนาแน่น (843 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และดัชนีการหักเหของแสง (ร้อยละ 52.54) ถูกระบุใน CAF ในขณะที่การศึกษาพบว่า อุณหภูมิการย่อยสลายสูงสุด คือ 324 องศาเซลเซียส ด้วยพลังงานกระตุ้น จลน์ 61.393 kJ/mol (Manimaran et al, 2019) มีส่วนประกอบของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ค่อนข้างสูง (ภาพที่ 2.2) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะสายพันธุ์สีแดงที่จะพบมากที่สุด (Malomo et al., 2011; Molehin et al., 2014; Needles et al., 1986) และมีองค์ประกอบของแคลเซียม คาร์บอนเนต โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โซเดียม และ คลอไรด์ (Carter et al., 2005; Pandya & Sidha, 1985)



Structures of common phenolic compounds.



cyclic peptide



ที่มา Suzuk (2002), Cai et al. (2001)

ภาพที่ 2.2 สารสำคัญที่พบในในหอนไก่

2.1.4 ฤทธิ์ทางชีวภาพและการประยุกต์ใช้

หอนไก่นั้นถูกค้นพบว่าในใบของดอกหอนไก่นั้นมีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, วิตามินเอและซีสูง รวมถึงแร่ธาตุอย่าง ธาตุเหล็ก สังกะสี สูงเช่นกัน มีใยอาหารและปริมาณความชื้นที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงที่สุดในบริเวณส่วนของลำต้น โดยรวมนับว่าเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ เหมาะในการนำมารับประทานเป็นอาหาร และใน เมล็ดพบสาร Oxalic acid, กรดไขมัน, โพลีแซคคาไรด์, Celosiaol, Nicotinic acid และยังพบน้ำมันระเหยอีกหลายชนิดด้วยกัน (Llodibia et.al, 2016; Fayaz et al., 2019; วิทย์ เทียงบูรณธรรม, 2542)

2.2 เบตาเลน (Betalein)

เป็นรงควัตถุชนิดหนึ่ง ที่พบเฉพาะในพืช Order Caryophyllales ได้แก่ ปิทรุท ดอกหงอนไก่ เฟื่องฟ้า บานไม่รู้โรย แก้วมังกร เป็นต้น (Stintzing & Carle, 2004) ซึ่งเบตาเลนนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เบตาไซยานิน (Betacyanin) เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงถึงม่วง สามารถดูดกลืนแสงได้ใน ที่ช่วง 535-550 นาโนเมตร และเบตาแซนทิน (Betaxanthin) ที่ให้สีเหลืองส้ม (Cai et al., 2001; Gengatharan, 2015) สามารถดูดกลืนแสงได้ในช่วง 475 - 480 นาโนเมตร โดยโครงสร้างของเบตาเลนทั้ง 2 ชนิดประกอบมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน (ภาพที่ 2.3) เบตาเลนเป็นเม็ดสีแควอิโลอาร์ที่ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เป็นไนโตรเจนกรดเบตาลามิก (Betalamic) มีการจับกับสารประกอบ imino (ไฮโคล - DOPA/อนุพันธ์ของกลูโคซิล) โดยการแทนที่ของน้ำตาล สร้างสารที่ชื่อว่า betacyanins ที่ให้สีม่วงแดง และ betaxanthins ที่ให้สีเหลือง เป็นสารให้สี นอกจากนี้แล้วเบตาไซยานินยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Belhadj Slimen et al., 2017) จากคุณสมบัติของสีชนิดนี้ได้ เหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์และเพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์ อีกด้วย โดยสารเบตาไซยานินในพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ดอกบานไม่รู้โรย เฟื่องฟ้า ผ่าง โดยสารกลุ่มนี้ ถูกนำไปประโยชน์ทางสี โดยเพิ่มความคงตัวของสีได้จากการสกัดและนำไปเตรียม लेकरกับเกลือโลหะที่มีขั้วลบ 2 ขั้วขึ้นไป (Wongwad et al., 2012) ซึ่งในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดต่ำมาก ๆ จะทำให้คาร์บอนตัวที่ 15 (C-15) ของปีทานินและปีทานินเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน (Isomerization) กลายเป็นไอโซเบตานิน (Isobetanin) และไอโซเบตานินได้ตามลำดับ และสารสี ยังคงมีสีม่วงแดงอยู่นอกจากนี้สภาวะกรดมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของสารเบตาไซยานินกลายเป็น 14,15-dehydrobetanin (หรือเรียกอีกอย่างว่า Neobetainin) หรือเกิดปฏิกิริยาการย่อยลายด้วยกรด (Acid hydrolysis) กลายเป็นกรดเบตาลามิกซึ่งทั้งหมดเกิดเป็นสารสีเหลือง ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปีทาเลน เบตาไซยานินมีความคงตัวค่อนข้างน้อยต่อความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงไปเป็นสีน้ำตาล สีของปีตาไซยานินมีความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่อความคงตัวของปีทาเลน แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การสกัดอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าครึ่งชีวิตของเบตาไซยานิน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ 413.6 นาที และค่าครึ่งชีวิตของเบตาไซยานิน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คือ 83.5 นาที (Herbach et al., 2006; Stintzing & Carle, 2004; Azeredo, 2009)



ที่มา Cai et al. (2001)

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของสารให้สีในกลุ่มเบทาเลน (Betalain)

2.3 สีในทางเครื่องสำอาง

สีที่ใช้ในทางเครื่องสำอางหลัก ๆ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ เป็นสีที่จะต้องได้รับการยืนยันความปลอดภัยจากองค์การอาหารและยา (FDA หรือ Food Drug Administration) ว่าปลอดภัยและเหมาะสมกับการใช้งาน แต่พบว่าไม่ได้ปลอดภัย 100 % ซึ่งสีสังเคราะห์ก็ยังมีโอกาสปนเปื้อนและสะสมในร่างกายได้ในระยะยาวหากเทียบกับสีธรรมชาติที่ปลอดภัยกว่า โดยคุณสมบัติสีที่ใช้ทางเครื่องสำอางควรมีลักษณะดังนี้ ต้องไม่เป็นพิษที่เกิดจากตัวสีเอง หรือพิษที่เกิดจากตัวสีทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบอื่นในเครื่องสำอาง แล้วกลายมาเป็นสารมีพิษ ให้ความเข้มข้นและสีเหมาะสมกับชนิดของเครื่องสำอางและแม้ใช้ในปริมาณเล็กน้อยก็ได้สีเพียงพอ มีความคงตัวดีต่อ แสง ความร้อน การย่อยสลาย โลหะไอออน สารออกซิไดซ์และสารรีดิวซ์ ความเป็นกรดต่าง นอกจากนี้สีที่ใช้ในทางเครื่องสำอางจะต้องไม่ทำให้เกิดการแพ้ ต่อผู้ใช้แม้จะใช้ไปนาน ๆ ต้องมีสิ่งเจือปนที่เป็นพิษต่อร่างกายในปริมาณที่ต่ำกว่าพิกัดซึ่งกำหนดไว้ โดยมากจะใช้มาตรฐานขององค์การอาหารและยา ต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้สูงเกินพิกัดที่ควบคุม สีประเภท D&C (D&C Color) ที่ผ่านการรับรองนั้นต้องมีสารตะกั่ว (Lead) และสารหนู (Arsenic) ไม่เกินดังกล่าวไม่เกิน 20 ppm และสำหรับสีประเภท FD&C (FD&C Color) ต้องมีสารปนเปื้อนดังกล่าวไม่เกิน 10 ppm รวมไปถึงราคาที่ไม่แพง (อรัญญา มโนสร้อย และ จิรเดช มโนสร้อย, 2533) คำจำกัดความที่ควรทราบเกี่ยวกับสีทางเครื่องสำอางหลัก ๆ มีดังนี้

2.3.1 Pigment หมายถึง สารประกอบสีและสีขาวยที่ไม่ละลายหรือตัวกลางที่มีสีนั้นอยู่ โดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น D & C Red. No.36 ไม่ละลายน้ำและละลายใน mineral oil น้อยมากแต่ในกรณีที่ทำละลายเป็น benzene, chloroform หรือ dioxane ซึ่งสีตัวนี้ค่อนข้างจะละลายจึงจัดเป็นพวก dye ในสารละลายประเภทนั้น ซึ่ง Pigment มี 2 ชนิด ได้แก่ (1) organic pigment คือ โมเลกุลของสารอินทรีย์ หรือ สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โดยสามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติหรือเกิดจากการสังเคราะห์ ที่สร้างเม็ดสีอินทรีย์ดูดซับและสะท้อนความยาวคลื่นของแสงบางส่วนทำให้เปลี่ยนสีของแสงที่ส่องผ่านได้ ชนิดที่มาจากธรรมชาติค่อนข้างปลอดภัย และ (2) inorganic pigment คือ เม็ดสีอนินทรีย์ประกอบด้วยสารละลายของแข็งของโลหะออกไซด์หลายชนิดมีความคงทนต่อแสงดีมาก ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายได้ แต่ก็มีความปลอดภัยในขณะเดียวกัน

2.3.2 Dye (สีย้อม) หมายถึง สารประกอบเคมีที่แหล่งกำเนิดมาจาก coal tar จะละลายในตัวทำละลายเช่น D&C No.17 (Sudan III) จะจัดเป็น dye เมื่อใช้ตัวทำละลายใน alcohol carbontetrachloride และ mineral oil แต่จะไม่จัดเป็น dye ในสารละลายที่มีน้ำเจือปนเพราะสีตัวนี้ไม่ละลายน้ำ dye โดยทั่วไปนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะทางโครงสร้างเคมี ได้แก่ กลุ่มของ แหล่งกำเนิดสี (Chromophore) และกลุ่มที่ไปทำให้เกิดเกลือ (Salt Forming หรือ Anchoring Group) แต่กลุ่มที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับเครื่องสำอางคือ chromophore เพราะพบว่า dye หลายชนิดที่ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ จะไม่มีกลุ่มที่ทำให้เกิดเกลือ โดย dye ที่มาจาก กลุ่ม chromophore เป็นสีอะไร เป็นอิทธิพลของ โครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์ (Chromogen) นั้น และกลุ่มของธาตุที่เป็นหมู่เล็ก ๆ ไม่ดูดกลืนแสงแต่สามารถมีผลที่ทำให้เกิดเฉดสี (Auxochrome) (มีแต่ ลิลลี่ โกไชยานนท์. 2541) ซึ่ง dye จากธรรมชาติที่มาจากพืชที่ต้องการนำมาใช้นั้นมีโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีแบบใดขึ้นจะอยู่กับ ชนิดของพืชนั้น ๆ ด้วย (Sweeny et al., 1981; Stafford, 1994)

2.3.3 Lake (เลค) หมายถึง pigment ที่เป็น organic Pigment แต่ได้จากการเตรียมการตกตะกอน dye ที่ละลายในตัวทำละลายหรือดูดซับ โดยที่ตัวทำละลายหรือตัวเติมเต็มนี้ ถือว่าเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของ pigment ที่เตรียมได้ ยกตัวอย่างเช่น D & C Red No.6 (Lithol Rutine) ซึ่งเป็น dye ที่ละลายในน้ำจะสามารถทำให้ตกตะกอนด้วยแคลเซียมคลอไรด์ให้ Toner D & C Red No.7 หรือเมื่อตกตะกอนด้วยตัวเติมดูดซับเช่น aluminum hydrate จะได้ D & C Red No.7 สีเลคที่นำมาใช้ทางเครื่องสำอางจะเป็นสีที่ทนน้ำ ทนต่อเหงื่อถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ color make up ดังนั้นเมื่อเจอน้ำ oil solvent ก็จะไม่ละลาย ไม่เลอะ จึงถือว่าคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการลงสูตรตำรับเครื่องสำอางให้สี เช่น ลิปสติก บรัชออน อายแชโดว์ เป็นต้น โดยการเตรียมเลค สามารถเตรียมได้จากนำสีย้อมที่ละลายน้ำได้ (Hydro soluble dye) เช่น การนำสีธรรมชาติที่สกัดได้จากพืช

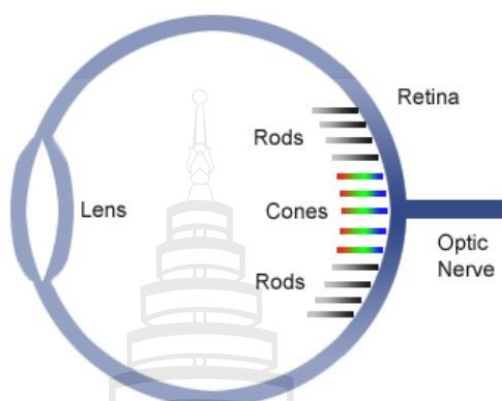
ตัวอย่างมาทำปฏิกิริยาเคมีด้วยการตกตะกอนลงบนตัวยึด (Substrate) ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์และโดยมากมักใช้ เกลืออะลูมิเนียม เนื่องจากมี คุณสมบัติในการดูดซับสี และไม่เป็นพิษต่อผิวหนัง มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม เป็นโลหะไอออนบวก (Pasch & Elbe, 1979) พืชที่นำมาเตรียมจึงต้องมี สารให้สีที่มีโครงสร้างคุณสมบัติประจุลบเป็น โดยวิธีการเตรียมจะต้องให้สีอยู่ในรูปแบบของ สารละลายในตัวทำละลายที่เตรียมไว้ เช่น น้ำกลั่น เอทานอล เป็นต้น และนำไปผสมกับสารละลาย บัฟเฟอร์ ซึ่งเป็นสารละลายในการใช้ปรับค่า พีเอช ที่จะช่วยควบคุมค่า พีเอช ของสารละลายให้คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเจอสารอื่น ๆ มาทำปฏิกิริยาเนื่องจากค่า พีเอช มีผลต่อการเกิดเลค และเกลือที่ใช้ จะต้องอยู่ในรูปแบบของสารละลายเช่นเดียวกัน เมื่อสีย้อมเกาะบนตัวยึดแล้วจะทำให้เปลี่ยน คุณสมบัติจากสีที่ละลายน้ำได้กลายเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ มีความคงตัวทนต่อสภาวะต่าง ๆ มากขึ้น และจึงนำเลคที่ได้ไปทดสอบความคงตัว เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ลงสูตรตำรับเครื่องสำอางต่อไป (Chaovanalikit et al., 2010)

2.4 การวัดค่าสี

การมองเห็นของมนุษย์ต่อวัตถุที่มีสีนั้น เกิดจากการที่แสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบกับวัตถุ ก่อนที่จะสะท้อนมายังจอประสาทตาของเรา (Retina) จากนั้นตาและสมองของเราจะทำงานร่วมกัน เพื่อแปลงข้อมูลของแสง ที่ได้รับให้กลายเป็นสีต่าง ๆ โดย Retina จะประกอบไปด้วย เป็นเซลล์ รูปแท่ง (Rod cell) เป็นส่วนที่แยกความแตกต่างระหว่างความมืดและความสว่าง เซลล์รูปกรวย (Cone Cell) เป็นส่วนที่แยกความแตกต่างของสี แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ส่วนที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน (Needles et al., 1986) การที่เรารับรู้สีแดงของวัตถุบางอย่าง แต่ผิวของวัตถุนั้นแท้จริงแล้วดูดซับแสงสีทั้งหมดเอาไว้แล้วสะท้อนออกมาเฉพาะสีแดงต่างหาก ตาเราปรับคลื่นแสง ช่วงที่เป็นสีแดง ซึ่งสะท้อนออกมาจากวัตถุนั้น ส่วนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงอื่น ๆ ยังคงอยู่ที่ผิวของวัตถุนั้น ดังนั้น สีขาวที่เราเห็น เกิดจากการสะท้อนแสงทุกช่วงคลื่นที่สามารถมองเห็นได้จากผิว วัตถุเข้าตาของเรา ส่วนสีดำของวัตถุ เกิดจากการดูดกลืนแสงทุกช่วงคลื่นเอาไว้และไม่มีช่วงคลื่นใดที่ เราเห็นได้ด้วยเซลล์ประสาทรับแสงภายในดวงตา จะเป็นการมองเห็นที่แตกต่างกัน (อนันต์ ต้นวิไลศิริ, 2562).

สีของวัตถุหรือ ผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตขึ้นมานั้นเป็นการบ่งบอกถึงลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ ต่าง ๆ และถูกนำมาเป็นตัวแปรหนึ่งในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ หลายโรงงานอุตสาหกรรม ประสบปัญหาการควบคุมคุณภาพของสีจากกระบวนการตรวจวัดสี ด้วยสายตาจากคนธรรมดา ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูงเกิดจากหลากหลายปัจจัยเช่น แหล่งกำเนิดแสง สายตาคูศ เป็นต้น (ภาพที่

2.4) จึงมีมาตรฐานสากลในการวัดสีบอกลักษณะของสีให้เป็นที่เข้าใจในระดับสากลได้ ซึ่งมีหลายวิธีหลายระบบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือระบบ Munsell และระบบ CIE เพื่อบ่งบอกลักษณะของสีให้เป็นที่เข้าใจตรงกันในระดับสากล



ทีมา วลัยกร นิตยพัฒน์ (2558, หน้า 4)

ภาพที่ 2.4 ลักษณะจอองค์ประกอบประสาทตามนุษย์ในการมองเห็นสีจาก

การวัดสีระบบ Munsell เป็นระบบที่ได้มีการพัฒนามาก่อนการนำเครื่องมือวัดสีมาใช้ในการวัดสี โดยการใช้สายตาและอาศัยคุณสมบัติของการมองเห็นสี Hue (คือ เฉดสีเป็นคุณสมบัติที่ระบุว่าเป็นสีใดสีหนึ่งและมีความแตกต่างจากสีอื่น และสีนั้นเป็นสีประเภท chromatic color เฉดสีในระบบ Munsell แบ่งออกเป็น 10 เฉด) (ภาพที่ 2.5) Lightness คือ ความสว่างของสีเป็นคุณสมบัติของค่าน้ำหนักอ่อนแก่ของสี ประเภท คือ สีดำ สีเทา สีขาว) และ Chroma (คือ ความสดหรือความอึมตัวของสี คือคุณสมบัติของสี)



ทีมา วลัยกร นิตยพัฒน์ (2558, หน้า 6)

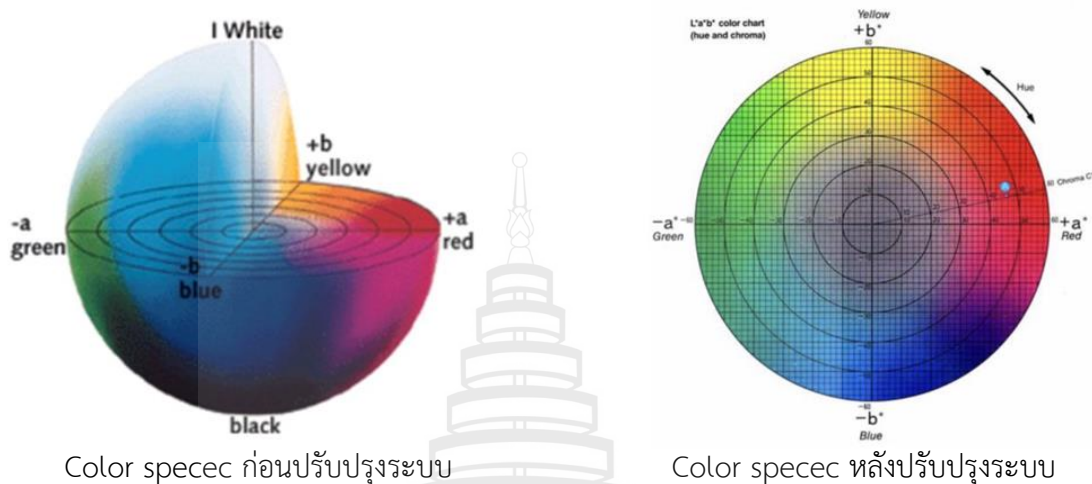
ภาพที่ 2.5 เฉดสีหลักและเฉดสีรองวงสีในระบบ Munsell (Color space ของสีในระบบ CIELAB)

2.4.1 การวัดสีระบบ CIE

ระบบ CIE เป็นระบบที่ได้พัฒนาระบบของการวัดสีที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสีอย่างระบบ Munsell การวัดสีระบบนี้มีข้อดีคือเป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคลเป็นระบบที่วัดสีออกมาเป็นตัวเลข เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณและทำนายสูตรสีผสมได้ด้วย โดยระบบ CIE ถูกกำหนดขึ้นโดยองค์กรสำคัญ เพื่อกำหนดหน่วยของการวัดสีให้เป็นมาตรฐาน คือ International Commission on Illumination แต่ด้วยย่อมีก็จะเป็นภาษาฝรั่งเศส Commission International de l'Eclairage (CIE) ซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างในวงการวิชาการและการวิจัย ระบบ CIE Lab scale เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดสีเนื่องจากสายตาและแหล่งกำเนิดแสง

โดยกำหนดหน่วยวัดสีมีสัญลักษณ์ $L^*a^*b^*$ โดยทั้ง 3 ตัวแปลมีรายละเอียดดังนี้ โดยกำหนดให้ L^* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 ($L^* = 0$ สีจะเป็นไปในทิศทางมืดเป็นสีดำ $L^* = 100$ สีจะเป็นไปในทิศทางสว่างเป็นสีขาว) แกน a^* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a^* เป็น + สี จะเป็นไปในทิศทางสีแดง a^* เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว) แกน b^* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (b^* เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง b^* เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน) จะมีการวัดและคำนวณค่า $L^* a^* b^*$ เป็นวิธีการวัดสีที่ใช้ลักษณะของ Color space นอกจากนี้ในระบบ CIELAB มีการปรับปรุงโดยการเชื่อมค่า a^* และ b^* เข้า กับ ค่า

Hue และ Chroma โดยกำหนด Color term อีก 2 ตัว คือ Hue (h^*) และ Chroma (C^*) (ภาพที่ 2.6)



ที่มา วลัยกร นิตยพัฒน์ (2558, หน้า 8-9)

ภาพที่ 2.6 Color space ของสีในระบบ CIELAB

2.4.2 การวัดความแตกต่างของสี (Color Differences)

โดยกำหนด Color term อีก 2 ตัว คือ Hue (h^*) และ Chroma (C^*) (Color space ของสีในระบบ CIELAB) โดยค่า C^* จะเป็นค่าบอกตำแหน่งความเข้มของเฉดสีนั้น ๆ และ Hue (h^*) จะเป็นตัวบ่งบอกตำแหน่งของกราฟสี $h^* = 0$ องศา จะให้ค่าสีแดง $h^* = 90$ องศา จะให้ค่าสีเหลือง $h^* = 180$ องศา จะให้ค่าสีเขียว $h^* = 270$ องศา จะให้ค่าสีน้ำเงิน ในส่วนของค่าความแตกต่างของสีนั้น ทาง CIE ได้กำหนดสัญลักษณ์เป็น ΔE (ค่าความต่างของสี โดยรวม) โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta E = [(L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2]^{1/2}$$

การวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างมาตรฐานด้วยระบบ CIE สามารถหาค่าจากค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าความสว่าง, ความเป็นสีแดง-สีเขียว และความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน ดังนี้คือ $\Delta L^* = L^*$ ของตัวอย่าง - L^* ของตัว อย่างมาตรฐาน $\Delta a^* = a^*$ ของตัวอย่าง - a^* ของตัวอย่างมาตรฐาน และ $\Delta b^* = b^*$ ของตัวอย่างมาตรฐาน ในการวัดค่าสีนั้น นอกจากหน่วยการวัดของ

CIE แล้วยังมีหน่วยการวัดของ Hunter Lab, Munsell Color Standard และหน่วยการวัดอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ว่าต้องการมาตรฐานใด ส่วนใหญ่แล้วในเครื่องมือวัดจะมีฟังก์ชันเปลี่ยนหน่วยดังกล่าวอยู่ด้วย (วลัยกร นิตยพัฒน์, 2558)

2.5 สีจากธรรมชาติ (Naturel Colorants)

สีจากธรรมชาติ คือ สีที่ได้มาจากการสังเคราะห์หรือสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยผ่านการวิเคราะห์เรื่องส่วนประกอบ กรรมวิธีการผลิตความบริสุทธิ์และอื่น ๆ จนแน่ใจว่าปลอดภัยต่อการบริโภคสีจากธรรมชาติ ข้อดีของสีธรรมชาติคือ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตไม่เป็นอันตรายต่อ สิ่งแวดล้อม วัตถุดิบหาได้ง่ายในชุมชนไม่ต้องใช้สีเคมีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยสีธรรมชาตินั้น ถูกจำแนกตามแหล่งที่มาได้ 3 ชนิดคือ สีธรรมชาติจากร่ธาตุ สีธรรมชาติประเภทนี้เป็นสีเกิดจาสารประกอบของโลหะ จำพวก เหล็ก โครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์ และนิกเกิลซึ่งในอดีตเป็นกลุ่มสีที่มีความสำคัญมาก แต่ปัจจุบัน ไม่ปรากฏแหล่งผลิตและการใช้สีกลุ่มดังกล่าว สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน ยังมีการใช้สีธรรมชาติจากร่ธาตุในการย้อมสีสิ่งทอ คือสีจากโคลนและดินแดง สีธรรมชาติที่มาจากสัตว์ คือ สารสีที่ได้จากสารที่ขับออกจากตัวสัตว์ หรือตัวสัตว์เอง สำหรับประเทศไทยมีการใช้สีจากแมลง คือ ครั่ง โดยตัวครั่งจะดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้แล้วขับสารสีแดงที่เรียกว่า ยางครั่ง ออกมาหุ้มรอบตัวรัง สารสีแดงที่ถูกขับออกมาจากตัวครั่ง ดังกล่าวมานี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ ทั้งในการย้อมสิ่งทอผสมในอาหาร เครื่องสำอาง และใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท และชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดคือ สีธรรมชาติจาก และเป็นสารสีหลักของธรรมชาติ โดยได้จากพบว่าได้จากทุกส่วนของพืชทั้ง ราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด เป็นต้น (อรัญญา มโนสร้อย และจිරเดช มโนสร้อย, 2553)

2.5.1 แหล่งของพืช

พืชที่ให้สีจากธรรมชาตินั้นมีความหลากหลาย หาได้ง่ายโดยแบ่งตามลักษณะของสารให้สี ที่ได้จากพืชนั้น ๆ ได้แก่ เบทาเลน เป็นรงควัตถุที่มีธรรมชาติมี 2 ชนิดคือ เบตาไซยานิน มาจากพืชที่ให้สีแดง-ม่วง เช่น เฟื่องฟ้า บานไม่รู้โรย ดอกหงอนไก่สีแดง หัวบีท แก้วมังกร เป็นต้น และเบตาแซนทีนเป็นสารที่ให้สีเหลืองพบในพืช เช่น ดอกหงอนไก่สีเหลือง (Cai et al., 2001) carotenoids เป็นกลุ่มสีที่ละลายได้ในไขมัน เช่น พักทอง แครอท ดอกดาวเรือง แครอท เป็นต้น anthocyanins ได้แก่ สีฟ้า แดงหรือม่วง มีความสามารถในการละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ รวมถึงสารละลายกรดและด่างเจือจาง ถ้ามี พีเอช สูงกว่า 4.5 สีจะเจือจางลงถึงไม่มีสีดังนั้นการนำสีชนิดนี้ไปใช้ในผลิตภัณฑ์จะต้องมีค่าพีเอช ไม่เกิน 3.5 แอนโทไซยานิน เป็นสารสีที่ไม่คงตัว สามารถสลายตัวด้วยออกซิเจนในอากาศ

เกิดการไฮโดรไลซิส และเกิดการโพลีเมอร์ไรเซชัน เป็นต้น ตัวอย่างของสีกลุ่มนี้ ได้แก่ สีแดง ได้จาก กระเจี๊ยบ ถั่วแดง สีม่วง ได้จาก กะหล่ำม่วง ลูกผักปลังสุก สีดำ ได้จาก ถั่วดำ ข้าวเหนียวดำ และสีน้ำเงิน ได้จาก ดอกอัญชัน , saffron ผงสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองทอง มีกลิ่นและรสมเล็กน้อยสารให้สี มี 2 ชนิด คือ โครเซทิน และ โครซีน เป็นรงควัตถุที่พบในหญ้าฝรั่น turmeric เป็นผงสีเหลืองมีกลิ่นเฉพาะและมีรสเผ็ดร้อน ได้จากเหง้าของขมิ้น สกัดได้จากอะซิโตน เอทิลแอลกอฮอล์ เอทิลีนไดคลอไรด์ เฮกเซน เมทิลแอลกอฮอล์ โดยสารให้สีที่ได้จากขมิ้นนี้คือ curcumin ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกสีเหลืองส้ม ไม่ละลายน้ำและอีเทอร์ แต่ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์และกรดซิติคเข้มข้น ไม่คงตัวต่อแสง การเกิดออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงค่า พีเอช caramel เป็นของเหลวสีน้ำตาลแก่หรือสีน้ำตาลไหม้ที่ได้จากการเผาสารคาร์โบไฮเดรตให้ไหม้ สีมืดความคงตัวดี ราคาถูก แต่นิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากกว่าสารละลายของสีคาราเมลในน้ำจะมีลักษณะของคอลลอยด์ มีประจุไฟฟ้าเล็กน้อย ซึ่งอาจจะเป็นขั้วบวกหรือลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตและระดับความเป็นกรด ต่าง Paprika และ Paprika oleoresin โดย paprika เป็นผงสีแดงเข้ม หวาน มีกลิ่นฉุน ได้จากฝักแห้งของ พริกหยวก ส่วน paprika oleoresin มีสีน้ำตาลแดง สกัดจากอะซิโตน เอทิลแอลกอฮอล์ เมทิลแอลกอฮอล์ มักถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างเช่น ใช้ผสมในซอส น้ำพริก เจลลี่ และอีกมากมาย

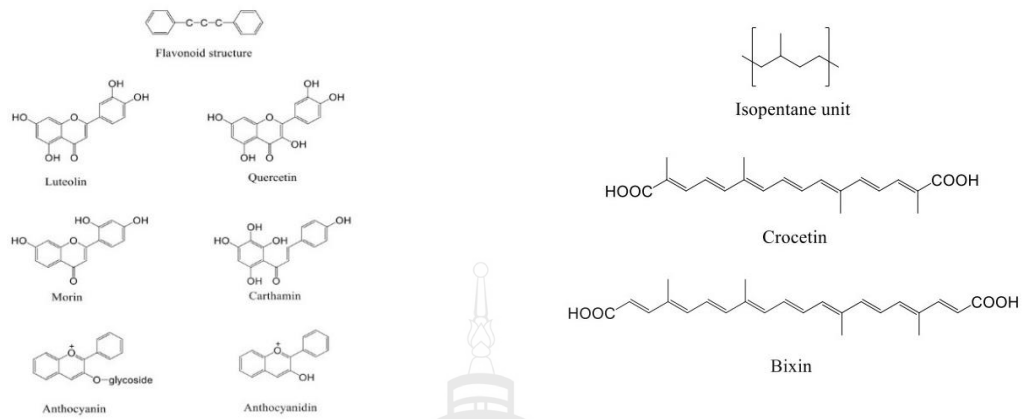
2.5.2 องค์ประกอบทางเคมีของสี

สีธรรมชาติสามารถแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีออก ได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (1) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) กลุ่มสารให้สีที่นั่นมักมีสีเหลืองถึงส้มเหลืองมีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น C6 – C3 – C6 ตัวอย่างเช่น rutinqueretin และ luteolin ซึ่งให้สีเหลืองส่วนที่เป็น C6 ส่วนมากเป็นวงเบนซีน และ C3 จะจับกับอะตอมของออกซิเจนมีสารประกอบที่ชื่อว่า สารประกอบฟลาโวน (flavone) สารในกลุ่มนี้ละลายได้ดีในน้ำ มีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นแตกต่างกัน ทำให้เห็นเป็นทุกสียกเว้น สีเขียว เช่น สารพวกแอนโทไซยานินจะให้สีม่วง สีน้ำเงินและสีแดง มักพบในพืชชั้นสูง ในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycoside) เมื่อสลายตัวด้วยน้ำจะให้น้ำตาล และส่วนที่ไม่ใช่ น้ำตาลเรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) ในธรรมชาติมักพบในรูปไกลโคไซด์ ซึ่งมีน้ำตาลมาเกาะที่ตำแหน่ง C3 หรือ C5 และยังพบเป็นจำนวนมากที่น้ำตาลมาเกาะทั้งสองตำแหน่งได้เป็น 3,5 – diglucosides ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะไม่พบใน ฟลาโวนอยด์ชนิดอื่น ๆ สีแดงในดอกไม้บางชนิดไม่ใช่สารแอนโทไซยานิน แต่เป็นเบต้าไซยานิน เช่น สีแดงของดอกเฟื่องฟ้าหงอนไก่ บานเย็น และหัวปัทม ซึ่งพืชในวงศ์ Nyctaginaceae, Amaranthaceae และ Centrospermae เป็นต้น สีแดงของแอนโทไซยานินจะมีคุณสมบัติเป็น indicator ในตัวเอง ทั้งนี้เพราะแอนโทไซยานินมีลักษณะเป็นประจุ (Ionic) สีที่เกิดขึ้นอยู่กับ พีเอช ของสารละลายในสารละลายที่เป็นกรดแอนโทไซยานินจะให้สี

แดงปนส้ม ในสารละลายที่เป็นกลางจะอยู่ในสภาพ pseudobase ซึ่งไม่มีสี และ ในด่างจะอยู่ในสภาพ anhydrobase ซึ่งให้สีม่วง - น้ำเงิน เมื่อ พีเอช เปลี่ยนปฏิกิริยาเหล่านี้จะเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ แต่ถ้า พีเอชสูงมาก ๆ ปฏิกิริยาก็จะไม่เปลี่ยนกลับมา แอนโธไซยานินในสารละลายที่เป็นด่างจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย โดยอากาศและถูกทำลาย จึงมักทำให้สารละลายอยู่ในภาวะที่เป็นกรดแอนโธไซยานินชนิดต่าง ๆ จะต่างกันที่กลุ่ม OH บน ring B ทำให้สีแตกต่างกันที่สำคัญ แอนโธไซยานินอาจถูก methylated ที่ตำแหน่ง 3' และ 5' มีผลทำให้ความแดงของสีเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามการเติมกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) จะเพิ่มความเป็นสีน้ำเงินมากยิ่งขึ้น ส่วนสารพวกฟลาโวนและฟลาโวนอลจะให้สีเหลืองมักพบในพืชบางชนิด และในกลีบของดอกไม้ (2) คาโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นสารประกอบกลุ่มเทอร์ปีน (terpenoid) สารกลุ่มนี้มีชีวสังเคราะห์มาจากหน่วยไอโซเพนเทน (isopentane unit, C₃) เช่น หญ้าฝรั่น (saffron) มีสีเหลือง บิกซิน (bixin) จากเมล็ดคั่วแสดให้สีส้ม-แดง สารในกลุ่มนี้จะมีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยวจำนวนมาก บิกซิน เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลแดงค่อนข้างคงตัว ต่อแสง ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อกรดและต่างรวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ สารประกอบคาโรทีนอยด์อีกชนิดหนึ่งคือเบต้าคาโรทีน ซึ่งสามารถสังเคราะห์ได้เป็นครั้งแรกในระดับอุตสาหกรรม เป็นสารที่มีคุณค่าทางอาหารเนื่องจากเอนไซม์ตับ จะเปลี่ยน เบต้าคาโรทีน เป็นวิตามินเอ ซึ่งเบต้าคาโรทีนเป็นสารที่มีผลึกสีม่วงปนแดงไม่ละลายน้ำ เอทานอล กลีเซอริน ละลายได้น้อยในตัว ทำละลายอินทรีย์ไม่คงตัว ต่อด่าง อากาศ แสง และอุณหภูมิสูง ๆ ประมาณ 45 องศาเซลเซียส จะถูกทำลายภายใน 6 สัปดาห์ส่วนไลโคปีน (Lycopene) เป็นเตตระเทอร์ปีน (Tetraterpene) ที่มีสีแดง (3) แอนทราควิโนน และ แนพทราควิโนน (Anthraquinones and Naphthoquinones) สารในกลุ่มนี้มักจะให้สีแดงในกลุ่มสารพวกแอนทราควิโนนมักได้มาจากรากต้นไม้จำพวกเข็ม (madder) และจากแก่นของต้นยอกรดแลคเคอิก (Laccaic acid) ได้จากครั่ง ส่วนพวก แนพทราควิโนนจากเปลือกมันฮ่อ ให้สีเขียวถึงน้ำตาล lawsonolone ใบบิเยนกิ่งให้สีน้ำตาลปนแดงและ alkanin จากต้น alkanet ให้สีแดง เป็นต้น สารกลุ่มแอนทราควิโนนมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย 3-ring system เป็นสารที่มีสีแดง-ส้ม แต่อาจพบได้ตั้ง แต่สีเหลือง-น้ำตาล แอนทราควิโนนละลายได้ดีในน้ำด่างให้สีชมพูไปจนถึงสีแดง ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เบนซีน อีเทอร์คลอโรฟอร์ม นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่เป็นรา พวกเชื้อราโมแนสคัส (Monascuspurpureus) สามารถผลิตสารสีแดงในกลุ่มแอนทราควิโนนได้ และใช้เป็นสีผสมอาหารเช่น หมูแดง เต้าหู้ยี้ เหล้า ไวน์ เป็นต้น และ (4) อัลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นสารกลุ่มที่พบในพืชชั้นสูง พบบ้างในพืชชั้นต่ำ ในสัตว์ และในจุลินทรีย์เป็นกลุ่มสารที่มักนำมามาก เพื่อเป็นยารักษาโรค และมีจำนวนไม่น้อยที่เป็นสารพิษ ปัจจุบันพบอัลคาลอยด์มากกว่า 5,000 ชนิด ตามปกติโมเลกุลของอัลคาลอยด์จะพบไนโตรเจนอยู่ 1 ตัว แม้ไนโตรเจนจะอยู่ใน heterocyclic ring หรืออยู่ใน side chain ก็ตาม จะทำให้อัลคาลอยด์มีคุณสมบัติเป็นด่างไนโตรเจนดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของ primary amine (R-NH₂), secondary amine (R₂NH), tertiary amine (R₃NH),

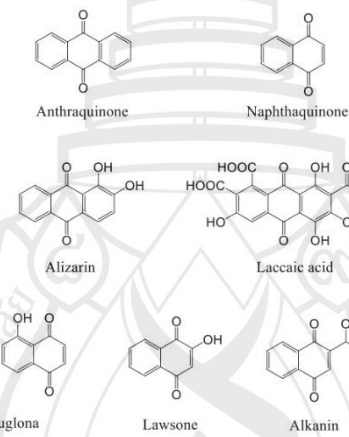
quaternary ammonium salt ($R_4N^+X^-$), amine oxide และยังอาจพบอยู่ในรูปของ เอไมด์ (Amide) และอีไมด์ (Imide) อีกด้วย โดย การเรียกชื่อ เอไมด์ ระบบ IUPAC ใช้จำนวนนับแสดงจำนวนอะตอมของคาร์บอนตามด้วย อัลคาลอยด์แต่ละชนิดจะมีความเป็นกรดต่างมากหรือน้อยอยู่กับจำนวนอะตอมของไนโตรเจนในโมเลกุลประเภทของ amine group ตลอดจนชนิด และจำนวนของ functional group ที่มีอยู่ในโมเลกุลสารนั้น ส่วนอีไมด์ส่วนสารประกอบไซคลิก ที่ได้จากกรดไดคาร์บอกซิลิก พืชที่มีองค์ประกอบของอัลคาลอยด์นั้น ได้แก่ สีจากต้นคราม (Indigo) ฮ่อมให้สีน้ำเงิน (Tyrian) เป็นสีที่สกัดได้จากหอยสังข์หนาม (Shelfish) อยู่ตามแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนจะให้สีม่วงแดง (รพีพรรณ จันทร์มะณี, 2561) (ภาพที่ 2.7)



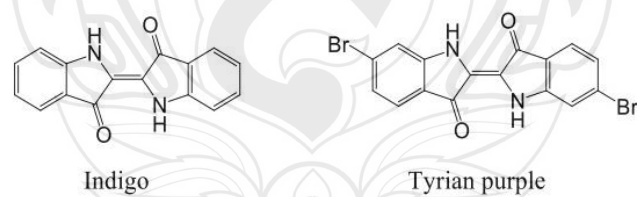


(1) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

(2) คาร์โรทีนอยด์ (Carotenoid)



(3) แอนทราควิโนน และ แนพทราควิโนน (Anthraquinones and Naphthoquinones)



(4) อัลคาลอยด์ (alkaloids)

ทีมา รพิพรรณ จันทร์มะณี (2561)

ภาพที่ 2.7 องค์ประกอบทางเคมีของสีธรรมชาติ

2.6 ความคงตัวของสี และการประเมิน

ความคงตัวของสี คือการกำหนดคุณลักษณะของระบบการรับรู้สีของมนุษย์ซึ่งทำให้แน่ใจได้ว่า สีของวัตถุที่รับรู้จะค่อนข้างคงโดยเฉพาะความคงตัว สำคัญที่สุดในเรื่องของสีคือ แสง และ ความร้อน และยังมีปัจจัยในการพิจารณาอื่น ๆ อีกหลายปัจจัยขึ้นอยู่กับการนำมาใช้ นอกเหนือจากนั้นสีในทางเครื่องสำอางนั้นจะต้องมีความคงตัวในหลาย ๆ จึงจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ ได้แก่ ความสามารถในการเข้ากันได้กับสารอื่น ๆ ในตำรับโดยไม่ทำปฏิกิริยาที่รุนแรง เป็นผลทำให้เกิดความไม่คงตัว และ ความสามารถทำให้เกิดการเปียกของ pigment หรือ สารละลายอื่น ๆ ที่จะช่วยให้สามารถเข้ากันได้กับสารอื่น ๆ ในสูตร นอกจากนี้แล้วยังต้องพิจารณาค่าความเข้มข้น น้อยลงหรือ เพิ่มขึ้น โดยพิจารณาความเข้มข้นของสีที่เหมาะสม และ การแสงสะท้อนบางช่วงคลื่น ทำให้ความสดของสี ความสว่างของสี และความเข้มอ่อนของสี มีความแตกต่างกัน ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวเบื้องต้น เป็นพื้นฐานการพิจารณาความคงตัวของสีที่นำไปใช้ทางเครื่องสำอาง จากการศึกษาพบว่า การประเมินความคงตัวของสีที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ทางเครื่องสำอางนั้น หลัก ๆ มีดังนี้ การเกิด Bleeding เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการละลายของ pigment ซึ่งปกติ pigment จะเป็นสารให้สีที่มีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในตัวทำละลายทุกชนิด แต่ถ้ามีปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับการละลายของ pigment เกิดขึ้นในตัวทำละลายชนิดใดชนิดหนึ่ง จะเรียกปรากฏการณ์นั้นว่า bleeding ซึ่ง pigment มี ลักษณะการเกิด bleeding ในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ True bleeding เป็นลักษณะทางกายภาพที่ filtrate ของตัวทำละลาย (ตัวอย่างที่ผ่านการกรอง) มี bleed เกิดขึ้น เป็นสารละลายที่มีสีใสและโปร่งแสง ไม่มีความขุ่นเกิดขึ้น pseudo or colloidal bleeding เป็นลักษณะทางกายภาพที่ filtrate มี bleed เกิดขึ้น คือเป็นสารละลายมีสีที่ไม่ใส มีความขุ่นเกิดขึ้น ซึ่งความขุ่นจะแยกออกได้ด้วยการกรองหลาย ๆ ครั้ง หรือใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง นอกจากนี้การผสมสีไม่ว่าจะเป็นสีละลายในน้ำหรือน้ำมันรวมทั้ง pigment ลงในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ก็เป็นปัจจัยหนึ่งในกระบวนการผลิตเครื่องสำอางที่ต้องอาศัยเทคนิคและลำดับการผสมส่วนประกอบแต่ละชนิดให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้สีเข้ากันกับสารอื่น ๆ ในสูตรเครื่องสำอางได้ดีทำให้สีมีความเข้มและสม่ำเสมอ ไม่มีการแยกชั้นหรือตกตะกอน ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสีชนิดต่าง ๆ รวมทั้งลำดับการผสมที่มีผลต่อการเกิดสีในสูตรตำรับเครื่องสำอาง การศึกษาความเสถียรของสีธรรมชาติคือ การทดสอบความคงตัวในสภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ที่มีต่อสีที่ได้จากพืชนั้น ไม่ว่าจะเป็นการนำสีที่ต้องการทดสอบไปวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และที่มีแสงส่องถึง จากนั้นสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสี หากสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยถือว่าสีนั้นค่อนข้างมีความคงตัวในสภาวะอุณหภูมินั้น ๆ อุณหภูมิที่ทำการทดสอบส่วนมากจะต้องมีความแตกต่างกัน

โดยทั่วไปพิจารณาจากปัจจัยในการนำไปใช้งาน หลักที่มีการทำการทดสอบเช่น อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นต้น การทดสอบด้วยแสง โดยวิธีการนำสีที่ต้องการทดสอบไปวางไว้ในที่มีแสงและทำการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสีนั้น หากสีมีการเฟด (Fading) หรือจางลงอย่างชัดเจนถือว่าสีนั้นไม่คงตัวในสภาวะที่มีแสงจะมีผลต่อการเก็บรักษาและการใช้งาน การทดสอบการติดบนผิว โดยการทา (Blending) ที่ผิว เช่น บริเวณท้องแขน เพื่อทำการทดสอบลักษณะการติดทนและการกระจายตัวของสีในผลิตภัณฑ์หรือเม็ดสีนั้นว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้หรือไม่ หากการติดทนหรือการเคลือบแล้วสีกระจายตัวไม่ดี แสดงถึงความไม่คงตัวของสีนั้น การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) เพื่อคำนวณดูความคงตัวเป็นการใช้เครื่องมือเพื่อให้ได้ค่าสีที่แม่นยำและมีหลักในการคำนวณหาความแตกต่างโดยรวมของสีที่ได้ ข้อมูลที่ได้จึงจะมีความเป็นสากลมาตรฐานที่สุดตาม การวัดสีระบบ CIE Lab scale ดัดแปลง (Wongwad et al., 2012; Vargas, 2022



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- 3.1.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Thermo Fisher Scientific, USA)
(Uv- Vis Spectrophotometer)
- 3.1.2 เครื่องวัดสี (Spectrotomomitor) (Cm-700d Konica Minolta/Japan)
- 3.1.3 ตู้อบ (Hot air oven) (Medcenter Einrichtungen GmbH,
MMM-Group)
- 3.1.4 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (QIS/ รุ่น B200, Netherland)
(pH Meter)
- 3.1.5 เครื่องเขย่าสัปดาห์สาร (Labnet, USA)
(Orbital shaking)
- 3.1.6 เครื่องเขย่าสัปดาห์สารควบคุมอุณหภูมิ (Julabo/Switzerland)
(Shaking water baths)
- 3.1.7 เครื่องกวนแม่เหล็ก (RH Basic 2, IKA/Germany)
(Magnetic stirrer)
- 3.1.8 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuged) (HERMLE รุ่น Z 206 A, Germany)
- 3.1.9 ตู้ทำความเย็น (ST-MISS, Sharp/Japan)
- 3.1.10 เครื่องชั่งสาร 2 ตำแหน่ง (Precisa/ รุ่น XB2200C, Switzerland)
- 3.1.11 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Precisa/ รุ่น XB2200C, Switzerland)
- 3.1.12 เครื่องชั่งสารไฟฟ้าทศนิยม 4 (Precisa/ รุ่น XT 220A, Switzerland)
ตำแหน่ง
- 3.1.13 เครื่องปั่นละเอียด (Hong Li, China)
- 3.1.14 เครื่องนึ่งทำความร้อน (WB29 Memmert/Germany)
- 3.1.15 เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Magnetic Stirrers)

3.1.16 เครื่อง อัลตราโซนิก

(CREST/ รุ่น 690DAE, Malaysia)

3.2 วัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 วัตถุดิบ

3.2.1.1 ดอกหงอนไก่ไทยสีแดงเลือดนกสด (จากฟาร์ม Pimol garden จังหวัดเลย)

3.2.1.2 ดอกหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนกสด (จากโครงการหลวงเชียงใหม่)

3.2.2 สารเคมี

3.2.2.1 Aluminium Sulphate (UNIVAR)

3.2.2.2 Aluminium potassium Sulphate

3.2.2.3 Aluminium chloride (OQEC)

3.2.2.4 Calcium chloride (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.5 Calcium acetate (HIMEDIA)

3.2.2.6 Barium chloride (KEMAUS)

3.2.2.7 Sodium citrate (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.8 เอทานอล (ENA, Thai Alcohol)

3.2.2.9 Sodium citrate dehydrate (CARLO ERRA)

3.2.2.10 Citric acid (CARLO ERRA)

3.2.2.11 Sodium acetate (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.12 Acetic acid (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.13 Disodium hydrogenphosphate phosphate anhydrous (RCL Labascan)

3.2.2.15 Tris -base (CARLO ERRA)

3.2.2.16 Hydrochloric acid (CARLO ERRA)

3.2.2.17 Mineral oil (MAMOING Koria and Us)

3.2.2.18 C12-15 Alkyl benzoate (BASF Care Chemical, Shanghai)

3.2.2.19 Caprylic / capric triglyceride (INOLEX)

3.2.2.20 Cyclopentasiloxane (ShinEtsu)

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างดอกหงอนไก่

นำดอกหงอนไก่ไทยแบบสดสีแดงเลือดนกสดจากฟาร์ม Pimol garden อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย ในช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน) ปี 2564 และ ดอกหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนกสด จากโครงการหลวงจังหวัดเชียงใหม่ ทำการเตรียมตัวอย่างทั้งในรูปแบบสดและแห้ง โดยคัดแยกเฉพาะส่วนดอกที่เป็นช่วงกลางถึงโตเต็มที่ (อายุพืช 3 เดือนขึ้นไป) และนำมาคัดเมล็ดดอกใช้เฉพาะส่วนดอกและนำไปล้างทำความสะอาดนำไป ชั่งน้ำหนักดอกสด และวัดค่าสีก่อนสกัด และแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งนำไปบดและทำการสกัดทันที และนำอีกส่วนหนึ่งไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปบดละเอียด จากนั้นชั่งน้ำหนักผงดอกแห้ง ทำการวัดค่าสีก่อนสกัดและทำการทดสอบแต่ละตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ครั้ง (triplicate) คำนวณร้อยละของผลผลิตดังสมการ

$$\text{ร้อยละของผลผลิต} = \frac{(\text{น้ำหนักของผงแห้ง})}{(\text{น้ำหนักของดอกหงอนไก่ที่ใช้สกัด})} \times 100 \quad (1)$$

3.3.2 การสกัดสีจากดอกหงอนไก่ไทยและเทศสีแดงเลือดนก แบบสดและแห้ง

นำดอกสดและดอกแห้งของทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ปั่นจนละเอียดและนำไปสกัดด้วยการเขย่าตลอดเวลาโดยเครื่องเขย่าสาร ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และ 80 โดยปริมาตร ในอัตราส่วนของดอกหงอนไก่ต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 (กรัม/มิลลิลิตร) โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำไปสกัดบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman หมายเลข 1 นำสารละลายที่กรองได้ไปทำการระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 ± 1 องศาเซลเซียส ทำการทดลองสกัด 3 ซ้ำ นำสารสกัดสีที่ได้ชั่งน้ำหนักตัวอย่างคำนวณหาตัวร้อยละการผลิต (Yield) ที่ได้จากการสกัดแบบสดและแบบแห้ง และทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี จากนั้นคัดเลือกสารสกัดที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าสีที่เหมาะสม เพื่อทำการทดลองในขั้นต่อไป

3.3.3 การทดสอบความสามารถในการดูดกลืนแสงและปริมาณเบต้าไซยานินของสารสกัดจากสีดอกหงอนไก่

นำสารละลายสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศจากการสกัดแบบแห้งในอัตราส่วนการสกัด 10:100 ที่ได้จากการคัดเลือกแล้ว มาทำเจือจางที่ 100 เท่า ในตัวทำละลายได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอล ร้อยละ 50 และ 80 โดยไปวัดเพื่อหาค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 538 nm ดัดแปลง (Pimpison et al., 2018) เพื่อยืนยันผลในการคัดเลือกตัวทำละลายที่ใช้สกัด โดยทุก ๆ ค่าวัด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นนำไปคำนวณหาเบต้าไซยานิน จากสมการ (Maran et al., 2015)

$$BC \text{ (มก./100 กรัม)} = (A \times DF \times MW) / (\epsilon \times L) \quad (2)$$

โดย BC คือ Betacyanin (มก./กรัม)

A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

DF คือ เฟคเตอร์ที่ทำให้เจือจาง

MW คือ มวลโมเลกุลของเบต้าไซตาไซยานิน (550 กรัม/โมล)

ϵ คือ ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง (60,000 ลิตร/โมล*ซม.)

L คือ ความกว้างของ cuvette (1 ซม.)

จากนั้นเปรียบเทียบวิธีการสกัดยืนยันผลเลือกตัวอย่างสีในตัวทำละลายที่มีปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุด เพื่อนำไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

3.3.4 การเตรียมเลคจากสารสกัดสีแดงดอกหงอนไก่

ในการทดลองนี้ทำการศึกษาการเตรียมเลคจากสารสกัดสีดอกหงอนไก่โดยศึกษาปัจจัยที่สำคัญ คือ ชนิดของเกลือและความเป็นกรดเบสเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมเลคตลอดจนการศึกษา อุณหภูมิที่มีผลต่อการเตรียมเลค

3.3.4.1 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 3, 5, 7 และ 9 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (Buffer System) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย โดยบัฟเฟอร์ พีเอช 3, 5, 7 และ 9 ได้แก่ citrate buffer, acetate buffer, phosphate buffer และ tris buffer ตามลำดับ โดยใช้คู่กรด-เบส และปริมาณที่ใช้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเตรียมบัฟเฟอร์ชนิดต่าง ๆ (0.1 โมลาร์) เพื่อใช้สำหรับการเตรียมเลคจากดอกหงอนไก่

บัฟเฟอร์	สารเคมี	ปริมาณ
Citrate buffer pH 3	Sodium Citrate dehydrate (MW:294.1g/mol)	2.759 กรัม
	Citric acid monohydrate (MW:210.14)	19.043 กรัม
Acetate Buffer pH 5	Sodium acetate (MW: 82 g/mol)	5.772 กรัม
	Acetic acid (liquid from)	1.6393 มล.
	(MW: 60.05 g/mol, density = 1.05 g/ml)	
Phosphate buffer pH 7	Sodium hydrogen phosphate anhydrous (Na ₂ HPO ₄) (MW:141.96 g/mol)	8.201 กรัม
	Sodium dihydrogen phosphate anhydrous (NaH ₂ PO ₄) (MW: 119.98 g/mol)	5.066 กรัม
Tris buffer pH 9	Tris-base (MW: 121.14 g/m)	12.114 กรัม
	Conc. HCl (37%,12.1 M)	0.968 กรัม

3.3.4.2 การเตรียมสารละลายสี พีเอช 3, 5, 7 และ 9

เตรียมสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่ให้อยู่ในรูปสารละลายสี พีเอช ต่าง ๆ ความเข้มข้นร้อยละ 0.57 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ในบัฟเฟอร์ชนิดต่าง ๆ โดยการชั่งน้ำหนักผงสีลงใน ปีกเกอร์และค่อย ๆ เทสารละลาย บัฟเฟอร์ ตามลงไปค่อย ๆ คนให้ละลายจนเข้ากันเป็นสารละลายสี จนครบทุกพีเอช จากนั้นนำสารละลายสีไป ตกตะกอนด้วยเกลือชนิดต่าง ๆ ต่อไป

นำผงสีไปเตรียมเป็นสารละลายสีร้อยละ 0.57 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรบัฟเฟอร์ พีเอช 3 (citrate buffer), 5 (acetate buffer), 7 (phosphate buffer), 9 (tris buffer) โดยผสมผงสี (Dye) 0.57 กรัม ต่อสารละลาย บัฟเฟอร์ 100 มล. ขั้นตอนการเตรียมโดยการชั่งน้ำหนักผงสีลงในปีกเกอร์และค่อย ๆ เทสารละลาย บัฟเฟอร์ ตามลงไปค่อย ๆ คนให้ละลายจนเข้ากันเป็นสารละลายสี จนครบทุกพีเอช ในการเตรียมสารละลายสีสำหรับการตกเลคเกลือแต่ละชนิดจะทำการทดสอบแต่ละตัวอย่างใช้ตัวอย่างละ 2 ปีกเกอร์

3.3.4.3 การตกตะกอนสีด้วยสารละลายเกลือ

ในการทดลองนี้ใช้เกลือทั้งหมด 6 ชนิดที่ใช้ในการเตรียมเลคได้แก่ Aluminium sulphate, Aluminium potassium sulphate, Aluminium chloride, Calcium chloride, Calcium acetate, Barium chloride ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นนำ

สารละลายเกลือไปเตรียมเลคด้วยการผสมกับสารละลายสีที่เตรียมในบัฟเฟอร์พีเอชต่าง ๆ โดยใช้วิธีที่ดัดแปลง (Wongwad et al., 2012) โดยนำสารละลายสีที่ พีเอช 3, 5, 7 และ 9 ที่เตรียมได้ มาตกตะกอนกับต่อสารละลายเกลือ 90:10 มล. ค่อย ๆ เติมสารละลายเกลือลงในสารละลายสี คนให้เข้ากัน นำไปวัดค่าพีเอช ก่อนเตรียม และนำสารละลายที่ได้ไปกวนต่อด้วยเครื่องกวนสาร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าพีเอชหลังเตรียมอีกครั้ง ค่าพีเอชที่ได้ควรจะเท่ากับหรือแตกต่างจากเดิมเพียงเล็กน้อย แสดงถึงความคงตัวของสภาวะการเตรียมเป็นการควบคุมปัจจัยความเป็นกรด-เบสของการเตรียมตัวอย่างเลค จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง มีสารละลายน้ำทิ้งและเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นสีที่ตกตะกอน เหลงบนกระดาษฟิคา แล้วนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท ทำการชั่งน้ำหนักและนำผงเลคที่ได้ไปบดให้ละเอียด เก็บใส่ภาชนะที่บดแสงที่ดูเย็นอุณหภูมิโดยประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อการทดสอบในลำดับถัดไป จากนั้นทำการประเมินคุณสมบัติและคุณภาพของสี

3.3.4.4 ผลของอุณหภูมิต่อการเตรียมเลคจากดอกหงอนไก่

คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่ประเมินได้จากข้อ 3.3.4.3 มาศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเตรียมเลค จากดอกหงอนไก่ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบที่ อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เกลือและค่าพีเอชที่เหมาะสม ด้วยวิธีการและขั้นตอนเหมือนกับข้อ 3.3.4.3 จากนั้นทำการประเมินคุณสมบัติ คุณภาพ และความคงตัวของสี

3.3.5 การประเมินคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเลคที่เตรียมได้

3.3.5.1 วัดและสังเกตค่าเลคด้วยระบบ CILELAB

นำตัวอย่างเลคที่ได้จากการตกตะกอน นำไปวัดซึ่งน้ำหนักคำนวณหาค่าร้อยละของผลได้ และวัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี (Colorimeter) รายงานผลในรูปแบบของ L^* , a^* , b^* และ ΔE รวมไปถึงการสังเกตลักษณะของสีและสีที่ปรากฏด้วยสายตา เพื่อดูความสดและความสวยงามของสีด้วยตาเปล่า

3.3.5.2 ทดสอบการติดทนบนผิว

โดยการนำเลคที่ได้ทาที่ห้องแขน จากนั้นนำมาทดสอบความคงตัวเบื้องต้นที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ อีกครั้งได้แก่ การวางไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้อง และวางไว้ในที่ที่มีแสงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี แล้วนำสีที่ได้มาทดสอบการติดทนบนผิวโดยการทาที่ห้องแขน

3.3.5.3 การทดสอบการละลายและการเกิด Bleeding

โดยการนำสีที่ได้มาละลายในน้ำกลั่น โดยการเตรียมสาร ใช้อัตราส่วนปริมาณของสี ต่อตัวทำละลาย เท่ากับ (สี 0.2 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 10 มล.) ด้วยสารละลายน้ำกลั่น ประมาณ 10 นาที เพื่อดูความชุ่มชื้น ที่เกิดขึ้น จากตัวอย่างที่เตรียมได้ โดยการละลายของสี ในกรณีตัวอย่างทดลองมีความชุ่มชื้นเกิดขึ้น ให้นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman paper) จากนั้น สังเกตสีและความใสของสารละลายส่วนที่กรองผ่านกระดาษกรอง (Filtrate) เพื่อบ่งบอกลักษณะหรือชนิดของ การเกิด bleeding หากเกิดการ bleeding สีชนิดนั้นจะไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ทางเครื่องสำอางกลุ่ม Make up

3.3.5.4 ทดสอบการกระจายตัวของเลค (Disperability)

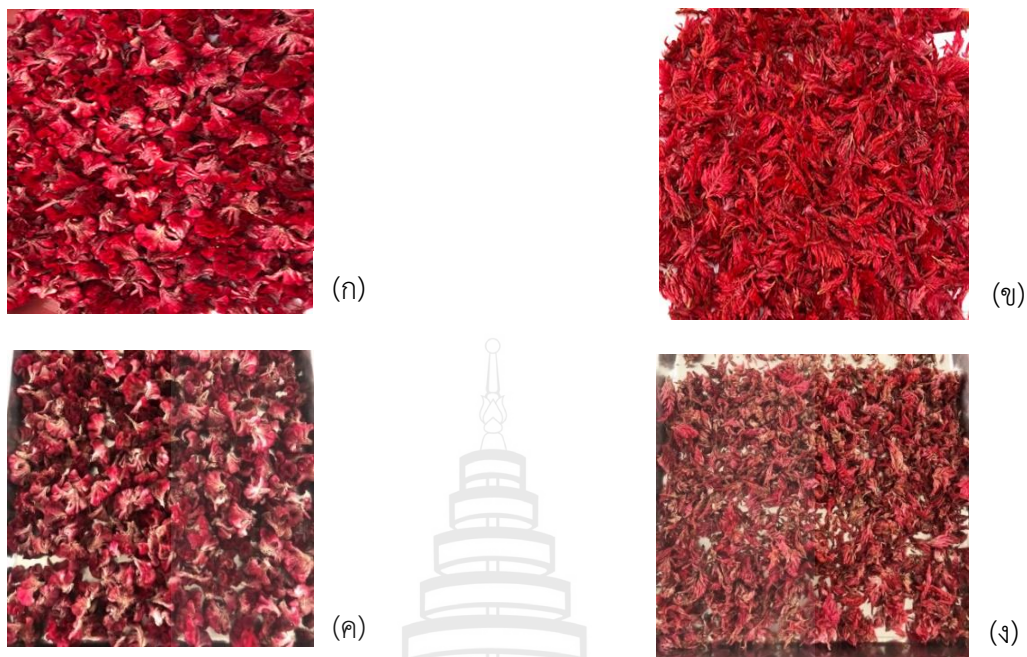
นำเลคมาละลายในตัวทำละลาย น้ำกลั่น (DI Water), mineral oil, c12-15 alkyl benzoate, caprylic, cyclopentasiloxane ในอัตราส่วน สี 0.05 กรัม : น้ำกลั่น 5 มล. เป็นเวลา 10 นาที สังเกตการณ์กระจายตัวของสีที่เกิดขึ้นหากสีกระจายตัวได้ดีใน สารละลายกลุ่มที่เป็นน้ำมัน (Oil solvent) ได้แก่ mineral oil, c12-15 alkyl benzoate, Caprylic/capric triglyceride, cyclopentasiloxane ที่ใช้ในการทดสอบ จะแสดงถึงคุณสมบัติการเข้ากันในได้ดีและเกิดความเสถียรเมื่อนำไปลำดับลงสูตรเครื่องสำอางกลุ่มให้สีตัดแปลงจาก (Wongwad et al., 2012; Vargas et al., 2022)

บทที่ 4

ผล และ อภิปรายผลของการศึกษา

4.1 การเตรียมตัวอย่างดอกหงอนไก่

เมื่อทำการเตรียมตัวอย่างดอกหงอนไก่แบบสด และแบบแห้งของทั้ง 2 สายพันธุ์ คือหงอนไก่ไทยสีแดงเลือดนก หงอนไก่เทศสีแดงเลือดนกโดยมีลักษณะของสีเฉดเดียวกัน ที่มาจากต้นที่โตเต็มวัย อายุ 2-3 เดือนขึ้นไป โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการคัดเลือกดอกที่มาจากลำต้นที่มีความยาวไม่ต่ำกว่า 80-90 เซนติเมตร (วัดจากลำต้นเหนือดินถึงปลายยอดดอก) ใบสีเขียวเข้ม ความกว้างใบ 2-3 เซนติเมตร ดอกสดสีแดงเลือดนก ช่อดอกกลีบแน่นความกว้าง 5 เซนติเมตรขึ้นไป นำมาตัดเอาเฉพาะแต่ส่วนดอก ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ซึ่งจากการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า สีของดอกทั้ง 2 สายพันธุ์ค่อนข้างที่จะคล้ายคลึงกัน และเมื่อนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสีของดอกแห้งมีความใกล้เคียงกับสีของดอกสดรูปทรงดอกยังคงมีความคล้ายกับตัวอย่างสด และเมื่อคำนวณร้อยละน้ำหนักแห้งที่ได้ของผลผลิตเมื่อทำให้อยู่ในรูปผงแห้ง พบว่า ดอกหงอนไก่เทศและดอกหงอนไก่ไทยมีน้ำหนักแห้งเท่ากับร้อยละ 13.80 ± 0.06 และ 9.96 ± 0.10 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งดอกหงอนไก่เทศมีค่าน้ำหนักแห้งที่ได้จากการอบสูงกว่า ดอกหงอนไก่ไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะสีของดอกสดของหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนก (ก) และหงอนไก่ไทยสีแดงเลือดนก (ข) และลักษณะดอกแห้งของหงอนไก่เทศสีแดงเลือดนก (ค) และหงอนไก่ไทยสีแดงเลือดนก (ง)

เมื่อทำการวัดค่าสีของดอกสดและดอกแห้งของดอกหงอนไก่เทศ และ ดอกหงอนไก่ไทย ด้วยเครื่องวัดค่าสี ที่แสดงผลออกมาในรูปแบบของค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งพบว่า ดอกหงอนไก่เทศแบบสดมีค่าความสว่าง (L^*) และความแดง (a^*) สูงกว่าหงอนไก่ไทยเล็กน้อย เมื่อทำให้อยู่ในรูปตัวอย่างแห้ง พบว่า ค่าความสว่างจะลดลง แต่ดอกจะมีสีแดงที่เข้มขึ้นทั้ง 2 สายพันธุ์ รวมไปถึงความสดของสี (C^*) ที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเฉดสี (h^*) แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า การทำแห้งส่งผลให้สีแดงมีความเข้มมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อเฉดสีของดอกหงอนไก่ทั้งสายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย เมื่อพิจารณาความคงตัวของสีระหว่างดอกไม้สดกับดอกไม้แห้งของแต่ละสายพันธุ์ (ตารางที่ 4.2) พบว่า ค่าความต่างระหว่างดอกสดและดอกแห้ง (ΔE) ของดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ มีค่าเท่ากับ 2.22 ± 1.87 เท่ากับ และดอกหงอนไก่ไทยมีค่าความต่างของสีระหว่างดอกสดและดอกแห้งอยู่ที่เท่ากับ 1.21 ± 2.10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การอบด้วยลมร้อนเพื่อเตรียมตัวอย่างดอกไม้แห้ง ไม่ส่งผลต่อความคงตัวของสีดอกหงอนไก่ทั้งสองสายพันธุ์

ตารางที่ 4.1 ค่าสี L* a* b* C* h* ของดอกสด และ ดอกแห้ง ของหงอนไก่สายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย

ตัวอย่าง	ค่าสี				
	L*	a*	b*	C*	h*
สายพันธุ์เทศ (ดอกสด)	53.08 ± 1.26	13.70 ± 0.16	7.28 ± 0.26	15.51 ± 0.16	28.00 ± 0.98
สายพันธุ์เทศ (ดอกแห้ง)	49.18 ± 0.66	15.15 ± 0.66	8.35 ± 0.66	17.30 ± 0.88	28.83 ± 1.01
สายพันธุ์ไทย (ดอกสด)	51.16 ± 0.38	12.75 ± 0.65	7.14 ± 0.43	14.75 ± 0.55	30.17 ± 2.16
สายพันธุ์ไทย (ดอกแห้ง)	48.94 ± 3.81	13.57 ± 1.07	7.98 ± 1.38	15.75 ± 1.61	30.31 ± 2.40

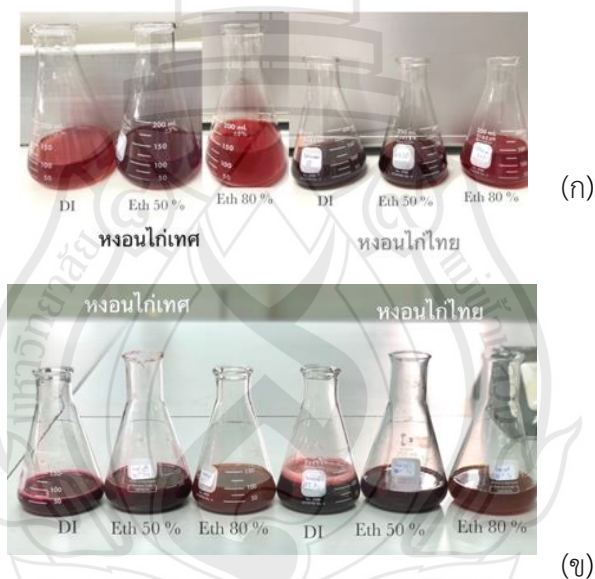
ตารางที่ 4.2 ผลจากการอบด้วยลมร้อนต่อความคงตัวของสีดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย

		น้ำหนัก(กรัม)		ΔE
		ก่อนอบ (สด)	หลังอบ (แห้ง)	
สายพันธุ์เทศ	L*	53.08 ± 1.26	49.18 ± 0.66	2.22 ± 1.87
	a*	13.70 ± 0.16	15.15 ± 0.66	
สายพันธุ์ไทย	b*	7.28 ± 0.26	8.35 ± 0.66	1.21 ± 2.10
	L*	51.16 ± 0.38	48.94 ± 3.81	
	a*	12.75 ± 0.65	13.57 ± 1.07	
	b*	14.75 ± 0.55	7.98 ± 1.38	

4.2 การเตรียมสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่

จากการสกัดดอกสดของหงอนไก่สายพันธุ์เทศและไทย และบนเครื่องเขย่าสาร โดยใช้ น้ำกลั่น และตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 50 และร้อยละ 80 ในอัตราส่วนของดอกหงอนไก่ต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในอัตราส่วนของดอกหงอนไก่ ต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากภาพที่ 4.2 เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดไปวิเคราะห์ร้อยละผลผลิต พบว่า ปริมาณสารสกัดสีที่ได้จากการสกัดดอกสดของหงอนไก่สายพันธุ์เทศด้วย กลั่นและตัวทำละลายเอทา

นอลร้อยละ 50 และร้อยละ 80 มีค่าเท่ากับ 0.67 ± 0.09 , 1.71 ± 0.65 และ 0.43 ± 0.33 ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดสีที่ได้จากดอกหงอนไก่สายพันธุ์ไทย เท่ากับ 0.46 ± 0.20 , 1.05 ± 0.43 , 1.17 ± 0.03 ตามลำดับ ส่วนการสกัดดอกแห้งของสายพันธุ์เทศจะมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 12.28 \pm 3.73, 10.05 \pm 3.46, 5.12 \pm 1.78 ตามลำดับ และสายพันธุ์ไทยเท่ากับ ร้อยละ 12.79 \pm 0.79, 10.05 \pm 3.46, 5.12 \pm 1.02 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสกัดด้วยดอกแห้งให้ปริมาณสารสกัดที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุก ๆ ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด และเมื่อเปรียบเทียบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด จะพบว่า ตัวทำละลายน้ำจะให้ผลที่ดีกับตัวอย่างดอกแห้งมากกว่าตัวอย่างดอกสด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายเอทานอลทั้งสองความเข้มข้น โดยจะให้ปริมาณสารสกัดที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 12.28 \pm 3.73 และ 12.79 \pm 0.79 โดยน้ำหนัก เมื่อใช้หงอนไก่สายพันธุ์เทศและไทย ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ









ภาพที่ 4.2 ลักษณะความเข้มข้นสีสารละลายที่ได้จากการสกัดดอกสด (ก) และดอกแห้ง (ข) ของดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทยด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และร้อยละ 80






เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดไปวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ภายในระบบ $L^* a^* b^*$ และ $L^* C^* h^*$ จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า การสกัด ด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น จะได้สารสกัดที่มีสีแดงมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลอย่างเห็นได้จาก โดยสังเกตได้จากค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) ซึ่งมีค่าเชิงบวกที่สูงถึง 14.34 ± 0.16 และ 8.57 ± 3.66 เมื่อใช้ดอกแห้งของดอกหงอน

ไก่อสายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย โดยสีสารสกัดที่ได้จะมีสีแดงเข้ม ขณะที่การใช้ตัวทำละลายเอทานอล จะส่งผลให้ค่า a^* หรือค่าความเป็นสีแดง-เขียว ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งบ่งบอกความเป็นสีแดงที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดสี ระหว่างดอกหงอนไก่อสายพันธุ์เทศและสายพันธุ์ไทย สอดคล้องกับ งานวิจัย (Charoenrat & Panadda, 2021) ที่มีกรใช้น้ำกลั่น เป็นตัวทำละลายในการสกัด สีจากการเตรียมสีเพื่อนำไปเตรียมเลคในสารสกัดสีจากเปลือกแก้วมังกรสีแดง ซึ่งพบปริมาณสารสำคัญคือ บีทาเลน และยังพบว่าสีที่ได้มีสีชมพูสดใสสวยงาม มีความคงตัวมากขึ้น เมื่อนำไปทดสอบความคงตัวจากการเตรียม ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด (พีเอช = 5) ดังนั้น จึงสามารถประเมินเบื้องต้นได้ว่าดอกหงอนไก่อทั้งสองสายพันธุ์ สามารถสกัดสีออกมาได้ดีในรูปแบบของดอกแห้ง โดยน้ำกลั่น จะเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่ ให้ปริมาณ ร้อยละของผลได้ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ดอกหงอนไก่อสายพันธุ์เทศจะให้ความเข้มของสีแดงมากกว่า ดังนั้น ดอกหงอนไก่อสายพันธุ์เทศที่เตรียมในรูปแบบแห้งจึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมที่นำไปใช้ในขั้นตอนการเตรียม เลคต่อไป

ตารางที่ 4.3 ค่าสีที่วัดได้ในระบบ $L^* a^* b^*$ และ $L^* C^*$ และ h^* ของสารสกัดที่ได้จากการสกัดดอกสด และดอกแห้งของดอกหงอนไก่อสายพันธุ์เทศและไทยด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	วิธีสกัด	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	สีที่สังเกตได้
หงอนไก่อสายพันธุ์เทศ	 ดอกสด, น้ำ	40.51 ± 1.54	1.90 ± 0.17	0.57 ± 0.13	1.99 ± 0.71	16.65 ± 3.75	แดงเข้ม
	 ดอกแห้ง, น้ำ	35.35 ± 2.92	14.34 ± 0.16	2.95 ± 0.74	14.64 ± 0.20	11.40 ± 2.87	แดงสด
หงอนไก่อสายพันธุ์ไทย	 ดอกสด, น้ำ	36.07 ± 1.21	0.45 ± 0.20	7.14 ± 0.43	0.63 ± 0.32	326.78 ± 25.20	แดงเข้ม
	 ดอกแห้ง, น้ำ	40.81 ± 4.13	8.57 ± 3.66	4.40 ± 1.72	9.58 ± 4.04	27.60 ± 1.20	แดงสด
หงอนไก่อสายพันธุ์เทศ	 ดอกสด, เอทานอล 50 %	36.34 ± 2.81	0.82 ± 0.52	0.21 ± 0.21	0.85 ± 0.53	345.60 ± 7.76	แดงเข้ม
	 ดอกแห้ง, เอทานอล 50 %	27.64 ± 3.86	1.33 ± 0.32	0.07 ± 0.18	1.31 ± 0.33	241.94 ± 201.18	แดงเข้ม

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตัวอย่าง	วิธีสกัด	L*	a*	b*	C*	h*	สีที่สังเกตได้
	ดอกสด, เอทานอล 50 %	37.58 ± 1.84	0.42 ± 0.06	0.71 ± 0.32	0.53 ± 0.07	330.02 ± 25.06	แดงม่วงเข้ม
	ETH 50 % แห้ง	40.97±0.01	41±0.01	0.51±0.01	0.66±0.01	308.90±0.25	แดงม่วงเข้ม
หงอนไก่สายพันธุ์ไทย	 ดอกสด, เอทานอล 80 %	37.91 ± 3.79	1.55 ± 0.35	1.49 ± 0.58	2.19 ± 0.45	43.35 ± 14.18	น้ำตาลแดง
	 ดอกแห้ง, เอทานอล 80 %	41.05 ± 0.43	2.52 ± 0.39	0.59 ± 0.51	2.61 ± 0.48	12.47 ± 9.08	น้ำตาลเหลือง
หงอนไก่สายพันธุ์ไทย	 ดอกสด, เอทานอล 80 %	45.19 ± 7.55	0.71 ± 0.32	1.12 ± 1.28	1.52 ± 0.95	147.91 ± 46.65	ม่วงเข้ม
	 ดอกแห้ง, เอทานอล 80 %	28.09 ± 6.48	2.65 ± 2.36	2.16 ± 2.10	3.43 ± 3.15	35.32 ± 5.27	ม่วงเข้ม

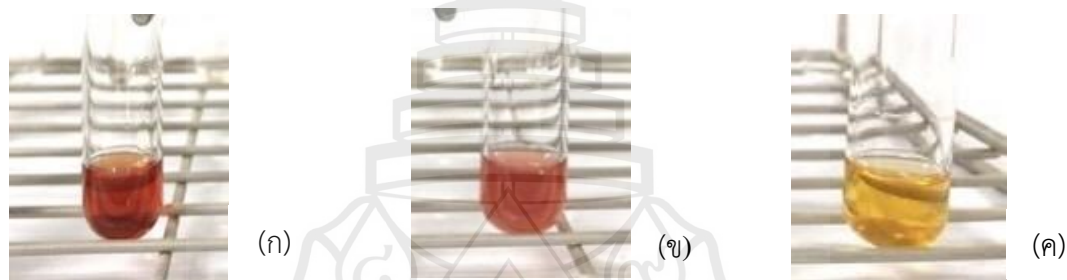
4.3 การประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ

4.3.1 การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง

สารสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศที่ได้จากการคัดเลือก จากตารางที่ 4.3 เป็นสารสกัดที่ได้รับคัดเลือกนำมาศึกษาต่อ เมื่อทำการนำมาประเมินคุณสมบัติทางเครื่องสำอางเบื้องต้นด้วยการตรวจสอบสารให้สีในการสกัดด้วยเทคนิคการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-VIS สเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งการศึกษาวิจัยก่อนหน้านี พบว่าสารสีแดงในดอกหงอนไก่ ซึ่งเป็นพืชในตระกูล Amaranthaceae ตรงกับผลของงานวิจัยของดูดกลืนแสงได้ดีในความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร (Elbandy & Adbelfdeil, 2008; Alam et al., 2012; Strak et al., 2003; Cai et al., 2005) เมื่อนำสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่เทศ ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และร้อยละ 80 มาเจือจาง 100 เท่า ด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม พบว่าสารละลายสารสกัดมีสีที่แตกต่างกัน โดยให้สีแดงสด, แดงชมพู และส้มเหลือง (ภาพที่ 4.3)

4.3.2 วิเคราะห์ ค่าการดูดกลืนแสง

ผลการทดลองดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายคือ น้ำกลั่นโดยเจือจาง 100 เท่า นำไปหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับช่วงความยาวคลื่นของปริมาณเบต้าไซยานินที่พบในดอกหงอนไก่ (*Celosia cristata* L.) พืชตระกูล Amaranthaceae ตรงกับผลของงานวิจัยของ (Cai et al., 2005; Elbandy & Adbelfdeil, 2008 Strak et al., 2003) พบว่าตัวอย่าง มีปริมาณเบต้าไซยานินสูงสุด คือ 0.2207 มก./กรัม ส่วนดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายคือ เอทานอลร้อยละ 50 และ 80 มีปริมาณเบต้าไซยานิน เท่ากับ 0.13 ± 0.00 และ 0.04 ± 0.00 มก./กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่า ดอกหงอนไก่เทศที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่นมีการคายสีออกมามากที่สุด จึงเหมาะที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อการเตรียมเลค

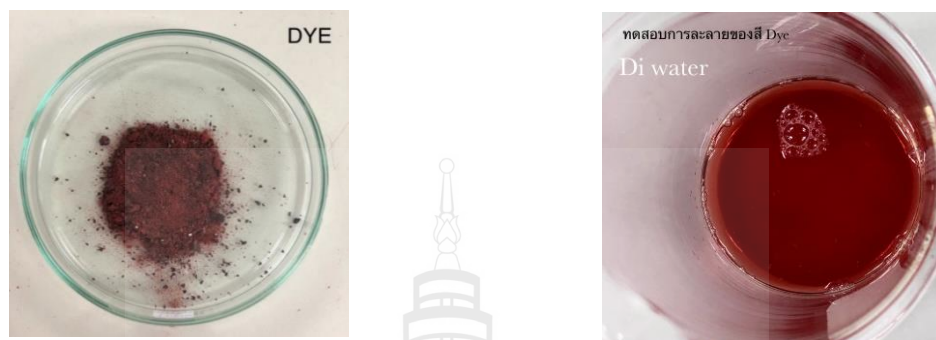


ภาพที่ 4.3 ลักษณะของสี (เจือจาง 100 เท่า) จากดอกหงอนไก่เทศ ด้วยตัว ทำละลายน้ำ (ก) เอทานอลร้อยละ 50 (ข) และ เอทานอลร้อยละ 80 (ค)

ตารางที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และ ปริมาณเบต้าไซยานินของสารสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ

ตัวทำละลาย	สีสารละลาย	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณเบต้าไซยานิน(มก./กรัม)
น้ำ	แดงสด	0.24 ± 0.01	0.2207 ± 0.0016
เอทานอลร้อยละ 50	แดงอ่อน	0.13 ± 0.02	0.1149 ± 0.0024
เอทานอลร้อยละ 80	เหลือง	0.04 ± 0.03	0.0369 ± 0.0019

ในครั้งนี้น้ำสารสกัดจากดอกหงอนไก่เทศรูปแบบแห้งที่สกัดด้วยน้ำจะนำไปใช้ศึกษาการเตรียมสีเลคจากดอกหงอนไก่เป็นการต่อไป มีลักษณะก่อนเตรียมเลค ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ลักษณะของผงสีสารสกัดสีที่ได้จากดอกหงอนไก่เทศ และการละลายน้ำของสีก่อนนำไปเตรียมเลค

4.4 การเตรียมเลคจากสารสกัดสีดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ

4.4.1 ผลของชนิดของเกลือ และ พีเอช ที่มีผลต่อการเตรียมเลค

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเตรียมเลคด้วยวิธีตกตะกอนด้วยเกลือที่ระดับพีเอชต่าง ๆ โดยใช้เกลือ ได้แก่ อะลูมิเนียมซัลเฟต, อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟต, อะลูมิเนียมคลอไรด์, แคลเซียม อะซิเตท, แคลเซียมคลอไรด์ และ แบเรียมคลอไรด์ ที่พีเอชต่าง ๆ ได้แก่ พีเอช 3, 5, 7, 9 ซึ่งได้ สีเลคที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าเกลือและพีเอช ส่งผลต่อการเตรียมสีเลคจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ โดยเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต ให้ค่าสีแดง (a^*) มากที่สุดดังนี้ได้แก่ 8.64 ± 0.30 , 4.06 ± 0.02 , 3.63 ± 0.032 และ 3.52 ± 0.08 เมื่อเตรียมที่ระดับพีเอช 5, 7, 9 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของพลอยพัทธ์ สุภรัตน์ฉัญญาและคณะ (2562) เมื่อใช้เกลืออีก 5 ชนิด คืออะลูมิเนียม โพแทสเซียมซัลเฟต, อะลูมิเนียม คลอไรด์, แคลเซียม อะซิเตท, แคลเซียม คลอไรด์ และ แบเรียม คลอไรด์ ที่จะให้มีสีไปทางเฉดสีน้ำตาลอ่อน น้ำตาล และดำ ซึ่งค่าความแดงจะลดลง ผลการคำนวณหาปริมาณของ เลค พบว่าร้อยละที่ได้ของเลคที่มาจากเกลือแต่ละชนิดใน พีเอช 3, 5, 7 และ 9 ของตัวอย่างเกลือที่เลือกใช้คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต โดยพบว่า มี ปริมาณร้อยละของสารสกัดเลคที่ได้ (Yields) สูงที่สุดคือ 95.62 ± 3.73 , 94.74 ± 2.48 , 77.17 ± 3.42 และ 16.79 ± 1.11 ซึ่งได้แก่ พีเอช 9, 7, 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อสกัดที่สภาวะเดียวกัน ที่อุณหภูมิห้อง แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยความเป็นกรด-ด่างในการเตรียม (พีเอช) ปริมาณของสีและสารสกัดที่ได้ เนื่องจาก เบต้าไซยานินเป็นส่วนประกอบของสารที่อยู่ในกลุ่มของเบทาเลน พีเอชที่เหมาะสมและมีผลความคงตัวมาก

ของสารกลุ่มนี้จะอยู่ในช่วงพีเอช 4-7 (Elbe et al., 1974; Herbach et al., 2006) โดยถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง (บางที่ใช้กรด-เบส จะใช้ค่าไหนก็ให้เหมือนกันทั้งเล่ม) ของสารละลาย โดยที่ถ้า พีเอช ของสารละลาย อยู่ในช่วงระหว่าง 3.5-7.0 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารจะอยู่ที่ ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร แต่ถ้า ค่าพีเอชของสารละลายเท่ากับ 9.0 ค่าการดูดกลืน แสงสูงสุดของสารจะอยู่ที่ความยาวคลื่น 544 นาโนเมตร ซึ่งในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดต่ำมาก ๆ จะทำให้คาร์บอนตัวที่ 15 (C-15) ของปีตานินและปีตานิดิน เกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน (Isomerization) กลายเป็นไอโซเบตานิน (Isobetanin) และไอโซเบตานิดินได้ตามลำดับ และสารสียังคงมีสีม่วงแดงอยู่

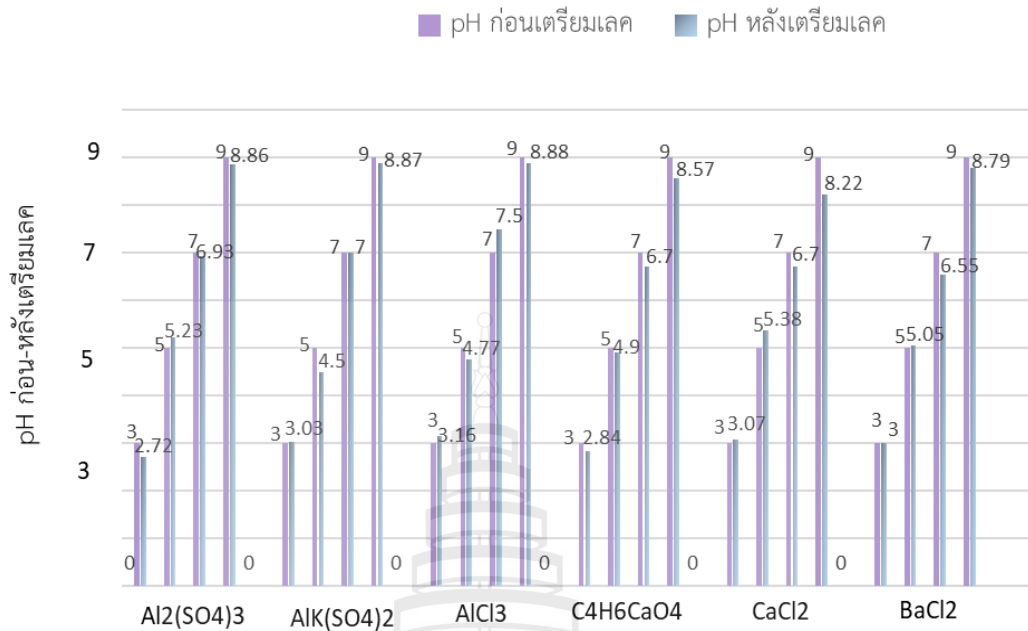
นอกจากนี้สภาวะกรดมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของสารเบต้าไซยานินกลายเป็น 14,15-dehydrobetanin (หรือเรียกอีกอย่างว่า Neobetanin) หรือเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายด้วยกรด (Hydrolysis) กลายเป็นกรดปีตาลามิค ซึ่งทั้งหมดเกิดเป็นสารสีเหลือง จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่า การใช้สารละลายบัฟเฟอร์ในแต่ละพีเอช ได้แก่ 3, 5, 7, 9 ที่วัดค่าก่อนและหลังเตรียมมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุก ๆ พีเอช และ ในเกลือทุกชนิด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในเชิงสถิติอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเตรียมพีเอชบัฟเฟอร์ต่าง ๆ ได้แก่พีเอช 3 (ซีเททบัฟเฟอร์), พีเอช 5 (อะซีเทท บัฟเฟอร์), พีเอช 7 (ฟอสเฟต บัฟเฟอร์), พีเอช 9 (ทริส บัฟเฟอร์) และทำการวัดค่าก่อนและหลังเตรียมได้ดัง (ภาพที่ 4.5) เป็นการควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้ไม่เปลี่ยนแปลงหรือแปรปรวนง่ายเมื่อเจอปัจจัยในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ระหว่างทำการทดลอง และทำให้พีเอชมีค่าการรายงานผลที่คงที่ เนื่องจากการทดสอบความเป็นกรด-เบส มีผลต่อปัจจัยควบคุมการเกิดเลคที่สำคั (Nilsson, 1970; Elbe et al., 1974) ระดับพีเอช ในการเตรียมที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสาระสำคัญในพืช ชนิดนั้น ๆ และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสาระสำคัญกลุ่มเบทาเลนที่มีองค์ประกอบคือ เบต้าไซยานินในดอกหงอนไก่ (Herbach et al., 2006; Roy et al., 2004; Stintzing & Carle, 2004; Strak et al., 2003)

ตารางที่ 4.5 ผลของเกลือและพีเอช ต่อการเตรียมเลคจาก ดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ

Metal salt	L*	a*	b*	C*	h*	ร้อยละผลผลิต
Aluminium sulphate						
pH 3	54.88 ± 0.16	3.52 ± 0.08	7.22 ± 0.12	8.02 ± 0.13	64.02 ± 0.31	16.79 ± 1.11
pH 5	56.43 ± 0.89	8.64 ± 0.30	7.36 ± 0.39	11.36 ± 0.48	40.42 ± 0.56	77.17 ± 3.42
pH 7	74.45 ± 0.13	4.06 ± 0.02	6.42 ± 0.044	7.60 ± 0.04	57.71 ± 0.20	94.74 ± 2.48
pH 9	56.74 ± 0.07	3.63 ± 0.032	8.97 ± 0.03	9.68 ± 0.03	67.95 ± .010	95.62 ± 3.73



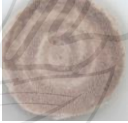

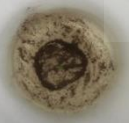
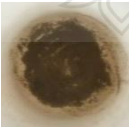
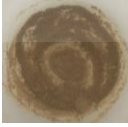
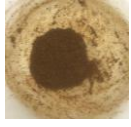
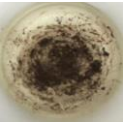
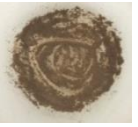

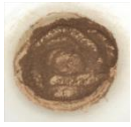
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

Metal salt	L*	a*	b*	C*	h*	ร้อยละผลผลิต
Aluminium potassium sulphate						
pH 3	44.60 ± 0.03	1.42 ± 0.01	2.86 ± 0.02	3.19 ± 0.01	63.58 ± 0.16	16.77 ± 1.09
ph 5	41.95 ± 0.09	0.81 ± 0.02	3.18 ± 0.08	3.28 ± 0.08	75.66 ± 0.04	46.50 ± 0.71
pH 7	48.38 ± 0.09	2.95 ± 0.01	6.64 ± 0.02	7.26 ± 0.01	66.01 ± 0.06	94.50 ± 2.12
pH 9	38.74 ± 0.02	0.96 ± 0.01	1.33 ± 0.01	1.64 ± 0.01	54.27 ± 0.34	95.50 ± 3.54
Aluminium chloride						
pH 3	41.66 ± 0.01	1.58 ± 0.01	2.47 ± 0.01	2.94 ± 0.01	57.45 ± 0.23	16.67 ± 1.24
ph 5	46.78 ± 0.02	2.56 ± 0.01	5.07 ± 0.02	5.67 ± 0.01	63.21 ± 0.14	44.49 ± 1.58
pH 7	51.25 ± 0.01	2.31 ± 0.01	4.12 ± 0.01	4.72 ± 0.01	60.69 ± 0.02	74.83 ± 3.34
pH 9	41.55 ± 0.02	1.41 ± 0.01	2.15 ± 0.01	2.58 ± 0.02	56.51 ± 0.13	66.50 ± 3.54
Calcium acetate						
pH 3	52.03 ± 0.09	3.14 ± 0.01	6.64 ± 0.02	7.34 ± 0.01	64.65 ± 0.06	9.64 ± 30.91
ph 5	50.37 ± 0.03	3.33 ± 0.01	7.85 ± 0.01	7.34 ± 0.01	67.05 ± 0.03	113.50 ± 0.71
pH 7	77.63 ± 0.06	3.54 ± 0.01	13.77 ± 0.03	14.21 ± 0.03	75.60 ± 0.02	134.50 ± 2.12
pH9	42.50 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.47 ± 0.01	50.03 ± 0.90	42.06 ± 1.49
Calcium chloride						
pH 3	54.25 ± 0.01	3.32 ± 0.02	7.43 ± 0.08	8.14 ± 0.08	65.94 ± 0.13	12.14 ± 0.20
ph 5	47.15 ± 0.03	2.52 ± 0.01	5.99 ± 0.02	6.50 ± 0.02	67.14 ± 0.06	14.50 ± 0.71
pH 7	74.00 ± 0.02	3.47 ± 0.01	11.47 ± 0.01	11.99 ± 0.01	73.14 ± 0.02	122.50 ± 4.95
pH 9	45.71 ± 0.32	0.09 ± 0.01	0.71 ± 0.14	0.72 ± 0.14	82.28 ± 1.97	45.50 ± 0.71
Barium chloride						
pH 3	44.10 ± 1.82	1.61 ± 0.31	2.61 ± 0.28	3.06 ± 0.41	58.5 ± 11.99	14.38 ± 0.08
ph5	56.10 ± 1.86	1.38 ± 0.04	4.28 ± 0.46	4.50 ± 0.45	72.07 ± 1.26	16.54 ± 1.12
pH 7	57.29 ± 0.00	5.00 ± 0.00	12.20 ± 0.01	13.18 ± 0.01	67.72 ± 0.03	128.20 ± 14.42
pH 9	48.96 ± 0.04	0.37 ± 0.01	2.69 ± 0.02	2.72 ± 0.02	82.12 ± 0.18	46.69 ± 1.10




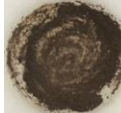




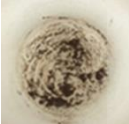
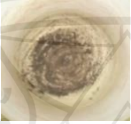




ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าพีเอช ที่ได้ก่อนเตรียมเลค และ หลังเตรียมเลคของเกลือ 6 ชนิด

ตารางที่ 4.6 ลักษณะของเลคที่เตรียมได้จากเกลือ 6 ชนิดที่ระดับ พีเอชต่าง ๆ

	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
Aluminium sulphate	สีน้ำตาล 	สีแดงเข้ม 	น้ำตาลอ่อน 	สีน้ำตาล 
Aluminium potassium Sulphate	สีดำ 	สีน้ำตาลเข้ม 	สีน้ำตาล 	สีน้ำตาล 
Aluminium chloride	สีดำ 	สีน้ำตาลเข้ม 	สีน้ำตาล 	สีน้ำตาล 

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
Calcium acetate	สีน้ำตาลเข้ม 	สีดำ 	สีขาวอมน้ำตาล 	สีดำ 
Calcium chloride	สีน้ำตาลเข้ม 	สีน้ำตาลเข้ม 	สีขาวอมน้ำตาล 	สีดำ 
Barium chloride	Black 	Dark Brown 	Brown 	Black 

4.5 การคัดเลือกตัวอย่างเลข

4.5.1 ผลการทดสอบด้วยเกลือทั้ง 6 ชนิด

พบว่าเมื่อทำการทดสอบการเตรียมเลขในเกลือ อะลูมิเนียม ซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), อะลูมิเนียม โฟสเฟต ซัลเฟต ($AlK(SO_4)_2$), อะลูมิเนียม คลอไรด์ ($AlCl_3$), แคลเซียม อะซิเตท ($C_4H_6CaO_4$), แคลเซียม คลอไรด์ ($CaCl_2$), แบเรียม คลอไรด์ ($BaCl_2$) ในการทำละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 3, 5, 7 และ 9 พบว่า เลขที่เตรียมด้วยอะลูมิเนียม ซัลเฟตให้ค่าสีแดง (a^*) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับค่าสีแดงของเกลือทั้ง 6 ชนิด (ตารางที่ 4.6) และให้ตัวอย่างสีแดงที่ชัดเจน (ภาพที่ 4.6) จึงเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุดและตรงกับวัตถุประสงค์ในการเตรียมเลขครั้งนี้ และจากการศึกษา ยังพบว่า เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต กรมบริหารอาหารและยา กรมอนามัย และการบริการมนุษย์ (The Code of Federal Regulations, 2003) กำหนดไว้ว่า อะลูมิเนียม ซัลเฟตเป็นเกลืออนินทรีย์ในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ดูแลส่วนบุคคล อะลูมิเนียมซัลเฟตทำหน้าที่เป็นยาสมานแผลและสารระงับกลิ่นกายสำหรับเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังได้รับการอนุมัติให้ใช้ในยาที่ ปกป้องผิวเป็นยาสมานแผล โดยรับการอนุมัติให้ใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ยา ปกป้องผิว ที่ไม่ต้องสั่งโดยแพทย์ (OTC) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 46 ถึง 63

เมื่อใช้ในยาต่าง ๆ เช่น ยาสมาณแผลที่ความเข้มข้น ร้อยละ 5 ถึง 10 รวมถึงยาที่ใช้กับผิวหนังมนุษย์อื่น ๆ OTC จะระบุไว้บนฉลากว่า Aluminum Sulfate Buffered Cosmetic Ingredient Review (CIR) นอกจากนี้ คณะกรรมการคัดเลือกของ FDA เรื่อง GRAS Substances (SCOGS) ยังสรุปว่าไม่มีหลักฐานในข้อมูลที่มีอยู่เกี่ยวกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่แสดงให้เห็นหรือชี้ให้เห็นถึงอันตรายต่อสาธารณะเมื่อใช้ในระดับที่กำหนดและใช้ได้อย่างสมเหตุสมผล ตัวอย่างดังนี้ ร้อยละ 10.60 ในสเปรย์ระงับกลิ่นกายหรือสเปรย์ระงับเหงื่อ, ร้อยละ 2.65 ในยาสีฟัน และร้อยละ 0.77 ในลิปสติก จากการผลึกษาวิจัยครั้งนี้ เบื้องต้นในการเตรียมเลคที่ได้จากตัวอย่างที่ทำการคัดเลือก ใช้ อะลูมิเนียมซัลเฟตอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือร้อยละ 10 (ผงเกลือ 1 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 9 มล.) และปริมาณเกลือคิดเป็นร้อยละ 1 ของสารละลายที่ใช้ทั้งหมดต่อ 1 ตัวอย่างการเตรียม ดังข้อ 3.3.4.3 และเมื่อนำไปเตรียมเลค สีที่ได้จากการตกตะกอนจับกับเกลือบางส่วนก่อนนำไปอบ มีผลทำให้ปริมาณเกลือในสารละลายหายไปบางส่วนที่ไม่ได้มีการจับกับสารละลาย โดยเท่ากับว่าผงเกลือที่ได้ทั้งหมด คือ ร้อยละ 77.17 ± 79.59

ในการเตรียมที่ พีเอช 5 ครั้งนี้มีปริมาณเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต คงเหลืออยู่ในสีเลคที่ไม่ถึงร้อยละ 1 ในปริมาณสีทั้งหมดที่เตรียมได้ และนอกจากนี้แล้ว อะลูมิเนียมซัลเฟต ปลอดภัยและไม่ซึมเข้าสู่ร่างกายไม่สามารถผ่านผนังเซลล์ได้ รวมทั้งไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายโอโซนและเป็นสารที่นำไปใช้ในการกำจัดน้ำเสีย หากศึกษาการใช้งานและนำไปพัฒนาปรับใช้อย่างถูกวิธี กรณีการหาค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ยา อาหาร เครื่องสำอาง ที่คาดว่าอาจเกิดการตกค้างในระหว่างขั้นตอนการเตรียมที่ต้องการวัดมาตรฐานที่แน่ชัด มีค่าที่แตกต่างกัน หากใช้วิธีการหรือเครื่องมือชนิดไหนในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเหล่านี้ อาจจะต้องพิจารณามาตรฐานเหล่านี้ก่อน เพื่อให้สามารถเลือกใช้วิธีการหรือเครื่องมือในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม วิธีการหรือเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุและโลหะหนัก เรียกว่า เทคนิค Atomic Spectroscopy หลักการโดยทั่วไปจะอาศัยความร้อนทำให้สารประกอบในตัวอย่างเกิดการแตกสลายให้เป็นอะตอม โดยเทคนิคใน Atomic Spectroscopy จะมี 4 เทคนิคหลัก (1) Flame AA (2) Graphite AA (Furnace) (3) ICP-OES 4) ICP-MS (รุ่งทิพย์ กาวารี, 2565) จากการศึกษาค้นคว้าเบื้องต้นยังพบว่าหลักการของวิธีที่จะช่วยดูดซับโลหะหนักออกจากสีที่ได้ จากการแลกเปลี่ยนประจุเป็นข้อมูลที่น่าสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปเพื่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และลดการเจือปนมากยิ่งขึ้น (พอลตา ประสาน, 2547)

4.5.2 ผลทดสอบความคงตัวของตัวอย่างที่ทำการคัดเลือก 1 ตัวอย่างที่ดีที่สุด

จากการสังเกตด้วยตาเปล่าและเบลนดูการติดผิวและสังเกตลักษณะของเฉดสี พบว่า เมื่อนำตัวอย่างอะลูมิเนียมซัลเฟตที่คัดเลือกมาทดสอบที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง, 4 องศาเซลเซียส,

45 องศาเซลเซียส และแสงแดดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยเก็บไว้ในขวดแก้วใสโปร่งแสง พบว่า สีเลคที่ได้ ที่ทดสอบเก็บไว้ในที่สภาวะอุณหภูมิห้อง และ 45 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส ในแต่ละพีเอช ให้ผลที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน เลคที่ได้จากการเตรียมพีเอช 5 นั้นยังคงมีสีแดงสดใสเมื่อเทียบกับพีเอช 5, 7 และ 9 ของทุกสภาวะการทดสอบ และ ผลที่ได้จากตัวอย่างเลค ในสภาวะการทดสอบแสงแดดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ทำให้เลคที่พีเอช 3, 5, 7 และ 9 มีลักษณะเฉดสีมืดทึบขึ้นเล็กน้อยออกไปทางแดงน้ำตาล แสดงถึงการมีผลต่อค่าความมืดสว่าง (L^*) ค่าของสีแดงเขียว (a^*) ที่ลดลง เมื่อเทียบกับตัวอย่างทั้งหมด และยังพบว่า ที่การทดสอบสภาวะความคงตัวของเลค ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ แสงแดดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีผลต่อการติดผิวของสีที่ลดลง

เมื่อเทียบกับ สภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส ที่มีการติดผิวที่ดีกว่า ซึ่งบ่งบอกถึง สภาวะความคงตัวของสีในการเก็บรักษาและความคงตัวของสีเมื่ออยู่ในสภาวะต่าง ๆ โดยสภาวะการเก็บที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีได้เล็กน้อย หากเก็บในสภาวะ 45 องศาเซลเซียส ดังตาราง 4.7 สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Cai et al., 2001) ที่อธิบายถึงลักษณะของลักษณะของเม็ดสีดอกของพืชชนิดนี้ไว้ว่า จะมีความความคงตัวสูงสุดที่พีเอช ประมาณ 5.5 และการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยเพิ่มการกักเก็บเม็ดสีได้อย่างมีนัยสำคัญถึง 75.5% (Elbandy & Abdelfadeil, 2008)

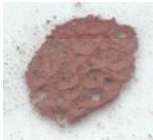
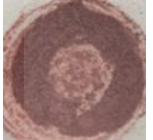


ตารางที่ 4.7 การทดสอบความคงตัวของทางเคมีกายภาพเลคที่ได้จากสารสกัดดอกหงอนไก่เทศ

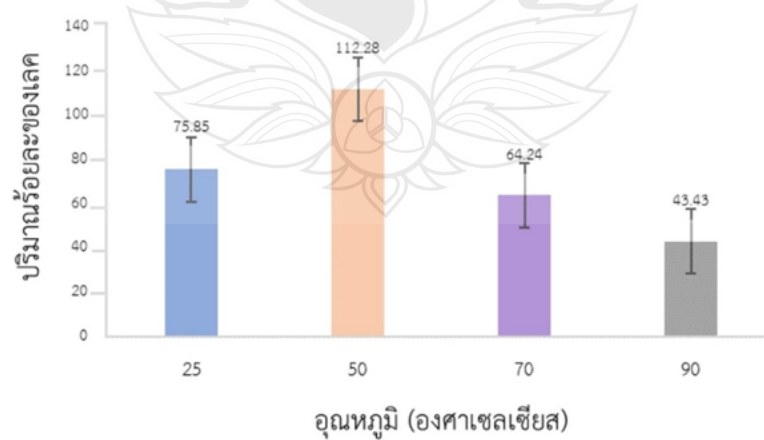
เก็บรักษา	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	การทดสอบบนผิว
อุณหภูมิห้อง					
4 องศาเซลเซียส					
45 องศาเซลเซียส					
แสงแดด					

4.5.3 ผลทดสอบการเตรียมเลค ในสภาวะการเตรียมด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ

จากตัวอย่างที่ได้จากการคัดเลือกการเตรียมโดยชนิดเกลือ และพีเอชที่ดีที่สุด นำตัวอย่างที่ได้จากเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟตที่ทำการเตรียมด้วยพีเอช 5 (อะซิเตท บัฟเฟอร์) ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง, 50 องศาเซลเซียส, 70 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางภาพที่ 4.8 พบว่าการเตรียมที่ได้ ในการเตรียมเลคที่สภาวะอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และ 50 องศาเซลเซียส ให้ผลของสีแดงมากที่สุดโดยพบว่า อะลูมิเนียมซัลเฟต ที่อุณหภูมิห้อง ให้ค่าสีแดง (a^*) ร้อยละ 8.33 ± 0.08 และการเตรียมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีแดงร้อยละ 8.65 ± 0.09 และ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส, 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากตารางที่ 4.8 ให้ค่าสีแดงที่ร้อยละ 4.00 ± 0.11 และ 0.30 ± 0.01 ตามลำดับ และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณร้อยละของสีเลคที่ได้จากสารสกัดดอกหงอนไก่เทศที่ได้ในแต่ละสภาวะอุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิห้องให้ปริมาณสารสกัดเลคร้อยละ 75.85 ± 2.52 , อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เท่ากับ 112.28 ± 4.96 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ 64.24 ± 1.48 และ 90 องศาเซลเซียส เท่ากับ 43.88 ± 4.60 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ มีผลต่อการเตรียมเลค สีที่เปลี่ยนแปลงไปและปริมาณเลคที่ได้ ในการทดลองครั้งนี้ เลคเตรียมได้จากสภาวะที่อุณหภูมิห้อง และ 50 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่อุณหภูมิห้อง และ 50 องศาเซลเซียส จะทำให้เลคได้ปริมาณร้อยละของสีที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนมากกว่าทุกสภาวะ จากผลการทดลองครั้งนี้ขออธิบายให้เห็นถึงความสำคัญของสภาวะอุณหภูมิในการเตรียมที่มีผลต่อสีแดง (a^*) และปริมาณร้อยละของเลคที่ได้ซึ่งจะได้ค่าสีแดงที่ดีที่สุด อยู่ในช่วงสภาวะอุณหภูมิการเตรียม ที่อุณหภูมิห้อง หรือ ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ไปจนถึง 50 องศาเซลเซียส และจะได้ปริมาณร้อยละที่มากขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น เนื่องด้วยสารเบต้าไซยานินสีแดงในที่เป็นองค์ประกอบของเบทาเลนในหงอนไก่ที่เป็นพืชกลุ่ม Amaranthine มีคุณสมบัติให้สีสดใสมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 40 องศาเซลเซียส (Cai et al., 2001) และค่อนข้างมีความเสถียร (ไม่รวมแสง) แต่ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากสารเบต้าไซยานินเป็นองค์ประกอบของเบทาเลน เป็นสาเหตุที่ทำให้สีแดงของเบต้าไซยานินที่ได้จากการเตรียม มีการเปลี่ยนแปลงไป จากสีแดงเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น เมื่อมีการเตรียมเลคในสภาวะที่มากกว่า 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื่องจากรายงานได้กล่าวไว้ว่า ค่าครึ่งชีวิตของเบต้าไซยานิน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ 413.6 นาที จะลดลงเหลือเพียง 83.5 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (Herbach et al., 2006; Azeredo, 2009) จากการทดสอบ คือ ที่สภาวะ 70 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส ผลของเลคที่ได้ จึงมีสีน้ำตาล และสีน้ำตาลดำ ตามลำดับ รวมถึงมีผลต่อความคงตัวของเบต้าไซยานิน และปริมาณเบต้าไซยานินที่ได้

ตารางที่ 4.8 ผลของอุณหภูมิต่อลักษณะการเกิดสีของเลคที่เตรียมจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ

ค่าสีที่วัดได้						
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	color	L*	a*	b*	C*	h*
25	แดงเข้ม 	53.49 ± 0.29	8.33 ± 0.08	7.21 ± 0.04	11.02 ± 0.05	40.92 ± 0.38
50	แดงอ่อน 	55.74 ± 3.25	8.65 ± 0.09	4.91 ± 0.39	9.09 ± 0.26	32.62 ± 1.6
70	น้ำตาลอ่อน 	66.42 ± 0.13	4.00 ± 0.11	7.41 ± 0.25	8.42 ± 0.28	61.62 ± 0.14
90	ดำ 	53.08 ± 0.17	0.30 ± 0.01	1.13 ± 0.05	1.17 ± 0.05	61.62 ± 0.14

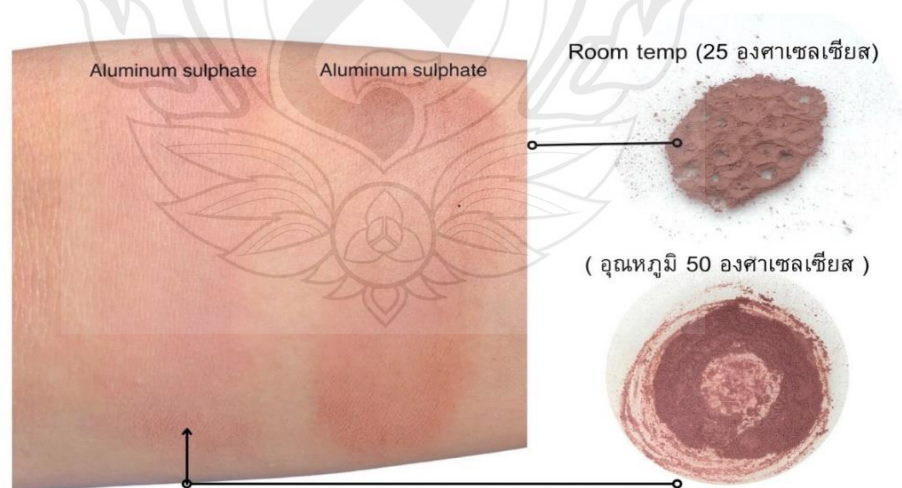


ภาพที่ 4.6 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณเลคที่เตรียมได้จากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ

4.5.3.1 การประเมินลักษณะสีของเลคและการติดผิว

ผลคัดเลือกตัวอย่างเลคที่เตรียมได้จากการทดสอบสภาวะการเตรียม พบว่า เลคที่เตรียมได้ สีสวยงามตรงความต้องการที่สุดมาจาก 2 ตัวอย่างคือ เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต ด้วย พีเอช 5 ที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อทาที่ผิวท้องแขนเพื่อสังเกตการติดผิวและทำการเปรียบเทียบสี พบว่า เลคที่ได้จากการจับคู่ตกตะกอนกับเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต ด้วย พีเอช 5 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการติดผิวที่ดีใกล้เคียงกับที่สภาวะอุณหภูมิห้องซึ่งค่อนข้างติดผิวได้ดี ไม่หลุดง่าย ให้เฉดสีที่แดงชมพูสวยงามมีความสดใสขึ้น ในขณะที่เลค ที่เตรียมได้จากเกลือชนิดเดียวกันพีเอชเดียวกัน คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต ด้วยพีเอช 5 ในสภาวะการเตรียมที่อุณหภูมิห้อง เลคให้เฉดสีโทนแดงเข้มกว่าเล็กน้อย โดยทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความสามารถในการทาติดผิวได้ดีเช่นกัน และ เฉดสีเป็นที่น่าสนใจ และเมื่อทำการเปรียบเทียบ ค่าสีแดง (a^*) ที่ได้ของทั้ง 2 ตัวอย่าง ระหว่างการเตรียมที่ อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ได้ค่าสีที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ ร้อยละ 8.33 ± 0.08 และ 8.65 ± 0.09 ตามลำดับ จากผลการศึกษาทั้งหมดในแต่ละขั้นตอน

ภาพที่ 4.7 พบว่า สีที่ได้จากการสกัดและการทดสอบเตรียมเลคมีความเหมาะสมที่สามารถนำไปต่อยอด ใช้ประโยชน์ทางเครื่องสำอางกลุ่มเครื่องสำอางให้สี (Color makeup) ต่อไปได้ เช่น กลุ่ม บรัชออนและอายแชโดว์ เป็นต้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สภาวะอุณหภูมิในการเตรียมเลคที่ 25 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส มีผลต่อความคงตัวของเลคที่ได้จากเบต้าไซยานินที่ได้จากสีของดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศมีความสามารถในการติดผิวได้ดี (Cai et al., 2001)



ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบผงเลคที่ได้จากการตกตะกอนด้วยเกลือชนิดเดียวกันในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

4.5.3.2 การทดสอบความคงตัวของเลค

1. ทดสอบการกระจายตัว และการเกิด Bleeding test นำเลคที่ได้จากเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต พีเอช 5 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมเลคจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ มาทำการทดสอบการเกิด Bleeding โดยการกระจายในน้ำ พบว่าเลคที่ได้ส่วนใหญ่เกิดการตกตะกอน และ บางส่วนสามารถละลายน้ำได้ ทำให้สารละลายน้ำมีสีชมพูใสจาง ๆ เมื่อนำไปผ่านกระดาษกรอง พบว่า เลคส่วนใหญ่ติดค้างอยู่ที่กระดาษกรอง และสารละลายที่กรองได้ (Filtrate) มีสีใสและมีสีแดงอ่อน ๆ ดังภาพที่ 4.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เลคที่เตรียมได้ ค่อนข้างจะมีความคงตัวและเกิดการ Bleeding ค่อนข้างน้อย ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของเลค ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ บรชออน หรือ อายแซโต้ว์ เป็นต้น



สีของสารละลาย



สีของสารละลาย (filtrate)



สีที่ติดกระดาษกรอง

ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบการละลายของเลคในตัวทำละลายน้ำกลั่น

2. ทดสอบการกระจายตัว (Suspendibility)

พบว่าเมื่อนำเลคมาละลายในตัวทำละลาย น้ำกลั่น (DI Water), mineral oil, C12-15 alkyl benzoate, caprylic, cyclopentasiloxane ในอัตราส่วน สี 0.05 g : น้ำกลั่น 5 ml เป็นเวลา 10 นาที จากผลการศึกษาพบว่า สีเลคที่ได้มีการกระจายตัวในน้ำเล็กน้อย จะตกตะกอนอยู่ด้านล่าง แต่ในส่วน of mineral oil, C12-15 alkyl benzoate, caprylic, cyclopentasiloxane นั้น เกิดการกระจายตัวได้ดีกว่า ซึ่งเป็นลักษณะของสีเลคที่เตรียมได้จะต้องทำละลายได้ดีในตัวทำละลายประเภท มีขั้วต่ำ (ตัวทำละลายชนิดที่เป็นน้ำมัน) สอดคล้องดังภาพที่ 4.9 สอดคล้องกับผลวิจัยของ (Cai et al., 2001; Wongwad et al., 2012) แสดงถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมของสีที่ใช้ในทาง

เครื่องสำอางเมื่อนำไปลงสูตร จะต้องสามารถเข้ากันได้กับสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักในสูตร เพื่อได้สีของผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ



ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบการกระจายตัวของสีในตัวทำละลายต่าง ๆ



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการพัฒนาสีจากดอกหงอนไก่เพื่อประยุกต์ใช้ทางเครื่องสำอาง ด้วยการนำดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ และ สายพันธุ์ไทย พบว่า การสกัดสีจากดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ เหมาะสมที่สุด จากวิธีการสกัดแบบผงแห้ง โดยใช้ตัวทำละลายน้ำกลั่น ให้ปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดร้อยละ 0.2207 ± 0.01 มก./กรัม ที่ช่วงความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร และ สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น เมื่อนำไปวัดค่าสี ได้สารสกัดที่มีสีแดง ซึ่งมีค่า (a^*) เชิงบวกที่สูงถึง 14.34 ± 0.16 และได้สารสกัดสีร้อยละของน้ำหนักสูงถึงร้อยละ 12.28 ± 3.73 ในการนำมาพัฒนาเลคพบว่าชนิดของเกลือที่เลือกใช้จากทั้งหมด 6 ชนิด และสภาวะในการเตรียมที่ดีที่สุดในการทดสอบ คือ เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟตที่ระดับพีเอช 5 ใช้อัตราส่วนสารละลายสี ต่อ สารละลายเกลือ 9:10 ที่อุณหภูมิ 25 และ 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีแดงที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณสีที่มากกว่าและมีสีความสดไปทางเฉดแดงอมชมพู ในขณะที่การเตรียมเลคด้วยอุณหภูมิห้องจะให้เฉดสีแดงอมส้มเล็กน้อย การศึกษาครั้งนี้ พบว่า การเตรียมเลคจากสารสกัดดอกหงอนไก่เทศ การควบคุมพีเอช สภาวะในการเตรียมเลค ชนิดของเกลือที่ใช้ มีผลต่อเฉดสีที่ได้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะให้ปริมาณสีที่มากขึ้นแต่หากเกิน 50 องศาเซลเซียส จะให้สีที่เป็นสีเขตน้ำตาลอ่อน ไปจนถึงน้ำตาลเข้ม ในการทดสอบความคงตัวในการเก็บรักษาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า มีคุณสมบัติความเป็นเลคที่มีความคงตัว ในสภาวะการเก็บรักษา อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยต่อสภาวะแสง สีหลังทดสอบเปลี่ยนเป็นออกแดงน้ำตาลขึ้นเล็กน้อย พบว่า เลคที่ได้จากสารสกัดดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ มีการติดผิวที่ดี เกิดการ bleeding เพียงเล็กน้อย และกระจายตัวได้ดีในสารละลายกลุ่มที่เป็นน้ำมัน ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของเลค ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ บรชออน หรือ อายแช่ผิวได้ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเตรียมพืชถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะต้องวางแผนล่วงหน้า ให้ได้ระยะโตเต็มวัย และได้ดอกและสีที่มีความสวยงาม สมบูรณ์ และ เลี่ยงการพบปัญหาช่วงพืชเป็นโรค จะมีผลต่อการนำผลผลิตมาใช้ในกระบวนการสกัด และลดการเสียเวลาในการแยกดอกที่เสียหายหรือดอกน้อย ดอกไม่สมบูรณ์ได้ การคัดเลือกพืชสามารถใช้ช่วงอายุพืช ขนาดลำต้น ขนาดดอก ขนาดใบที่ใกล้เคียงกันได้ เพื่อสร้างเกณฑ์มาตรฐานในการนำมาใช้แต่ละครั้งให้ใกล้เคียงกัน เช่น อายุ 3 เดือนขึ้นไป สูง 1 เมตร ดอกสีแดงเลือดนก ค่าสีแดง (a^*) ดอกสดไม่ต่ำกว่า 13.70 ± 0.16 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 1.5-2 เซนติเมตร ขนาดใบกว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร หรืออาจจะมีการชั่งน้ำหนักสด น้ำหนักของต้นพืชหรือดอก ในการคัดเลือกเป็นเกณฑ์ได้เช่นกัน

5.2.2 การนำดอกหงอนไก่มาคัดแยกและช่วงก่อนทำการอบแห้ง พบว่า การผึ่งลมและแดดอ่อน ๆ บนตะแกรง ภาชนะเปิด ให้แห้งก่อน 16-24 ชั่วโมง และนำไปเข้าตู้อบลมร้อน ช่วยให้ดอกอมน้ำน้อยลง ลดระยะเวลาในการอบและที่สำคัญทำให้สีของดอกแห้งสวยใกล้เคียงกับดอกจริงมากกว่าการนำไปอบทันที และลดการเสียหายจากดอกอมน้ำที่แห้งไม่สนิท เมื่อนำไปอบลมร้อนให้แห้งแล้วสีจะคล้ำกว่าได้

5.2.3 การพัฒนาวิจัยในอนาคต สามารถนำไปศึกษาการลงสูตรเครื่องสำอางกลุ่มให้สี ต่อไป เพื่อพัฒนาสูตรตำรับที่เหมาะสม ส่งเสริมการนำสีจากธรรมชาติไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และทดสอบความพึงพอใจ ในอาสาสมัครต่อไป



รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

- กาญจนา จันทร์สิงห์. (2563). *หงอนไก่. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*. https://arit.kpru.ac.th/ap2/local/?nu=pages&page_id=1755&code_db=610010&code_type=01
- นิจศิริ เรืองรังสี และรัชชัย มังคละคุปต์. (2547). *หนังสือสมุนไพรไทย เล่ม 1* (หน้า 312). *ฐานการพิมพ์*.
- พลอยพัทธ์ ศุภรัตน์ธัญญา, สุมนมาลย์ จันทร์เอี่ยม, ภาณุพันธ์ ลิ้มปชยาพร และจิตนภา ศิริรักษ์. (2562). การศึกษาจลนศาสตร์และไอโซเทอมของการดูดซับบราซิลินจากฝางด้วยมอนต์มอริลโลไนท์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27(6) 989-1001.
- พอดตา ประสาน. (2547). *การกำจัดโลหะหนักออกจากสารละลายโดยการแลกเปลี่ยนไอออนที่ผลิตจาก Hydroxyethyl Cellulose* (หน้า 15-46). *วิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์*. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- รพีพรรณ จันทร์มะณี. (2561). *โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติ*. https://research.psu.ac.th/files/res_che2553/resche_files/402_chapter2.pdf
- รุ่งทิพย์ กาวารี. (2565). การตรวจสอบปริมาณโลหะหนักในยาสมุนไพรและอาหารได้อย่างมั่นใจ. ใน *รายงานสรุปการสัมมนาเชิงวิชาการ แนวทางการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิจัยสมุนไพร โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีเพื่อตรวจสอบสารปนเปื้อน รวมถึงการใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีเพื่อตรวจสอบสารโลหะหนัก* วันที่ 28 มกราคม 2564. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, จังหวัดเชียงใหม่.
- ลิลลี่ โกไชยานนท์. (2541). *คู่มือวิชาการสิ่งทอ* (หน้า 333). กองบรรณาธิการวารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ.
- วัลย์กร นิตยพัฒน์. (2558). วิทยาศาสตร์ของสี. *คหกรรมศาสตร์ มศว*, 58(1), 1-11. <http://munsell.com/color-blog/munsell-hue-circle/>
- วิทย์ เทียงบุญธรรม. (2542). *หนังสือพจนานุกรมสมุนไพรไทย* (หน้า 794-796). รวมสาส์น.

- วิทยา บุญวรพัฒน์. (2554). สารานุกรมสมุนไพรไทย-จีนที่ใช้บ่อยในประเทศไทย (หน้า 218). สมาคมศาสตร์การแพทย์แผนจีนในประเทศไทย. <http://www.zhong-yao.net/daquan/sucaijd0550.jpg>
- อนันต์ ต้นวิไลศิริ (2562). สารระงับการเกิดพิษของพืชอวบน้ำเกี่ยวกับพิษของพืชอวบน้ำ. *วารสารการพิมพ์ไทย*, 122, <https://www.thaiprint.org/2019/09/vol122/knowledge122-01>
- อัญญา มโนสร้อย และจิระเดช มโนสร้อย. (2533). เครื่องสำอาง เล่มที่ 2. โอเอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- Alam, M. N., Bristi, N. J., & Rafiquzzaman, M. (2012). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2), 143-152.
- Azeredo, H. M. C. (2009). Betalains properties, sources, applications, and stability – A Review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(12), 2365-2376.
- Belhadj Slimen, I., Najar, T., & Abderrabba, M. (2017). Chemical and antioxidant properties of betalains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(4), 675-689.
- Cai, Y.-Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 370-376.
- Cai, Y.-Z., Sun, M., Schliemann, W., & Corke, H. (2001). Chemical stability and colorant properties of betaxanthin pigments from *Celosia argentea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4429-4435.
- Carter, T., Grieve C. M., Poss, J. A., & Suarez, D. L. (2005). Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. *Scientia Horticulturae*, 3(3), 381-394.

- Chaovanalikit, A., Techacheewapong, P., & Tungcharernkit, P., (2010). Stability of Betacyanin from pitaya peel. *Warasan Witthayasat Kaset. Kasetsart University, 44(2)*, 409-412.
- Charoenrat, B., & Panadda, N. (2021). Extraction of Red Dragon Fruit Pigment for Make Blush. *Journal of Science and Technology Buriram Rajabhat University, 5(1)*, 60-65.
- Elbandy, M. A., & Abdelfadeil M. G. (2008). Stability of Betalain Pigments from Red Beetroot (*Beta vulgaris*). *Academia Accelerating the world's research Environmental Agricultural Sciences. Suez Canal University, 36*, 46-60.
- Elbe, J. H. V., Maing, I-Y., & Amundson, C. H. (1974). *Color stability of betanin. Journal of Food Science, 39(2)*, 334-337.
- Fayaz, M., Bhat M. H., Kumar, A., & Jain, A.K., (2019). Phytochemical Screening and Nutritional Analysis of Some Parts of *Celosia argentea* L. *Chemical Science, 8(1)*, 12-19.
- Gengatharan, A., Dykes, G. A., & SimChoo, W. (2015). Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT - Food Science and Technology, 64(2)*, 645-649.
- Ghule, S., Prakash, T., Kotresha, D., Karki, R., Surendra V., & Goli, D. (2010). Anti-diabetic activity of *Celosia argentea* root in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP), 4(3)*, 206-211.
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Betalain Stability and Degradation—Structural and Chromatic Aspects. *Journal of Food Science, 71(4)*, 41-50.
- Junjie, S., Jinwei, R., Jing, Y., & Yimin, Z. (2005). Hypoglycemic effect of *Celosia argentea* fractions in alloxan-induced diabetic mice. *Zhongguo Yao Xue Za Zhi, 40(16)*, 1230-1233.

- Kamner, J., Harel, S., & Granit, R. (2011). Betalains, A New Class of Dietary Cationized Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5178-5185.
- Llodibia, C. V., Ilodibia, C. V., Chukwuka, C., Chukwuma, U. M., Akachukwu, E. E., Igboabuchi, N. A., . . . Adimonyemma, R. N. (2016). Anatomical, Proximate, Mineral and Vitamin Studies on *Celosia argentea* (Linn.). *Biotechnology Journal International*, 15(4), 2231–2927.
- Malomo, S., Ore, A., & Yakubu, M. T. (2011). In vitro and in vivo antioxidant activities of the aqueous extract of *Celosia argentea* leaves. *Indian journal of pharmacology*, 43(3), 278-285.
- Manimaran, P., Sanjay, M. R., Senthamaraikannan, P., Saravanakumar, S. S., Siengchin S., Pitchayyapillai, G., . . . Khan, A. (2019). Physico-Chemical Properties of Fiber Extracted from the Flower of *Celosia Argentea* Plant. *Journal of Natural Fibers*, 18(3), 464-473.
- Maran, J.P., Priyab, B., & Vigna, C.N. (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from *Bougainvillea glabra* flowers. *Journal of the Indian Botanical Society*, 58(3), 63.
- Molehin, O. R., Adefegha, S. A., Oboh, G., Saliu, J. A., Athayde, M. L., & Boligon, A. A. (2014). Comparative Study on the Phenolic Content, Antioxidant Properties and HPLC Fingerprinting of Three Varieties of *Celosia* Species. *Journal of Food Biochemistry*, 38(6), 575-583.
- Needles, H. L., Cassman, V., & Collins, M. J. (1986). Mordanted, Natural-Dyed Wool and Silk Fabrics Light and Burial-Induced Changes in the Color and Tensile Properties. *American Chemical Society*, 212, 99-210.
- Nilsson, T. (1970). Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. *vulgaris* var. *rubra* 32 L.). *Lantbrukshoegskolans Annaler*, 36, 179-219.

- Pandya, S. M., & Sidha, V. K. (1985). Competition Between *Celosia argentea* L. And Sorghum With Reference To Weed Positions. *Department of Biosciences Saurashtra University*, 66, 15-21.
- Pasch, J. H., & Elbe, V. J. H. (1979). Betanine Stability in Buffered Solutions Containing Organic Acids, Metal Cations, Antioxidants, Or Sequestrants. *Journal of Food Science*, 44(1), 72-75.
- Pimpison, S., Chalermchaiwat, P., & Tasanee, L. (2018). Assessment of Color, Pigment and Antioxidant Activity of Red-Pink Thai Edible Flowers and Its Application. *Thai Science and Technology Journal*, 3(28), 718-729
- Roy, K., Gullapalli, S., Roy, U., & Chakraborty, R. (2004). The use of a natural colourant base on 14 betalain in the manufacture of sweet products in India. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 1087-1091.
- Stafford, H. A. (1994). Anthocyanins and betalains evolution of the mutually exclusive pathways. *Plant Science*, 101(2), 91-98.
- Stintzing, F. C., & Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in food science & technology*, 15(1), 19-38.
- Strak, D., Vogt, T., & Schliemann, W. (2003). Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*, 62(3), 247-269.
- Suzuk, H., Morita, H., Motoo, S., & Kobayashi, J. (2004). Celogentin K, a new cyclic peptide from the seeds of *Celosia argentea* and X-ray structure of moroidin. *Tetrahedron*, 60(11), 489-2495.
- Sweeny, J. G., Estrada-Valdes, M. C, Iacobucci, G. A., Sato, H., & Sakamura, S. (1981). Photoprotection of the red pigments of *Monascus anka* in aqueous media by 1,4,6-trihydroxynaphthalene. *ACS Publications*, 26(6), 1189-1193.

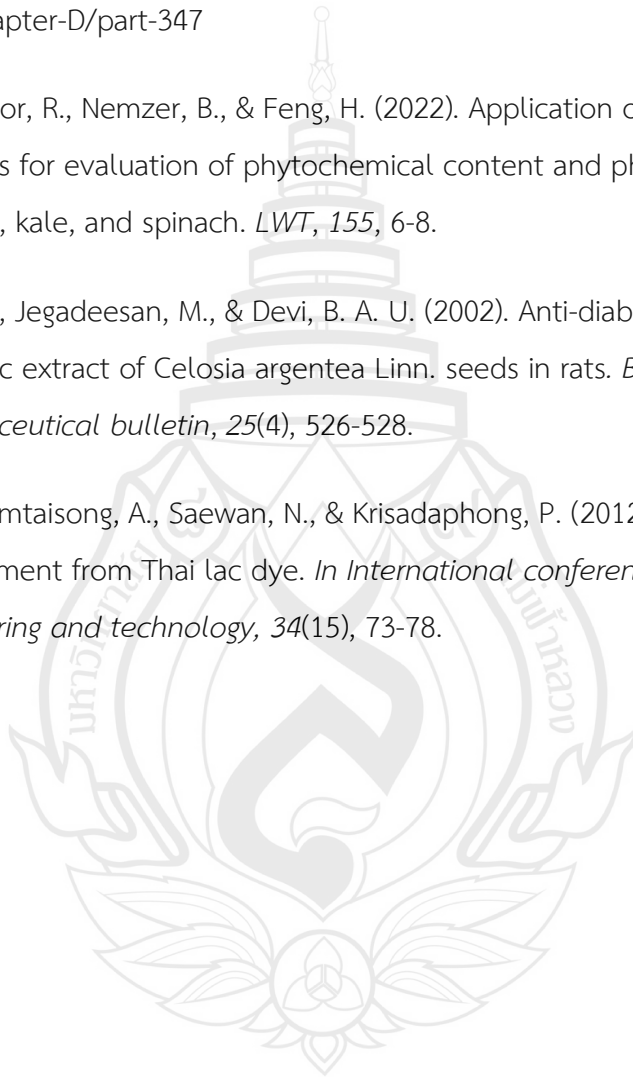
Tang, Y., Xin, H. L., & Guo, M. L. (2016). Review on research of the phytochemistry and pharmacological activities of *Celosia argentea*. *Revista brasileira de farmacognosia*, 26(6), 787-796.

The Code of Federal Regulations (CFR). (2003). *Skin protectant drug products for over-the-counter human use*. <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-1/subchapter-D/part-347>

Vargas, L., Kapoor, R., Nemzer, B., & Feng, H. (2022). Application of different drying methods for evaluation of phytochemical content and physical properties of broccoli, kale, and spinach. *LWT*, 155, 6-8.

Vetrichelvan, T., Jegadeesan, M., & Devi, B. A. U. (2002). Anti-diabetic activity of alcoholic extract of *Celosia argentea* Linn. seeds in rats. *Biological & pharmaceutical bulletin*, 25(4), 526-528.

Wongwad, E., Jimtaisong, A., Saewan, N., & Krisadaphong, P. (2012). Preparation of lake pigment from Thai lac dye. *In International conference on biomedical engineering and technology*, 34(15), 73-78.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าสีของ ผลผลิตหองนไก่อดอกสด และ แบบผงแห้ง วัดโดยระบบ L* a* b* และ L* C* และ h* ของสารสกัดที่ได้จากดอกหองนไก่อเทศ

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
L pre Thai Fresh	3	27.98	44.84	36.6433	8.43968
L pre Thai Dry	3	44.56	51.50	48.9367	3.80881
L pre Foreign Fresh	3	30.09	46.80	38.3833	8.35568
L pre Foreign Dry	3	48.68	49.93	49.1833	.65957
a pre Thai Fresh	3	7.15	12.72	9.8900	2.78609
a pre Thai Dry	3	12.54	14.68	13.5667	1.07263
a pre Foreign Fresh	3	11.08	13.60	12.1300	1.31145
a pre Foreign Dry	3	14.52	15.84	15.1467	.66252
b pre Thai Fresh	3	3.82	5.03	4.6267	.69859
b pre Thai Dry	3	6.99	9.56	7.9800	1.38286
b pre Foreign Fresh	3	1.77	2.82	2.2433	.53257
b pre Foreign Dry	3	7.96	9.11	8.3500	.65826
Valid N (listwise)	3				

ภาคผนวก ข

ร้อยละน้ำหนักของสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่ไทยและเทศ ที่ตัวทำละลาย
น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอลร้อยละ 80 แบบสด
และแบบแห้ง

ตัวอย่าง		น้ำหนักสกัด			ร้อยละผลิต		
		1	2	3	1y	2y	3y
Dye That Fresh	DI	9.228	9.408	9.353	0.772	0.592	0.647
Dye That Fresh	E50 %	9.8488	9.8818	9.7551	1.512	1.182	2.449
Dye That Fresh	E80 %	9.9247	9.913	9.9525	0.753	0.087	0.475
Dye That dye	DI	8.9871	8.988	8.34	10.129	10.120	16.600
Dye That dye	E 50 %	8.6033	9.1202	9.2611	13.967	8.798	7.389
Dye That dye	E80 %	9.3378	9.44	9.685	6.622	5.600	3.150
Dye Thai Fresh	DI	9.9755	9.9446	9.9339	0.225	0.554	0.610
Dye Thai Fresh	E50 %	9.8957	9.8499	9.9375	1.043	1.501	0.625
Dye Thai Fresh	E80 %	9.979	9.9813	9.9863	0.210	0.187	0.137
Dye Thai Dye	DI	8.6632	8.8121	8.6875	13.368	11.879	13.125
Dye Thai Dye	E50 %	9.2603	9.0491	9.4679	13.967	8.798	7.389
Dye Thai Dye	E80 %	9.3848	9.49	9.589	6.152	5.100	4.110

ภาคผนวก ค

ค่าสีต่อสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่ไทยและเทศ โดยระบบ $L^* a^* b^*$ และ $L^* C^*$ และ h^* ของสารสกัดที่ได้จากดอกหงอนไก่เทศ

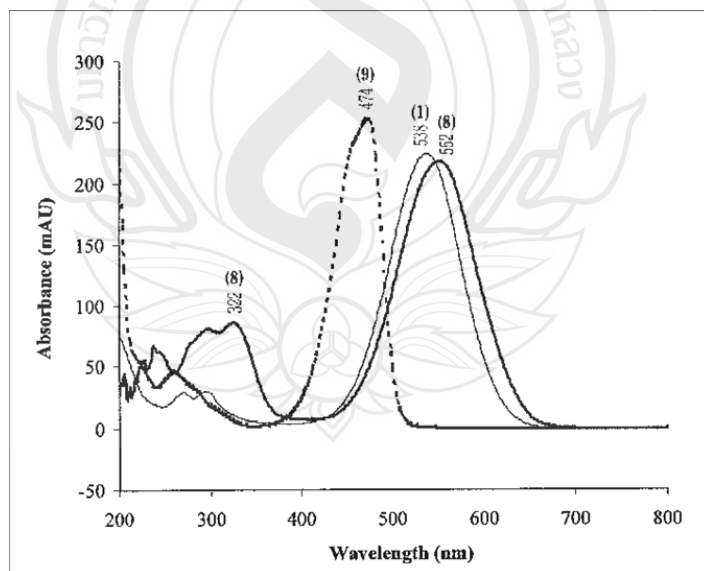
Descriptive Statistics					Descriptive Statistics						
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
L pre ไทย-สด	3	50.75	51.50	51.1600	.37987	L pre ไทย-แห้ง	3	44.56	51.50	48.9367	3.80881
L Dye ไทย-สด DI	3	34.67	36.86	36.0667	1.21327	L Dye ไทย-แห้ง DI	3	37.11	45.26	40.8133	4.12553
L Dye ไทย-สด E50	3	36.22	39.67	37.5833	1.83522	L Dye ไทย-แห้ง E50	3	40.96	40.97	40.9667	.00577
L Dye ไทย-สด E80	3	36.54	50.44	45.1933	7.55027	L Dye ไทย-แห้ง E80	3	22.51	35.20	28.0900	6.48187
L pre เทศ-สด	3	52.03	54.48	53.0833	1.26057	L pre เทศ-แห้ง	3	48.68	49.93	49.1833	.65957
L Dye เทศ-สด DI	3	38.93	42.01	40.5100	1.54156	L Dye เทศ-แห้ง DI	3	32.17	37.90	35.3467	2.91541
L Dye เทศ-สด E50	3	33.31	38.85	36.3400	2.80637	L Dye เทศ-แห้ง E50	3	24.12	31.77	27.6433	3.86052
L Dye เทศ-สด E80	3	33.54	40.33	37.9133	3.79439	L Dye เทศ-แห้ง E80	3	40.77	41.54	41.0500	.42579
a pre ไทย-สด	3	12.22	13.48	12.7467	.65493	a pre ไทย-แห้ง	3	12.54	14.68	13.5667	1.07263
a Dye ไทย-สด DI	3	.27	.66	.4500	.19672	a Dye ไทย-แห้ง DI	3	5.84	12.68	8.5067	3.66046
a Dye ไทย-สด E50	3	.36	.46	.4233	.05508	a Dye ไทย-แห้ง E50	3	.41	.42	.4133	.00577
a Dye ไทย-สด E80	3	.34	.93	.7133	.32470	a Dye ไทย-แห้ง E80	3	.41	5.11	2.6533	2.35725
a pre เทศ-สด	3	13.53	13.85	13.6967	.16042	a pre เทศ-แห้ง	3	14.52	15.84	15.1467	.66252
a Dye เทศ-สด DI	3	1.77	2.09	1.8967	.17010	a Dye เทศ-แห้ง DI	3	14.16	14.48	14.3367	.16258
a Dye เทศ-สด E50	3	.27	1.24	.8233	.49923	a Dye เทศ-แห้ง E50	3	.99	1.63	1.3300	.32187
a Dye เทศ-สด E80	3	1.14	1.79	1.5467	.35448	a Dye เทศ-แห้ง E80	3	2.07	2.80	2.5200	.39357
b pre ไทย-สด	3	6.99	7.84	7.4067	.42525	b pre ไทย-แห้ง	3	6.99	9.56	7.9800	1.38286
b Dye ไทย-สด DI	3	-.80	-.09	-.3733	.37608	b Dye ไทย-แห้ง DI	3	3.23	6.37	4.3967	1.71841
b Dye ไทย-สด E50	3	-.44	-.02	-.2700	.22113	b Dye ไทย-แห้ง E50	3	-.52	-.51	-.5133	.00577
b Dye ไทย-สด E80	3	-.32	2.15	1.1167	1.28345	b Dye ไทย-แห้ง E80	3	.40	4.49	2.1600	2.10373
b pre เทศ-สด	3	7.05	7.57	7.2833	.26407	b pre เทศ-แห้ง	3	7.96	9.11	8.3500	.65826
b Dye เทศ-สด DI	3	.45	.70	.5667	.12583	b Dye เทศ-แห้ง DI	3	2.18	3.66	2.8967	.74110
b Dye เทศ-สด E50	3	-.45	-.09	-.2100	.20785	b Dye เทศ-แห้ง E50	3	-.04	.28	.0667	.18475
b Dye เทศ-สด E80	3	.88	2.03	1.4933	.57882	b Dye เทศ-แห้ง E80	3	.29	1.18	.5933	.50817
C pre ไทย-สด	3	14.35	15.38	14.7500	.55218	C pre ไทย-แห้ง	3	14.35	17.51	15.7467	1.61159
C Dye ไทย-สด DI	3	.28	.91	.6300	.32078	C Dye ไทย-แห้ง DI	3	6.67	14.19	9.5767	4.04007
C Dye ไทย-สด E50	3	.45	.57	.5267	.06658	C Dye ไทย-แห้ง E50	3	.65	.67	.6567	.01155
C Dye ไทย-สด E80	3	.47	2.32	1.5233	.95133	C Dye ไทย-แห้ง E80	3	.57	6.80	3.4300	3.14616
C pre เทศ-สด	3	15.34	15.66	15.5133	.16166	C pre เทศ-แห้ง	3	16.56	18.27	17.2967	.87922
C Dye เทศ-สด DI	3	1.83	2.17	1.9867	.17156	C Dye เทศ-แห้ง DI	3	14.44	14.83	14.6367	.19502
C Dye เทศ-สด E50	3	.28	1.32	.8533	.52814	C Dye เทศ-แห้ง E50	3	.99	1.65	1.3367	.33126
C Dye เทศ-สด E80	3	1.93	2.71	2.1933	.44747	C Dye เทศ-แห้ง E80	3	2.09	3.04	2.6100	.48135
h pre ไทย-สด	3	28.73	32.66	30.1733	2.16278	h pre ไทย-แห้ง	3	28.73	33.08	30.3133	2.40434
h Dye ไทย-สด DI	3	297.70	342.08	326.7800	25.19548	h Dye ไทย-แห้ง DI	3	26.68	28.96	27.5967	1.20384
h Dye ไทย-สด E50	3	309.34	357.89	330.0200	25.06088	h Dye ไทย-แห้ง E50	3	308.62	309.11	308.9000	.25239
h Dye ไทย-สด E80	3	58.60	317.16	147.9067	146.65238	h Dye ไทย-แห้ง E80	3	31.52	41.34	35.3233	5.27089
h pre เทศ-สด	3	26.96	28.90	28.0000	.97755	h pre เทศ-แห้ง	3	27.88	29.89	28.8300	1.00950
h Dye เทศ-สด DI	3	14.23	20.97	16.6500	3.75025	h Dye เทศ-แห้ง DI	3	8.55	14.28	11.4033	2.86507
h Dye เทศ-สด E50	3	340.23	354.50	345.6033	7.76007	h Dye เทศ-แห้ง E50	3	9.64	358.31	241.9433	201.18070
h Dye เทศ-สด E80	3	27.28	54.09	43.3500	14.17747	h Dye เทศ-แห้ง E80	3	6.65	22.94	12.4733	9.08358
Valid N (listwise)	3					Valid N (listwise)	3				

ภาคผนวก ง

ปริมาตรเบต้าไซยานินในแต่ละตัวทำละลาย น้ำกลั่น เอทานอลร้อยละ 50เอทานอลร้อยละ 80 ของสารสกัดดอกหงอนไก่เทศเจือจาง 100 เท่า และกราฟตัวอย่างแสดงค่าการดูดกลืนแสง และความยาวคลื่นของเบทาเลนที่ 538 นาโนเมตร

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Betacyanin-DI	3	.2408	.2410	.240867	.0001155
Betacyanin-E50	3	.1240	.1260	.125333	.0011547
Betacyanin-E80	3	.0402	.0403	.040233	.0000577
Valid N (listwise)	3				



ที่มา: (Yizhong Cai, 2005)

ภาคผนวก จ

ผลของเกลือและพีเอช ต่อค่าสีแดง (a^*) การเตรียมเลคจาก ดอกหงอนไก่สาย

พันธุ์เทศ ในเกลือชนิด 5 ได้แก่ อะลูมิเนียม โปแทสเซียม ซัลเฟต,

อะลูมิเนียม คลอไรด์, แคลเซียม อะซีเตท, แคลเซียม คลอไรด์,

แบเรียม คลอไรด์

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
aBaCl2pH3	3	1.40	1.96	1.6067	.30746
aBaCl2pH5	3	1.35	1.42	1.3767	.03786
aBaCl2pH7	3	5.00	5.00	5.0000	.00000
aBaCl2pH9	3	.37	.38	.3733	.00577
aKAlSO4pH3	3	1.41	1.42	1.4167	.00577
aKAlSO4pH5	3	.79	.83	.8133	.02082
aKAlSO4pH7	3	2.95	2.96	2.9533	.00577
aKAlSO4pH9	3	.95	.96	.9567	.00577
aAlClpH3	3	1.57	1.58	1.5767	.00577
aAlClpH5	3	2.55	2.57	2.5600	.01000
aAlClpH7	3	2.31	2.32	2.3133	.00577
aAlClpH9	3	1.41	1.43	1.4233	.01155
aCaClpH3	3	3.30	3.34	3.3167	.02082
aCaClpH5	3	2.52	2.53	2.5233	.00577
aCaClpH7	3	3.47	3.48	3.4733	.00577
aCaClpH9	3	.08	.10	.0900	.01000
aCaAcetatepH3	3	3.13	3.15	3.1400	.01000
aCaAcetatepH5	3	3.32	3.33	3.3267	.00577
aCaAcetatepH7	3	3.53	3.54	3.5367	.00577
aCaAcetatepH9	3	.30	.31	.3033	.00577
Valid N (listwise)	3				

ภาคผนวก ฉ

ผลของเกลือและพีเอช ต่อการเตรียมเมล็ดจาก ดอกหงอนไก่สายพันธุ์เทศ ต่อ
ค่าสีเตรียมโดย อะลูมิเนียม ซัลเฟต ที่ทำการคัดเลือก วัดโดย
ระบบ L* a* b* และ L* C* และ h*

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
L*Auminium sulphate pH3	3	54.75	55.06	54.8800	.16093
L*Auminium sulphate pH5	3	55.40	56.95	56.4300	.89202
L*Auminium sulphate pH7	3	74.36	74.60	74.4533	.12858
L*Auminium sulphate pH9	3	56.68	56.81	56.7367	.06658
a*Auminium sulphate pH3	3	3.43	3.57	3.5167	.07572
a*Auminium sulphate pH5	3	8.30	8.83	8.6433	.29771
a*Auminium sulphate pH7	3	4.03	4.07	4.0567	.02309
a*Auminium sulphate pH9	3	3.62	3.65	3.6333	.01528
b*Auminium sulphate pH3	3	7.13	7.35	7.2167	.11719
b*Auminium sulphate pH5	3	6.91	7.62	7.3633	.39374
b*Auminium sulphate pH7	3	6.38	6.46	6.4233	.04041
b*Auminium sulphate pH9	3	8.94	9.00	8.9667	.03055
C*Auminium sulphate pH3	3	7.91	8.17	8.0233	.13317
C*Auminium sulphate pH5	3	10.80	11.67	11.3567	.48336
C*Auminium sulphate pH7	3	7.57	7.64	7.6000	.03606
C*Auminium sulphate pH9	3	9.65	9.70	9.6767	.02517
h*Auminium sulphate pH3	3	63.67	64.28	64.0167	.31342
h*Auminium sulphate pH5	3	39.78	40.80	40.4233	.55985
h*Auminium sulphate pH7	3	57.49	57.88	57.7133	.20108
h*Auminium sulphate pH9	3	67.84	68.04	67.9533	.10263
Valid N (listwise)	3				



ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

มโนชา นิจปิยนันท์

ประวัติการศึกษา

2552-2555

ปริญญาตรี บริหารธุรกิจบัณฑิต

มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต

