



การศึกษาความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์สารสกัดชาเลือดมังกร
STABILITY STUDY OF HYBRID *PERISTROPHE BIVALVIS* L. MERR PIGMENT

วลีพร สอนสง

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การศึกษาความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์สารสกัดชาเล็ดมังกร
STABILITY STUDY OF HYBRID *PERISTROPHE BIVALVIS* L. MERR PIGMENT

วลีพร สอนสง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การศึกษาความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์สารสกัดชาเล็อดมังกร
STABILITY STUDY OF HYBRID *PERISTROPHE BIVALVIS* L. MERR PIGMENT

วลีพร สอนสง

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
2567

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

Ampa Jintaisong

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อำภา จิมไธสง)

Signature

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิสากร แซ่วัน)

Signature

กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปริญ ชุมแก้ว)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และอนุเคราะห์อย่างสูงจาก
รองศาสตราจารย์ ดร. นิสากร แซ่วัน อาจารย์ที่ปรึกษาในการค้นคว้าอิสระ ที่ให้คำปรึกษา แนวคิด
ในการทำวิจัย ความรู้ต่าง ๆ ขั้นตอนการทำวิจัย รวมไปถึงแนวทางการแก้ไข จนการค้นคว้าอิสระนี้
เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดวิชา
ความรู้ อีกทั้งขอขอบคุณ คุณโสภิต เตศรีบุรพกุล และคุณธนัชชา ประเสริฐ ที่ให้ความช่วยเหลือ
ทั้งการเตรียมเอกสารและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย จนผู้เขียนทำการศึกษาวิจัยจนสำเร็จ
การศึกษาได้อย่างราบรื่น

ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริมให้สามารถ
ดำเนินวิจัยตรงตามแผนงานได้

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลของการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและ
สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

วลีพร สอนสง

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ การศึกษาความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์สารสกัดชาเล็ดม้งกร

ชื่อผู้เขียน วลีพร สอนสง

หลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นิสากร แช่วัน

บทคัดย่อ

ชาเล็ดม้งกรนิยมปลูกในภาคเหนือของไทย เมื่อนำใบแห้งมาชงน้ำร้อนจะได้สีแดงอมม่วงที่สวยงาม เป็นที่น่าสนใจในการใช้เป็นสารสีในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อย่างไรก็ตามสารสกัดชาเล็ดม้งกรประกอบด้วยแอนโธไซยานินเป็นสารหลักซึ่งมีความคงตัวต่ำต่ออุณหภูมิและแสงจึงเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเตรียมสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรให้มีความคงตัวมากขึ้นโดยการเตรียมให้อยู่ในรูปของไฮบริดพิกเมนต์กับเซบพิโอไลต์ โดยเริ่มจากการสกัดใบชาเล็ดม้งกรด้วยน้ำปราศจากไอออนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดเป็นสีม่วงอมแดง มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 และมีปริมาณแอนโธไซยานินรวม เท่ากับ 0.228 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของพืชแห้ง จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดในช่วง 2-12 พบว่าที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 มีสีแดงอมม่วง จึงเลือกนำไปทำไฮบริดพิกเมนต์กับเซบพิโอไลต์ โดยใช้เซบพิโอไลต์และสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรในอัตราส่วน 1:25, 1:50 และ 1:75 พบว่าอัตราส่วน 1:75 ให้สีม่วงอมแดงเข้มที่สุด จากการศึกษาความคงตัวต่ออุณหภูมิต่าง ๆ และแสงของสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรและสารสกัดที่ถูกไฮบริดกับเซบพิโอไลต์ โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีทุก ๆ สัปดาห์ พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์แรกสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรเปลี่ยนจากสีม่วงอมแดงเป็นสีน้ำตาล รวมไปถึงปริมาณแอนโธไซยานินที่ลดลง ในขณะที่สารสกัดใบชาเล็ดม้งกรที่ไฮบริดกับเซบพิโอไลต์มีการเปลี่ยนแปลงสีอ่อนลงเพียงเล็กน้อยในสภาวะที่มีแสง และที่เก็บอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) สูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 12.46 จากนั้นนำสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรที่ไฮบริดกับเซบพิโอไลต์มาเตรียมผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผง โดยใช้ปริมาณ 2% (F1), 4% (F2), 6% (F3), 8% (F4), 10% (F5), 12% (F6), 16% (F7) และ 20% (F8) พบว่า สารสกัดที่ไฮบริดกับ

เซบพิโอไลต์ในปริมาณ 20% ให้สีเข้มสวยเหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์บลัชออน จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเทียบกับผลิตภัณฑ์บลัชออนในท้องตลาดพบว่าสูตร F8 สามารถติตแต่งและผิวได้ดี กระจายตัวสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสไม่ลื่นและนุ่มเท่าผลิตภัณฑ์บลัชออนในท้องตลาด แม้ว่าเมื่อทาลงบนผิว สูตร F8 ให้เฉดสีที่อ่อนกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเตรียมสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรให้อยู่ในรูปของไฮบริดพิกเมนต์ สามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสกัดได้

คำสำคัญ: แอนโธไซยานิน, บลัชเชอร์, ไฮบริดพิกเมนต์, ต้นชาเล็ดม้งกร, เซบพิโอไลต์



Independent Study Title Stability Study of Hybrid *Peristrophe bivalvis* L. Merr Pigment

Author Waleeporn Sornsong

Degree Master of Science (Cosmetic Science)

Advisor Assoc. Prof. Nisakorn Saewan, Ph. D.

ABSTRACT

Magenta Plant (*Peristrophe bivalvis* L. Merr) has been popularly grown in northern Thailand. The leaves of magenta plant contain a major compound named anthocyanin, which provided red-violet color. However, anthocyanin is not often used in the cosmetics industry because it is sensitive to light and temperature. The object of this study was to enhance the stability of anthocyanin extract by preparing hybrid pigment consisting of anthocyanin incorporated on clay mineral named sepiolite. First, anthocyanin was extracted by hot deionized water (80 °C). The extract delivered a red-violet color at the pH value of 8, which provided 0.228 ± 0.05 mg of anthocyanin/g of dried plant. Then, the pH value was adjusted to 2-12 and pH 5 resulting in red-violet color which pH 5 was selected to hybrid with sepiolite (Sep) as clay mineral. The ratios of Sep and the extract were 1:25, 1:50 and 1:75. The result showed that the ratio 1:75 provided the highest intensity of red-violet color. The stability of anthocyanin/sepiolite hybrid pigment (ACN/Sep) was investigated for 4 weeks in comparison to free extract. It was found that from the first week, the free extract changed from purple-red to brown, along with a decrease in anthocyanin content. Meanwhile, ACN/Sep showed a slight decrease in light exposure condition and stored at 45 °C, with the highest overall color change (ΔE) of 12.46 after 4 weeks. Then, various concentrations of ACN/Sep (2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, and 20%) were included in powder blusher F1-F8, respectively. The

result indicated that F8 provided suitable color intensity. The properties of F8 powder blusher were investigated against a commercial blusher product. The result showed that F8 adheres well to brushes and skin, with no color streaking observed. The color was evenly distributed on the skin. However, texture was rougher with lighter shade than the commercial blusher product. The results indicated that the hybrid pigment was suitable for increasing stability of magenta plant.

Keywords: Anthocyanin, Blusher, Hybrid Pigment, Magenta Plant, Sepiolite



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(3)
บทคัดย่อภาษาไทย	(4)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(6)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ชาเล็ดมังกกร	4
2.2 แอนโธไซยานิน	6
2.3 ไฮบริดพิกเมนต์ (Hybrid Pigment)	10
2.4 ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรสโกปี (UV-VIS Spectroscopy)	14
2.5 การวัดสี	17
2.6 ผลิตภัณฑ์บลัชออน	18
3 ระเบียบวิธีวิจัย	20
3.1 วัสดุดิบ สารเคมี และเครื่องมือ	20
3.2 วิธีการทดลอง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
4 ผลวิจัยและการอภิปรายผล	25
4.1 การสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดมังกร	25
4.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัด ใบชาเล็ดมังกรและเซบพิโอไลต์	27
4.3 การศึกษาความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรและ เซบพิโอไลต์	30
4.4 การประยุกต์ใช้ไฮบริดพิกเมนต์ในผลิตภัณฑ์	37
5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
รายการอ้างอิง	43
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก ปริมาณแอนโธไซยานินรวมของสารสกัดใบชาเล็ดมังกร	49
ภาคผนวก ข ค่าการวัดสีของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์	50
ภาคผนวก ค ค่าการวัดสีของผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผง	54
ประวัติผู้เขียน	55

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 โครงสร้างและการแทนที่ของแอนโทไซยานิน	7
2.2 สีและการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินแต่ละชนิด	7
3.1 สารเคมี	20
3.2 เครื่องมือ	21
3.3 ตำรับบลัชออนแบบผง	24
4.1 ลักษณะทางกายภาพ pH หลังไฮบริดและประสิทธิภาพการกักเก็บ (%EE) ของไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและเซบิโอดี	29
4.2 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและเซบิโอดีที่อัตราส่วนต่าง ๆ	30
4.3 สีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรเมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว	31
4.4 สีของไฮบริดพิกเมนต์เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว	32
4.5 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์	38
4.6 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของของผลิตภัณฑ์สูตร F8 ที่พื้นผิวต่าง ๆ	39
4.7 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่องตลาดเทียบกับสูตร F8	40

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ต้นชาเลือดมังกร	4
2.2 ชาเลือดมังกร	6
2.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินตามค่า pH	9
2.4 โครงสร้างของ (a) tetrahedron $[\text{SiO}_4]$, (b) octahedron $[\text{Rn}+\text{O}_6]$, (c) tetrahedral sheet, (d) octahedral sheet, (e) โครงสร้างชนิด 1:1, (f) โครงสร้างชนิด 2:1 (R_2^+ : Mg^{2+} ; R_3^+ : Al^{3+} , Fe^{3+})	11
2.5 สันฐานวิทยาของแร่ดินเหนียว	14
2.6 องค์ประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	17
2.7 ไดอะแกรมแสดง CIELAB 1976 Color Space	18
4.1 สีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8	25
4.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดใบชาเลือดมังกร	26
4.3 สีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ pH 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 และ 12 ตามลำดับ	27
4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณแอนโธไซยานินรวมของสารสกัดชาเลือดมังกร ระหว่างทดสอบความคงตัว	33
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ ระหว่างการทดสอบความคงตัว	34
4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ ระหว่างการทดสอบความคงตัว	35
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ ระหว่างการทดสอบความคงตัว	36
4.8 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ ระหว่างการทดสอบความคงตัว	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของการรับรู้ของผู้บริโภคและความนิยมในเครื่องสำอางจากธรรมชาติ (Natural cosmetic) เป็นแรงผลักดันให้ผู้ประกอบการต้องพัฒนาและคิดค้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ โดยเฉพาะสีจากพืชเป็นกลุ่มที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น ตกแต่งสีในอาหารและอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและเภสัชภัณฑ์ เนื่องจากมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้สีสังเคราะห์ได้จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งอาจมีการปนเปื้อนจากโลหะหนัก เช่น ตะกั่วและแคดเมียม เป็นต้น จึงอาจก่อให้เกิดอันตรายกับร่างกายได้ ถึงแม้ว่าจะมีการกำหนดให้สีในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐาน แต่หากร่างกายได้รับและสัมผัสเป็นเวลานาน อาจเกิดการสะสม แล้วก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

แอนโธไซยานิน (Anthocyanin) เป็นหนึ่งในสารให้สีจากธรรมชาติที่ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยเป็นรงควัตถุที่สามารถละลายน้ำได้ จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) พบได้มากในผักและผลไม้ เช่น ทับทิม สตรอเบอร์รี่ องุ่น กะหล่ำปลีม่วง ข้าวโพดสีม่วง มันเทศสีม่วง ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ และดอกอัญชัญ เป็นต้น สารกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่สูงมาก มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีสีที่หลากหลาย แต่สีของแอนโธไซยานินนั้นไม่คงตัว

ต้นขาลือดมังกรหรือชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Peristrophe bivalvis* L. Merr ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Acanthaceae เป็นพืชที่มีแอนโธไซยานินสูง เมื่อนำใบขามาต้มกับน้ำร้อนจะให้สีแดงอมม่วง คล้ายกับเลือด สีที่ได้มาเกิดจากสารกลุ่มแอนโธไซยานิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจาก alkaloids, saponins, triterpenoids, tannins, และ flavonoids (Adrianta et al., 2021) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial) จากสารสกัด ethanolic จากใบและลำต้น (Tanavade et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ยับยั้งพิษงูเห่าและงูเหี้ยทางใหม่อีกด้วย (Phaopongthai et al., 2016) ในปัจจุบันขาลือดมังกรมักนิยมใช้ดื่มเป็นยาสมุนไพรเพื่อบำรุงร่างกาย ยังไม่มีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง หากนำมาใช้โดยตรงในตำรับเครื่องสำอางมักจะมีปัญหาความไม่คงตัวโดยจะ

เปลี่ยนแปลงไปสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิและ pH ต่าง ๆ หากไม่ได้รับการปกป้องจากสภาพแวดล้อมภายนอก จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้สีค่อย ๆ สลายตัวไป จากการทบทวนวรรณกรรม การทำให้สารสกัดแอนโธไซยานินมีความคงตัวมากขึ้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) หรือการทำไฮบริดพิกเมนต์ (Hybrid pigment)

ไฮบริดพิกเมนต์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงความคงตัวของสีธรรมชาติ โดยการเปลี่ยนโครโมฟอร์ (Chromophore) ที่ละลายน้ำให้เป็นรงควัตถุที่ติดอยู่บนแร่ดินเหนียว (Clay mineral) โดยการใช้แร่ดินเหนียวที่มีรูพรุนมีประสิทธิภาพดีกว่าชนิดอื่น เช่น palygorskite, sepiolite, vermiculite และ hydroxyapatite เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีข้อดีคือ มีความคงตัวที่สภาวะต่าง ๆ สูง ราคาไม่แพง หาง่าย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเมื่อนำรงควัตถุมาทำไฮบริดพิกเมนต์กับแร่ดินเหนียว จะช่วยเพิ่มความคงตัวของสีที่สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิสูงและการได้รับแสงยูวีในระยะยาว (Szadkowski et al., 2022)

เซปพิโอไลต์เป็นหนึ่งในกลุ่มของแร่ phyllosilicate มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใย มีสูตรเคมี คือ $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(OH_2)_4 \cdot 8H_2O$ โครงสร้างภายในเป็นรูพรุนขนาดเล็ก และมีช่องว่างขนาดนาโน มีรายงานว่า เซปพิโอไลต์ (Sepiolite) เป็น inorganic support กับรงควัตถุแอนโธไซยานินพบว่า ช่วยให้แอนโธไซยานินมีความเสถียรมากขึ้นที่อุณหภูมิและสารเคมีต่าง ๆ (Li et al., 2019) โดยโครงสร้างผลึกเชื่อมอย่างต่อเนื่องด้วย silica-oxygen tetrahedrons และไม่ต่อเนื่องด้วย magnesium-oxygen octahedrons ด้วยโครงสร้างนี้เองทำให้มี specific area ขนาดใหญ่ มี surface activity สูงและมี active silanol group จึงมีแรงดูดซับดีเยี่ยม เสริมแรงและฟังก์ชันเสริมอื่น ๆ จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น เป็นสารดูดซับ (Absorption) ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) โพลีเมอร์คอมโพสิต (Polymer composite) ไฮบริดพิกเมนต์และการให้อาหารสัตว์ เป็นต้น (Tian et al., 2019)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำให้สารสกัดรงควัตถุแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดม้งคงตัวมากขึ้น ด้วยการนำมาทำไฮบริดพิกเมนต์กับเซปพิโอไลต์ จากนั้นทดสอบความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์ และนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารสีในตำรับผลิตภัณฑ์บัตั๋นแบบผง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 สกัดและทดสอบหาปริมาณแอนโธไซยานินรวมจากใบชาเล็ดม้ง

1.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเล็ดม้ง และเซปพิโอไลต์

1.2.3 ศึกษาความคงตัวของสารสกัดในรูปไฮบริดพิกเมนต์

1.2.4 ตั้งตำรับผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผงโดยมีไฮบริดพิกเมนต์เป็นสารแต่งสีในตำรับ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ค้นหาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 สกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดม้งกร

1.3.3 หาปริมาณสารกลุ่มแอนโธไซยานินรวมด้วยวิธีพีเอช-ดีฟเฟอเรนเชียล

1.3.4 เตรียมไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดแอนโธไซยานินด้วยเซบพิโอไลต์

1.3.5 ทดสอบลักษณะทางกายภาพและความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์

1.3.6 เตรียมผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผง โดยใช้สารสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดม้งกร
ในรูปไฮบริดพิกเมนต์

1.3.7 ทดสอบลักษณะทางกายภาพและการประเมินการใช้งานเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ใน
ท้องตลาด

1.3.8 รวบรวมผล ประเมิน วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสถานะที่ใช้เตรียมไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดแอนโธไซยานินด้วยเซบพิโอไลต์

1.4.2 สามารถทำให้รงควัตถุแอนโธไซยานินมีความคงตัวต่ออุณหภูมิและแสงมากขึ้น

1.4.3 ทราบแนวโน้มในการใช้สารสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดม้งกรในรูปไฮบริดพิกเมนต์
เป็นสารแต่งสีในตำรับผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผง

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ชาเล็ดม้งกร

ชื่อทั่วไป: ชาเล็ดม้งกร

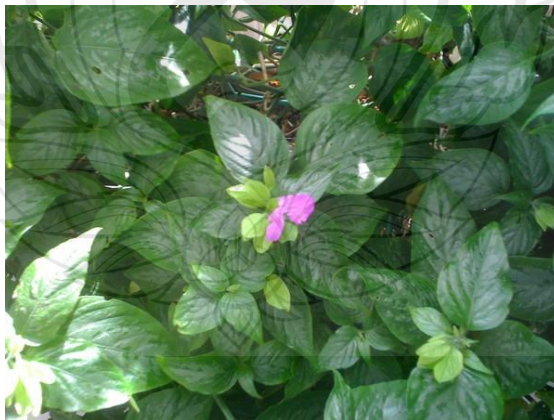
ชื่อวิทยาศาสตร์: *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr.

ชื่อวงศ์: ACANTHACEAE

ชื่อสามัญ: Magenta Plant

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ต้นชาเล็ดม้งกร เป็นพืชล้มลุก มีความสูงตั้งแต่ 1–1.5 เมตร ใบเดี่ยวมีลักษณะคล้ายหอก เรียงแบบสลับคู่ตรงข้าม ดอกสีชมพูหรือม่วงกระจุกตัวบริเวณยอด ผลเป็นฝักยาว ลำต้นมีขนปกคลุม เป็นสันตามยาวคล้ายเกล็ด โป่งบริเวณเหนือข้อ



ภาพที่ 2.1 ต้นชาเล็ดม้งกร

ต้นชาเลือดมังกร เกิดการกระจายพันธุ์เข้ามาจากประเทศอินเดียตะวันออก ศรีลังกา ไปยังจีน ไทย เวียดนาม ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย และอินโดนีเซีย โดยในไทยนิยมปลูกในพื้นที่สูง อากาศเย็น ดินอุดมสมบูรณ์ ซึ่งได้แก่ เชียงราย และ เชียงใหม่

2.1.2 การนำมาใช้ประโยชน์และสรรพคุณ

ใบชาเลือดมังกรมีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compounds) มีฤทธิ์ช่วยลดความดันโลหิตและคอเลสเตอรอล ชะลอความเสื่อมโทรมของร่างกาย เป็นต้น นอกจากนี้ชาเลือดมังกรยังถูกใช้เป็นยาแผนโบราณในการรักษาวัณโรคปอด หลอดลมอักเสบ ช่วยบำรุงกำลังและไต

โดยใบชาเลือดมังกรเมื่อนำมาต้มน้ำร้อน จะได้สีแดงอมม่วงคล้ายเลือด ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งได้จากแอนโธไซยานิน (Anthocyanins) ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial) ซึ่งสีจากใบชาถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมผ้า หรือนำมาทำเป็นสีผสมอาหารต่าง ๆ โดยได้มีการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเลือดมังกร โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย เปรียบเทียบระหว่างวิธี conventional extraction (CE) และ microwave-assisted extraction (MAE) พบว่า CE method ใช้ตัวทำละลาย และเวลาในการสกัดมากกว่า MAE method 6.2 เท่า ถึงจะสกัดได้ปริมาณแอนโธไซยานินดีที่สุด คือ 30.6 mg/g และทดลองจัดเก็บสารสกัดแอนโธไซยานินจากใบชา โดยเมื่อเก็บในบริเวณที่บดแสง ที่อุณหภูมิ -9 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านไป 30 วัน พบว่า ยังคงมีปริมาณแอนโธไซยานินเหลืออยู่ 92.35% (Thuy et al., 2022)

นอกจากนั้นใบชาเลือดมังกรยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจาก alkaloids, saponins, triterpenoids, tannins, และ flavonoids (Adrianta et al., 2021) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial) โดยการสกัด ethanolic จากใบและลำต้น พบว่า สารสกัด ethanolic จากใบให้ broad spectrum activity ทั้ง antibacterial และ antifungal มากกว่า สารสกัดจากลำต้น (Tanavade et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ยับยั้งพิษงูเห่าและงูเขียวหางไหม้ อีกด้วย (Phaopongthai et al., 2016)



ภาพที่ 2.2 ชาเลือดมังกร

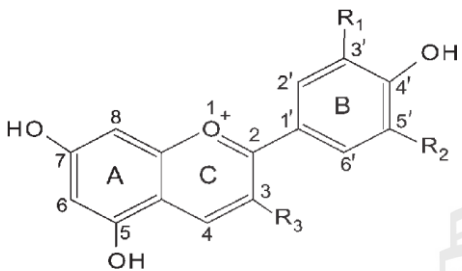
2.2 แอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุละลายน้ำ เป็นสารให้สีในธรรมชาติ พบได้มากในผักและผลไม้ เช่น ทับทิม สตรอเบอร์รี่ องุ่น กะหล่ำปลีม่วง เป็นต้น อีกทั้งยังพบในข้าวโพดสีม่วง มันเทศสีม่วง ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ และดอกอัญชัญอีกด้วย

2.2.1 โครงสร้างของแอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยอะไกลโคน (Aglycone) น้ำตาล (Sugar) และ หมู่เอซิล (Acyl group) โดยแอนโธไซยานินนั้นพบได้มากกว่า 300 ชนิดจากกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งแต่ละชนิดให้สีไม่เหมือนกัน แต่ทุกชนิดจะมีโครงสร้างหลักเหมือนกัน คือ แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) เป็นโครงสร้างที่มีคาร์บอน 15 อะตอม แบบ C6-C3-C6 ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ (Glycoside) ของ 2-phenylbenzopyrylium โดยแอนโทไซยานิดินเกิดได้ประมาณ 20 ชนิด แต่มีเพียง 6 ชนิดที่พบบ่อยในพืช คือ cyanidin (Cy) 30%, delphinidin (Dp) 22%, pelargonidin (Pg) 18%, peonidin (Pn) 20%, petunidin (Pt) 20% และ malvidin (Mv) 20% (Anderson & Markham, 2005) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างและการแทนที่ของแอนโทไซยานิดิน

โครงสร้างพื้นฐาน	แอนโทไซยานิดิน	R ₁	R ₂	R ₃
	cyanidin	OH	H	OH
	delphinidin	OH	OH	OH
	pelargonidin	H	H	OH
	peonidin	OCH ₃	H	OH
	petunidin	OCH ₃	OH	OH
	malvidin	OCH ₃	OCH ₃	OH

ที่มา อรุษา เซาวนลิขิต (2554)

การแทนที่ของหมู่เมทอกซี (OCH₃) และหมู่ไฮดรอกซี (OH) จะทำให้เกิดสีของแอนโทไซยานิดิน โดยการเพิ่มของหมู่ไฮดรอกซีจะทำให้เกิดเฉดสีแดงและการเพิ่มของหมู่เมทอกซี จะทำให้เกิดเฉดสีฟ้า (Mazza, 2007) อีกทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มจำนวนของหมู่ไฮดรอกซีเพิ่มขึ้น โดยสีและการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิดินแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และเนื่องจากการแทนที่ของข้างและกรดเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่ง ทำให้แอนโทไซยานินมีมากกว่าแอนโทไซยานิดิน 15-20 เท่า โดยมีกลูโคส (Glucose) กาแลคโตส (Galactose) แรมโนส (Rhamnose) อะราบินโนส (Arabinose) ไดแซ็กคาไรด์และไตรแซ็กคาไรด์ เป็นโมเลกุลของน้ำตาลที่ต่อกับแอนโทไซยานิดิน ซึ่ง 3-monoside, 3-biosides, 3,5-diglycosides และ 3,7-diglycosides เป็นแอนโทไซยานินที่พบมากที่สุด (Staroszczyk & Sikorski, 2023)

ตารางที่ 2.2 สีและการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิดินแต่ละชนิด

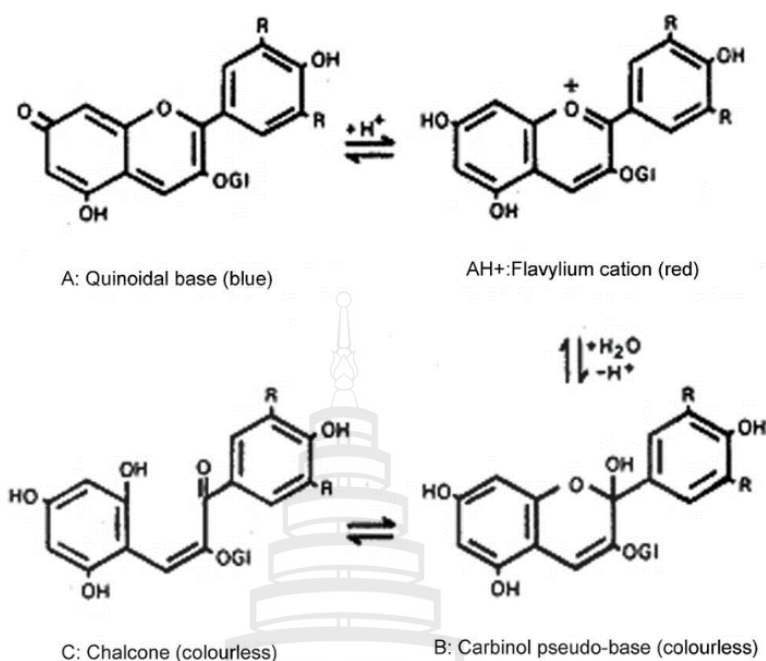
แอนโทไซยานิดิน	สี	ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (nm)
Cyanidins glycosides	ส้ม - แดง	535
Delphinidins glycosides	น้ำเงิน - แดง	546
Pelargonidins glycosides	ส้ม	520

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

แอนโทไซยานิน	สี	ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (nm)
Peonidins glycosides	ส้ม - แดง	532
Petunidins glycosides	น้ำเงิน - แดง	543
Malvidins glycosides	น้ำเงิน - แดง	542

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Indicator) ในสารละลายตัวกลาง โดยให้สีแดงที่ pH ต่ำ สภาวะเป็นกลางให้สีน้ำเงิน และที่ pH สูงจะไม่มีสี ซึ่งจะมีแอนโทไซยานิน 4 โครงสร้างในสภาวะสมดุล ที่สารละลายกรดและเป็นกลาง คือ red flavylum cation (AH^+), blue quinonoidal base หรือ red quinonoidal base (A), colorless carbinol pseudobase (B) และ colorless chalcone (C) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ที่ pH ต่ำกว่า 2 และมีสภาวะเป็นกรด AH^+ จะเป็นโครงสร้างหลัก เมื่อ pH เพิ่มขึ้น จะเกิดการสูญเสียโปรตอน แล้วกลายเป็นสารละลาย blue quinonoidal base หรือ red quinonoidal base (A) ซึ่งเป็นโครงสร้างปกติ แต่เมื่อ AH^+ เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) จะเกิด colorless carbinol pseudobase (B) ซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของแอนโทไซยานินและความต่างของ pH ทำให้มีปริมาณของ AH^+ , A, B และ C ที่สภาวะสมดุลแตกต่างกัน



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินตามค่า pH

2.2.3 ผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างต่อแอนโธไซยานิน

อุณหภูมิมีผลต่อความเสถียรของแอนโธไซยานิน คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเสถียรของแอนโธไซยานินจะลดลง โดยมีการศึกษาความคงตัว cyanidin-3-glucoside และ cyanidin-3-rutinoside จาก black rice ใน aqueous system โดยศึกษาในระบบ pH ช่วง 2.2-6.0 และอุณหภูมิช่วง 100 ถึง 165 องศาเซลเซียส พบว่าความคงตัวต่อ pH และอุณหภูมิของแอนโธไซยานินทั้งสองชนิดจะลดลง เมื่อค่า pH และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น สำหรับ cyanidin-3-glucoside มีค่าคงที่ของอัตราการสลายตัว (Degradation rate constant) ต่ำสุดเท่ากับ $8.99 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ที่ pH 2.2 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และสูงสุดเท่ากับ 0.120 s^{-1} ที่ pH 6.0 อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส และสำหรับ cyanidin-3-rutinoside glucoside มีค่าคงที่ของอัตราการสลายตัว (Degradation rate constant) ต่ำสุดเท่ากับ $5.33 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ที่ pH 2.2 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และสูงสุดเท่ากับ $7.39 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ ที่ pH 6.0 อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส (Sui et al., 2014)

2.2.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของแอนโธไซยานิน

การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของแอนโธไซยานิน ทำได้จาก 3 ขั้นตอนหลักคือ การสกัด การทำให้บริสุทธิ์และการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน โดยการสกัดจะเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน วิธีการสกัดที่ดีควรมีการได้กลับคืนมา (Recovery) มากที่สุด

และเกิดการสลายตัวของแอนโธไซยานินน้อยที่สุด นอกจากนี้จะต้องเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน อันตราย ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง

การสกัดแอนโธไซยานินสามารถใช้ตัวทำละลายได้หลากหลายชนิด เช่น เมทานอล เอทานอล น้ำ และอะซิโตน โดยมีการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย เช่น การสกัดแอนโธไซยานินจากบลูเบอร์รี่ พบว่า เมื่อใช้เมทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 และ pH 3.0 จะได้ความเข้มข้นของแอนโธไซยานินสูงสุดเท่ากับ 84.88 mg/100 g เมื่อเทียบกับเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 และ pH 2.0 ได้ความเข้มข้นของแอนโธไซยานินเท่ากับ 69.35 mg/100 g (Singh et al., 2022)

และเนื่องจากเมทานอลมีความเป็นพิษ จึงมีการทดลองเพื่อเลือกตัวทำละลายอื่นที่เหมาะสม และปลอดภัยมากขึ้น โดยการสกัดแอนโธไซยานินจากข้าวโพดม่วง พบว่า เมื่อใช้เอทานอลที่อัตราส่วน 50% จะให้ %recovery ของ monomeric anthocyanin สูงสุด คือ 14.3 ± 0.6 mg/g เมื่อเปรียบเทียบกับ 70% อะซิโตน (14.3 ± 0.8 mg/g) และเมทานอล (5.8 ± 0.1 mg/g) (Lao & Giusti, 2018) ซึ่งการสกัดด้วยเอทานอลและน้ำเหมาะสมกับการนำมาใช้ในอาหารและเครื่องสำอางมากกว่า เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงความเป็นพิษของเมทานอลและอะซิโตน

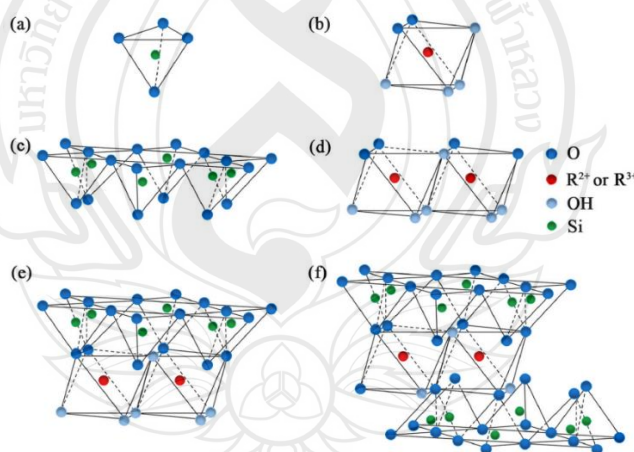
อีกทั้งเทคนิคที่ใช้ในการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเข้ามามีบทบาทมากขึ้น หนึ่งในเทคนิคที่นำมาใช้ คือ วิธีอัลตราซาวด์เสริมกับการสกัดแบบดั้งเดิม หรือ ultrasound-assisted extraction (UAE) ข้อดี คือ ใช้เวลาในการสกัดไม่นาน ดำเนินการง่าย ลดการใช้ตัวทำละลาย ไม่สิ้นเปลืองพลังงานและใช้อุณหภูมิต่ำ คลื่นอัลตราซาวด์เป็นผลทางกลที่ทำให้สารละลายเกิด cavitation effect โมเลกุลมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น และสารละลายแทรกซึมเข้าไปที่สารเป้าหมายได้มากขึ้น ผลที่ได้ คือ สารสกัดจะถูกปลดปล่อยออกมาได้รวดเร็วกว่าวิธีการสกัดแบบปกติ (He et al., 2016) นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้ตัวทำละลายที่เป็นพิษ ซึ่งเป็นที่ต้องการสำหรับการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อการบริโภคของมนุษย์

2.3 ไฮบริดพิกเมนต์ (Hybrid Pigment)

ไฮบริดพิกเมนต์ (Hybrid pigment) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงความคงตัวของสีธรรมชาติ โดยมีสารอนินทรีย์เป็น host หลัก ซึ่งสารอนินทรีย์นั้นนำมาจากแร่ดินเหนียว (Clay mineral) เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นเอกลักษณ์ ต้นทุนต่ำ ไม่เป็นพิษ พื้นที่ผิวจำเพาะสูง (Specific surface area) และมีคุณสมบัติในการดูดซับที่ดีเยี่ยม จึงนำมาใช้ในการบรรจุหรือโพลด์ และช่วยเพิ่มความเสถียรให้กับเม็ดสีธรรมชาติ โดยแร่ดินเหนียวต่างชนิดกัน จะมีสัณฐานวิทยา (Morphology) โครงสร้าง (Structure) องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับการจัดโครงสร้าง

ของ ซิลิกา-ออกซิเจน เตตระฮีดรอน (Silica-oxygen tetrahedrons) และเมทัล-ออกซิเจน ออกตะฮีดรอน (Metal-oxygen octahedrons) ซึ่งจะให้ผลในการยึดติดกับเม็ดสีธรรมชาติที่ต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถดัดแปลงและขึ้นรูปใหม่ได้ด้วยเทคนิคทางกายภาพและเคมี เพื่อเปลี่ยนประจุและคุณสมบัติบนพื้นผิว ทำให้มีความสามารถในการบรรจุ โพลด และยึดติดกับสารเป้าหมายได้ดียิ่งขึ้น

สัณฐานวิทยาของแร่ดินเหนียว (Clay mineral) ในธรรมชาติ ประกอบไปด้วย ลักษณะคล้ายแท่ง (Rod-like) เรียงกันเป็นชั้น (Lamellar) เป็นเส้น (Fibrous) รูปทรงท่อ (Tubular shape) และลักษณะเหมือนเสาเป็นชั้น (Layer-pillared) ขณะที่โครงสร้างจะจำแนกออกเป็น 1:1 และ 2:1 คือ จำนวนแผ่นเตตระฮีดรอล (Tetrahedral sheet) ต่อจำนวนแผ่นออกตะฮีดรอล (Octahedral sheet) ดังแสดงในภาพที่ 5.4 เนื่องจากกระบวนการ isomorphous substitution แคตไอออน (Cation) ที่มีวาเลนซ์ (Valence) สูงบางตัวในแผ่นเตตระฮีดรอลหรือออกตะฮีดรอลของแร่ดินเหนียวสามารถถูกแทนที่ด้วยแคตไอออนที่มีวาเลนซ์ต่ำ ซึ่งนำไปสู่การเกิดประจุลบถาวร ดังนั้นจึงสามารถแบ่งออกเป็นแร่ดินเหนียวประจุบวกและแร่ดินเหนียวประจุลบ โดยความแตกต่างของโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จึงมีความแตกต่างที่ชัดเจนในการเกิดกลไกปฏิกิริยา (Interaction mechanism) ความสามารถในการโพลดสารเป้าหมายและความคงตัวต่อสภาวะแวดล้อมของไฮบริดพิกเมนต์ระหว่างแร่ดินเหนียวและเม็ดสีจากธรรมชาติ (Li et al., 2021)



ที่มา Li et al. (2021)

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของ (a) tetrahedron [SiO_4], (b) octahedron [R^{n+}O_6], (c) tetrahedral sheet, (d) octahedral sheet, (e) โครงสร้างชนิด 1:1, (f) โครงสร้างชนิด 2:1 (R^{2+} : Mg^{2+} ; R^{3+} : Al^{3+} , Fe^{3+})

2.3.1 ตัวอย่างแร่ดินเหนียวที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (López-Galindo et al., 2007 และ Li et al., 2021)

2.3.1.1 แร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite)

แร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) อยู่ในกลุ่มของเคโอลิน (Kaolin) สูตรเคมีโดยทั่วไป คือ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ มีสัณฐานวิทยาแบบเรียงกันเป็นชั้น (Lamellar) มีโครงสร้างแบบ 1:1 โดยมีหน่วยพื้นฐานประกอบไปด้วย $[\text{SiO}_4]$ tetrahedral sheets และ $[\text{AlO}_6]$ octahedral sheets มีกระบวนการ isomorphous substitution เล็กน้อยหรือไม่มีเลย และประจุในหน่วยโครงสร้างมีความสมดุล จึงมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่ำ ($<15\text{--}20 \text{ mEq}/100 \text{ g}$) แร่เคโอลิไนต์มีสีขาว สีขาวอมเทา หรือมีสีเล็กน้อย และเมื่อเปียกน้ำจะสีคล้ำมากขึ้นและมีสภาพพลาสติก มีรสชาติคล้ายดินและเมื่อเปียกจะมีกลิ่นเหมือนดินเหนียว แร่เคโอลิไนต์ถูกสร้างขึ้นจากผลึกของแผ่นซูดเฮกซะโกนอล (Pseudo-hexagonal sheets) ที่มีขนาดเล็กและบาง ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ $0.2\text{--}12 \mu\text{m}$ เฉลี่ยที่ $0.6\text{--}0.8 \mu\text{m}$

เนื่องจากแร่เคโอลิไนต์เป็น inactive โดยธรรมชาติ, มีประจุแต่ละชั้นไม่มาก specific surface area และความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่ำ ทำให้โมเลกุลของสารอินทรีย์แทรกซึมลงไปในชั้นของเคโอลิไนต์ได้ยาก ดังนั้นสารให้สีในธรรมชาติจึงไม่สามารถทำให้เสถียรได้ด้วยเคโอลิไนต์ จึงไม่ค่อยมีรายงานว่า แร่ดินเหนียวนี้ถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการดูดซับสีย้อม แต่อย่างไรก็ตามเคโอลิไนต์มีความสามารถในการดูดซับสารโมเลกุลขนาดเล็ก โปรตีน แบคทีเรียและไวรัสที่พื้นผิวของอนุภาค ทำให้มีประโยชน์ในด้านเภสัชศาสตร์อย่างมาก

2.3.1.2 แร่ฮาลลอยไซต์ (Halloysite)

แร่ฮาลลอยไซต์ (Halloysite) สูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มีสัณฐานวิทยาแบบรูปทรงท่อ (Tubular shape) มีโครงสร้างแบบ 1:1 ฮาลลอยไซต์มีองค์ประกอบที่แตกต่างกันที่พื้นผิวด้านในและด้านนอก ทำให้เกิดคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ ท่อนาโน (Nanotubes) ทั้งสองด้านและประจุรวมท่อนาโนฮาลลอยไซต์ เกิดจากผลของ interaction ระหว่างความเป็ประจุลบของชั้นนอกสุด (Siloxane groups) และความเป็ประจุบวกของพื้นผิวด้านใน (Aluminol groups) ในช่วง pH 2-8

เมื่อเปรียบเทียบกับแร่ดินเหนียวชนิดอื่น ๆ ฮาลลอยไซต์สามารถนำมาใช้ในการบรรจุหรือโหลด และช่วยเพิ่มความเสถียรให้กับเม็ดสีธรรมชาติได้ อันเนื่องมาจาก tubular morphology และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โดย Li et al. (2019) มีการศึกษาการดูดซับสารสกัดแอนโธไซยานินจากผลบลูเบอร์รี่ พบว่า zeta potential ของฮาลลอยไซต์เพิ่มขึ้นอย่างมาก จาก -27.00 mV เป็น -16.03 mV ดังนั้นประจุบวกจากแรงดึงดูดแอนโธไซยานินประสบความสำเร็จในการถูกดูดซับไว้ที่บริเวณพื้นผิวด้านนอกของฮาลลอยไซต์อันเนื่องมาจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (Electrostatic interaction)

นอกจากนี้แอนโธไซยานินยังมียาค่าอุณหภูมิการสลายตัวเพิ่มมากขึ้น คือ 303 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับสารสกัดแอนโธไซยานินที่ 161 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แอนโธไซยานินมีความคงตัวต่อสารเคมีและอุณหภูมิมากขึ้น เมื่อนำไปทำไฮบริดพิกเมนต์กับแร่ฮาลลอยไซต์

2.3.1.3 แร่มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite)

แร่มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) อยู่ในกลุ่มของ smectite มีพื้นฐานวิทยาศาสตร์แบบเรียงกันเป็นชั้น (Lamellar) มีโครงสร้างแบบ 2:1 มอนต์มอริลโลไนต์ถูกใช้เป็น inorganic matrix เพื่อปรับปรุงความคงตัวของสีธรรมชาติ โดยเหมาะสำหรับใช้ติดกับเม็ดสีธรรมชาติที่มีประจุบวกซึ่งละลายน้ำได้ (Water-soluble natural cationic pigment) เนื่องจากมีประจุลบถาวรในโครงสร้างผลึก โครงสร้างชั้นที่เป็นเอกลักษณ์ และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูง ดังนั้นจึงมีการศึกษาแร่มอนต์มอริลโลไนต์อย่างกว้างขวาง เพื่อปรับปรุงความคงตัวของแอนโธไซยานิน ผ่านกลไกการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cationic exchange mechanism), การเกิดคอมเพล็กซ์ (Complexation), แรงดึงดูดทางไฟฟ้า (Electrostatic interaction) และการป้องกันความเกาะ (Steric protection)

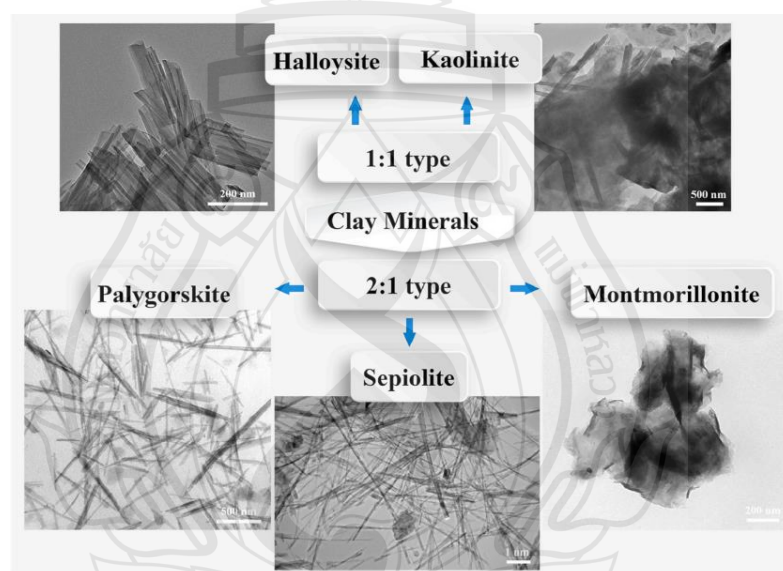
2.3.1.4 แร่เซปพิโอไลต์ (Sepiolite)

แร่เซปพิโอไลต์ (Sepiolite) อยู่ในกลุ่มของแร่ phyllosilicate ซึ่งคือ fibrous clays ที่ประกอบไปด้วยแร่ 2 ชนิด คือ ปาลิกอร์สไกต์ (Palygorskite) และเซปพิโอไลต์ (Sepiolite) มีสูตรเคมีคือ $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(OH_2)_4 \cdot 8H_2O$ แร่ชนิดนี้ ไม่มีกลิ่นและรส ผงสีขาวเนื้อเนียนละเอียด ซึ่งมีความแตกต่างจากแร่ดินเหนียวอื่น ๆ คือ มีพื้นฐานวิทยาศาสตร์แบบเส้น (Fibrous) ที่เกิดจากการผกผัน 180° ทุก ๆ 6 หรือ 4 ซิลิคอนเตตระฮีดร่า (Silicon tetrahedra) ทำให้สร้างโครงสร้างของโซ่เรียงกันขนานกับแกนแต่ละแกน โดยแต่ละแกนมีโครงสร้างแบบ 2:1 ดังนั้นโครงสร้างสามมิติที่มีเอกลักษณ์นี้ทำให้เกิดช่องเปิด (Channels) ที่มีซีโอลิติก (Zeolitic) และ crystallization water ด้วยโครงสร้างนี้เองทำให้มี specific area ขนาดใหญ่ มี surface activity สูงและมี active silanol group จึงมีแรงดูดซับดีเยี่ยม เสริมแรงและฟังก์ชันเสริมอื่น ๆ จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น เป็นสารดูดซับ (Absorption) ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) โพลีเมอร์คอมโพสิต (Polymer composite) ไฮบริดพิกเมนต์ และการให้อาหารสัตว์ เป็นต้น

โดยมีการศึกษา zeolitic water ของเซปพิโอไลต์ ถูกกำจัดได้ง่ายเมื่อให้ความร้อนน้อยกว่า 200 องศาเซลเซียส และโมเลกุลของสารอินทรีย์สามารถแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างขนาดนาโนของแร่ดินเหนียว เพื่อปกป้องโมเลกุลจากสภาวะแวดล้อมภายนอก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาแอนโธไซยานินที่นำไปทำไฮบริดพิกเมนต์กับเซปพิโอไลต์ พบว่า แอนโธไซยานินยังมียาค่าอุณหภูมิการสลายตัวเพิ่มมากขึ้น คือ 338 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับสารสกัดแอนโธไซยานินที่ 161 องศาเซลเซียส เนื่องจากเกิดการไฮบริดอยู่ทั้งบริเวณพื้นผิวภายนอกและภายในช่องว่างขนาดนาโน

ด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (Electrostatic interaction) และพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonding) ทำให้แอนโธไซยานินมีความคงทนต่อความร้อนและสารเคมีมากขึ้น

ในด้านเภสัชศาสตร์ถูกนำไปใช้เป็นตัวดูดซับยาปฏิชีวนะที่ตกค้าง สารเมตาโบไลต์ แบคทีเรียหรือสารพิษและยาอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อระบบทางเดินอาหาร อีกทั้งยังใช้เป็น filler เพื่อเพิ่ม bulk ให้กับยาเม็ดและแคปซูล ในด้านเครื่องสำอางสามารถใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอิมัลชัน เนื่องจากความสามารถในการถูกทำให้เปียกโดยของเหลวสองเฟสซึ่งอยู่บริเวณส่วนต่อประสานระหว่างของเหลว-ของเหลวและทำหน้าที่ป้องกันการเกิด coalescence ของ droplet ได้นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารดูดซับกลิ่นและความชื้นใน baby powders ทำให้มีส่วนช่วยในการลดการระคายเคืองของผิวหนัง และ deodorant ทั้งในรูปของ powder และ cream หรือเป็นสารดูดซับความมันบนหนังศีรษะในผลิตภัณฑ์ dry shampoo (López-Galindo et al., 2011)



ที่มา Li et al. (2021)

ภาพที่ 2.5 สัณฐานวิทยาของแร่ดินเหนียว

2.4 ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรสโกปี (UV-VIS Spectroscopy)

สารเคมีส่วนใหญ่ ได้แก่ สารอินทรีย์ (Organic compounds) สารอนินทรีย์ (Inorganic compounds) และสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compounds) ทั้งมีสีและไม่มีสี สามารถ

ดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และวิสิเบิล (Visible) ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตร (nm)

เทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรสโกปี (UV-VIS Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวัดการดูดกลืนแสงหรือรังสีในช่วง อัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และวิสิเบิล (Visible) โดยสามารถใช้วิเคราะห์ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้ (เชิงคุณภาพต้องใช้ร่วมกับเทคนิค IR และ NMR Spectroscopy) ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Spectrophotometer)

หลักการ คือ เมื่อผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าไป สารจะได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจากโฟตอนของคลื่นแสง โดยสารจะดูดกลืนคลื่นแสงไว้ส่วนหนึ่ง และให้อีกส่วนถูกส่งผ่านออกไปที่ความเข้มของคลื่นแสงเท่าเดิม ความเข้มของแสงที่สารดูดกลืนไว้ จะทำให้อิเล็กตรอน หรืออะตอม หรือโมเลกุล หรือไอออนของสาร เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (Electronic transition) จากสถานะพื้น (Ground state) ไปยังสถานะเร้า (Excited state) ซึ่งการรับพลังงานของโมเลกุลแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธะ

การวิเคราะห์หาปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน ทำได้โดยให้คลื่นแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ผ่านออกมาเทียบกับแสงที่ผ่านออกมาโดยไม่มีสารตัวอย่าง เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของ radiant power ที่เกิดจากการผ่าน monochromatic radiation เข้าไปในเซลล์ ที่ใส่ตัวทำละลายกับสารอื่นที่ไม่มีสารที่จะดูดกลืนแสง เรียกว่า blank solution ซึ่งเป็นไปตามกฎของเบียร์ แลมเบิร์ต (Beer-Lambert's law) ที่ว่า “ค่าความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและความหนาของสารละลายตัวกลาง”

การวิเคราะห์หาปริมาณสารในกรณีที่มีสารเพียงตัวเดียวที่จะวิเคราะห์ จะใช้วิธีทำกราฟมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ $\lambda_{\max}$ แล้วนำไปเทียบกับ blank จากนั้นนำผลที่ได้มาเขียนกราฟโดยให้แกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสง และแกน x คือ ค่าความเข้มข้น ซึ่งจะได้เป็นกราฟเส้นตรง ดังนั้นเมื่อนำสารตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็จะสามารถหาปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ได้ โดยค่าการดูดกลืนแสงนั้นควรอยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ นั่นคือช่วง 0.1-1.0 หากสารละลายเจือจางเกินไป จะวัดค่าการดูดกลืนแสงได้น้อย แต่หากสารละลายเข้มข้นเกินไป จะใช้วิธีการเจือจางสารละลายลง (Dilute) เพื่อให้วัดค่าการดูดกลืนแสงออกมาได้เหมาะสมที่สุด

2.4.1 องค์ประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

2.4.1.1 แหล่งกำเนิดแสง (Light source)

ลักษณะของแหล่งกำเนิดแสงที่ดี จะต้องให้กำลังพอที่จะวัดด้วยมาตรวัดแสง ต้องแผ่รังสี (Radiation) ออกมาอย่างคงที่และแผ่ตลอดในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการ โดยเครื่องยูวี-วิสิเบิล

สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ใช้หลอดไฮโดรเจน (Hydrogen lamp) หรือหลอดดิวเทอเรียม (Deuterium lamp) เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 185-375 นาโนเมตร

2.4.1.2 โมโนโครมาเตอร์ (Monochromator)

โมโนโครมาเตอร์เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง โดยจะทำให้แสงพอลิโครมาติก (แสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ) แปลงเป็นแสงโมโนโครมาติกที่เป็นแถบแสงแคบ ๆ ประกอบไปด้วย

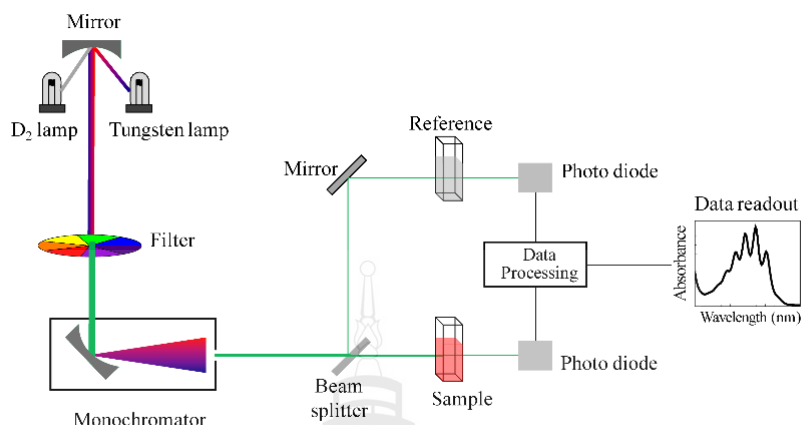
1. ช่องแสงเข้า (Entrance slit)
2. กระจกและเลนส์ (Mirror and lens)
3. ส่วนที่ทำให้เกิดการกระจายแสงออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยอาจตัดแสงบางช่วงออกเพื่อให้เหมาะสมกับช่วงคลื่นแสงที่ต้องการ เช่น ฟิลเตอร์ (Filter) ปริซึม (Prism) และเกรตติง (Grating) เป็นต้น

2.4.1.3 เซลล์สำหรับใส่สารตัวอย่าง

บริเวณที่จะใส่สารตัวอย่างจะต้องมีฝาปิดเพื่อป้องกันไม่ให้มีแสงจากภายนอกเข้าไปรบกวน โดยเซลล์ที่ใช้สำหรับใส่สารตัวอย่าง (Sample cell) หรือคิวเวตต์ (Cuvette) มักนิยมทำจากแก้วควอตซ์ (Quartz) หรือซิลิกา (Silica) ซึ่งลักษณะหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน

2.4.1.4 เครื่องวัดแสง (Radiation detector)

ลักษณะของเครื่องวัดแสงที่ดีจะต้องมีความไวสูง แม้สารที่มีความเข้มข้นต่ำก็สามารถวัดได้ สัญญาณรบกวนน้อย ตอบสนองแบบเชิงเส้นตรงและขึ้นอยู่กับความถี่หรือความยาวคลื่นแสง มีความเสถียร ขนาดเล็ก ราคาไม่แพง ปัจจุบันนิยมใช้หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier tube หรือ PMT) ให้สภาพไวกว่าหลอดรับแสง ใช้ได้กับความยาวคลื่น 190-900 นาโนเมตร หลอดชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง เหมาะกับการวัดแสงต่ำ เนื่องจากมีศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกันระหว่างขั้วแคโทดและแอโนด 900 โวลต์



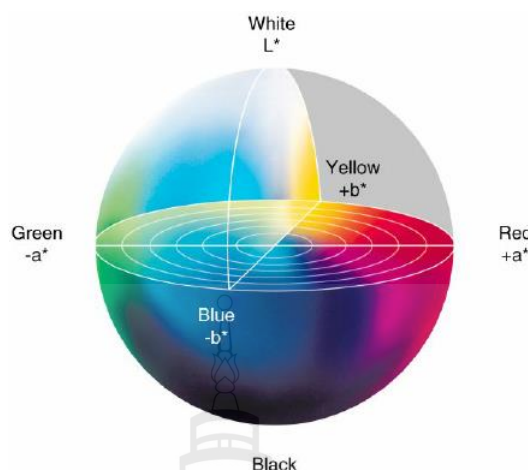
ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

2.5 การวัดสี

ระบบสี CIE $L^*a^*b^*$ หรือ CIELAB system ที่มีองค์ประกอบหลัก คือ แหล่งกำเนิดแสง (Light source) วัตถุสี (Color object) และผู้สังเกตการณ์ (Observer) โดย CIELAB เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x , y และ z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x , y และ Y) ซึ่ง x , y และ z ใช้ในการระบุสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินตามลำดับ แต่ไม่สามารถวัดความมืดและความสว่างของสารตัวอย่างได้ จึงมีการปรับปรุงและพัฒนาระบบจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกับสีที่ตามองเห็น

ในปี ค.ศ. 1976 CIE ได้กำหนดแบบจำลองของสี ระบบ $L^*a^*b^*$ ดังแสดงในภาพที่ 2.7 โดยกำหนดให้แกน L^* คือ ค่าความสว่าง (Lightness) เมื่อ L^* มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่า สีที่ได้จะมืดจนเป็นสีดำ และ L^* มีค่าเท่ากับ 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว แกน a^* ใช้กำหนดสีแดงถึงสีเขียวของสารตัวอย่าง เมื่อให้ค่า $(+a^*)$ จะแสดงถึงสีแดง และ $(-a^*)$ จะแสดงถึงสีเขียว แกน b^* ใช้กำหนดสีเหลืองถึงสีน้ำเงินของสารตัวอย่าง เมื่อให้ค่า $(+b^*)$ จะแสดงถึงสีเหลือง และ $(-b^*)$ จะแสดงถึงสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุง เพิ่ม color term อีก 2 ค่า ได้แก่ hue (h^*) บ่งบอกถึงเฉดสีของสารตัวอย่าง โดยมีมุมตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา และ chroma (C^*) บ่งบอกถึงความสดหรือความเข้มของสารตัวอย่าง



ภาพที่ 2.7 ไดอะแกรมแสดง CIELAB 1976 Color Space

2.6 ผลิตภัณฑ์บลัชออน

ผลิตภัณฑ์บลัชออน คือ เครื่องสำอางที่ใช้สำหรับตกแต่งบริเวณแก้ม เน้นเฉดสีชมพู แดง หรือ ส้ม เพื่อให้ผิวแก้มดูมีเลือดฝาด สุขภาพดีและดูมีชีวิตชีวามากขึ้น อีกทั้งยังช่วยปรับโครงหน้าคมชัด ชับผิวให้สดใส เปล่งปลั่งและดูอ่อนเยาว์กว่าเดิมอีกด้วย ชาวอียิปต์โบราณเป็นกลุ่มแรกที่มีการปิดแก้ม เข้ากับพิธีกรรมความงาม โดยใช้สีแดงบด (เม็ดสีธรรมชาติ) ผสมกับไขมันเพื่อสร้างสีแดงที่เน้นทาบนริมฝีปากและแก้ม ในขณะเดียวกันชาวโรมันใช้สีแดงชาดและชาวกรีกใช้ลูกหม่อนบดและทาที่แก้ม ส่วนในยุคกลางนั้นมีการใช้บลัชออนลดลง เนื่องจากผิวที่ซีดมากได้กลายเป็นสัญลักษณ์ของชนชั้นสูง ดังนั้นในขณะที่คนงานมีผิวที่แดงจากการทำงานข้างนอกตลอดทั้งวัน ชนชั้นสูงมักจะปิดตัวเองอยู่ในที่ร่มหรือแม้แต่ทาไขขาวเพื่อให้ได้ผิวที่ขาวที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในช่วงปี 1500-1700 บลัชออนถูกผลิตขึ้นจากสารเคมีที่เป็นพิษ แต่ยังคงมีกระแสนิยมที่ดี เนื่องจากบลัชออนนั้นช่วยให้ใบหน้ามีความอ่อนเยาว์ ตั้งแต่ช่วงปี 1900 เป็นต้นมา เมื่ออเมริกากลายเป็นประเทศอุตสาหกรรม บลัชออนก็เริ่มถูกผลิตโดยใช้วัตถุดิบที่ปลอดภัยกว่าและผลิตออกมาจำนวนมาก

บลัชออนแบบผง (Powder blusher) มีทั้งในลักษณะของฝุ่นอัดแข็งและผง โดยเป็น dosage form ที่ได้รับความนิยมสูงสุด นิยมใช้คู่กับแป้งปิดแก้ม คุณสมบัติของบลัชออนแบบผงที่ดี คือ เนื้อผลิตภัณฑ์สามารถ ติดแป้ง แล้วปิดลงบนผิวได้ดี ไม่เป็นผงฝุ่นมากเกินไป ยึดเกาะ ติดผิวได้ดี ให้ความเป็นธรรมชาติ ผิวสดใส แลดูสุขภาพดี ไม่เป็นริ้วรอย และไม่ตกร่องรูขุมขน

องค์ประกอบของตำรับมีความคล้ายคลึงกับตำรับแป้งผัดหน้า ซึ่งมีองค์ประกอบ ได้แก่ ฟิลเลอร์ (Fillers) สารดูดซับ (Absorbents) สารแต่งสี (Colorants) สารเพิ่มการยึดเกาะ (Binders)

และสารกันเสีย (Preservatives) แต่บลัชออนเน้นใส่สารแต่งสีมากกว่าแป้งผัดหน้า เช่น Red No. 30 Lakes และ Red No.7 Lakes เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประกายและความแวววาวได้จาก pearlescent pigments ต่าง ๆ บลัชออนไม่ต้องการความทึบหรือการปกปิด ดังนั้นจึงใส่ Titanium dioxide และ zinc oxide ในปริมาณน้อย อีกทั้งยังใช้ binder ในปริมาณที่สูงกว่า เพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะให้กับผิว โดย binder แบ่งออกเป็นสองชนิด คือ dry binder เช่น zinc stearate, magnesium stearate เป็นต้น และ liquid binder เช่น mineral oil, isopropyl myristate และ silicone oils อีกทั้งยังมีการใส่ absorbents เพื่อช่วยดูดซับความมันและเหงื่อ ได้แก่ kaolin, starch และ calcium carbonate



บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และเครื่องมือ

3.1.1 วัตถุดิบ

ใบชาเล็ดม้งกร จากจังหวัดเชียงราย ที่เก็บในช่วงธันวาคม 2565 จนถึงเดือนมีนาคม 2566

3.1.2 สารเคมี

ตารางที่ 3.1 สารเคมี

สารเคมี	บริษัท
Citric acid	Qingdao FUSO Refining & Processing
Potassium chloride	Sigma-Aldrich
Sodium acetate	Merck
Sepiolite	Sigma-Aldrich
Talcum	TOSHIKI PIGMENT
Zinc stearate	NOF Corporation
Boron nitrite and dimethicone	K.S.PEARL
Mica	K.S.PEARL
Dimethicone	Dow Corning
Tocopheryl acetate	Lamberti S.p.A.
Geoguard ultra	Arxada
Hydrochloric acid	CARLO ERBA
Mineral oil	JELL PHARMACEUTICALS
Sodium hydroxide	Merck

3.1.3 เครื่องมือ

ตารางที่ 3.2 เครื่องมือ

เครื่องมือ	รุ่น	บริษัท
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	ML104T	METTLER TOLEDO
ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ	UF110	Memmet
เครื่องปั่น	DPA130	Tefal
เครื่องแม่เหล็กกวนสารพร้อมให้ความร้อน	AREX2	UNMAG
เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	B200	QIS
เครื่องเขย่าสารในรูปแบบวงกลม	Orbit 1000	Lebnet
เครื่องผสมสารละลายสำหรับหลอดทดลอง	VXMNAL	OHAUS
เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง	GENESYS 10S UV-VIS	Thermo Fisher Scientific
เครื่องวัดสี	CM-700d	KONICA MINOLTA
เครื่องปั่นเหวี่ยง	Z 206 A	HERMLE

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างจากใบชาเลือดมังกร

นำใบชาเลือดมังกรสด ที่เก็บในช่วงธันวาคม 2565 จนถึงเดือนมีนาคม 2566 มาอบแห้งเพื่อกำจัดความชื้น ด้วยตู้อบ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น

3.2.2 การสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเลือดมังกร

นำใบชาเลือดมังกรมาสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน ใบชาเลือดมังกรต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 ต่อ 50 โดยน้ำหนัก กวนต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาทีโดยไม่ให้ความร้อนต่อ จากนั้นทำให้เย็นตัวลง แล้วนำมารองเพื่อแยกกากออกจากสารสกัด นำสารสกัดที่ได้มาปรับ pH ด้วย 50% citric acid เพื่อเลือกสีของสารสกัดที่เหมาะสมในการทดลอง จากนั้นหาปริมาณแอนโธไซยานินรวม ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (ดัดแปลงจาก Thuy et al., 2022)

3.2.3 การหาปริมาณแอนโธไซยานินรวม

การหาปริมาณแอนโธไซยานินรวมด้วยวิธีพีเอช-ดีฟเฟอเรนเชียล โดย Wrolstad et al. (2005) ตัวอย่างสารสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเลือดมังกรถูกเจือจางด้วย pH 1.0 และ 4.5 บัฟเฟอร์ ซึ่งเตรียมได้จาก potassium chloride (0.025 M) และ sodium acetate (0.4 M) ตามลำดับ โดยใช้อัตราส่วนการเจือจางตัวอย่างต่อสารละลายบัฟเฟอร์เป็น 1:25 จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm จากนั้นคำนวณหาค่าความต่างของ Absorbance ระหว่าง pH 1.0 และ pH 4.5 เพื่อกำจัดการดูดกลืนแสงของสารอื่นที่ไม่ได้มาจากแอนโธไซยานิน ตามสมการที่ 3.1

$$A = (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1.0} - (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4.5} \quad (3.1)$$

จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินรวมจากสารสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเลือดมังกร ตามสมการที่ 3.2

$$\text{ปริมาณแอนโธไซยานินรวม (mg/l)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (3.2)$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.1

MW = มวลโมเลกุล (449.2 g/mol สำหรับ cyanidin-3-glucoside)

DF = Dilution Factor

ϵ = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงจำเพาะ (molar coefficient) ของ cyanidin-3-glucoside เท่ากับ 26,900 L/M/cm

l = ความกว้างของคิวเวตต์ (1 cm)

จากการสกัดใบชาเลือดมังกร 1 กรัม ด้วยตัวทำละลาย 50 มิลลิลิตร แล้วนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินรวม จากนั้นนำสารสกัดมาเตรียมในรูปไฮบริดฟิเคเมนต์

3.2.4 การเตรียมไฮบริดฟิเคเมนต์

เตรียมไฮบริดฟิเคเมนต์ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรกับเซปทิโอไลต์ ดัดแปลงวิธีจาก Szadkowski et al. (2022) โดยผสมสารสกัดใบชาเลือดมังกรกับเซปทิโอไลต์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเซปทิโอไลต์และสารสกัดเป็น 1:25, 1:50 และ 1:75 โดยน้ำหนักตามลำดับ กวนต่อเนื่องที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ควบคุม pH ของระบบเท่ากับ 5 จากนั้นนำมารองด้วยการกรองสุญญากาศและล้างด้วยน้ำกลั่นไร้ประจุเพื่อกำจัดสารตั้งต้นส่วนเกิน (ล้างจนกระทั่งได้สารละลายไม่มีสี) นำสารสกัดในรูปไฮบริดฟิเคเมนต์อบแห้ง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

3.2.5 การหาประสิทธิภาพการกักเก็บ (Encapsulation Efficiency, %EE)

คำนวณหาประสิทธิภาพการกักเก็บ ตามสมการที่ 3.3

$$\%EE = \frac{ITAC - FTAC}{ITAC} \times 100 \quad (3.3)$$

โดย ITAC คือ ปริมาณแอนโธไซยานินเริ่มต้นของสารสกัดที่ใช้ในการทำไฮบริดพิกเมนต์ (Initial total anthocyanin content) และ FTAC คือปริมาณแอนโธไซยานินที่เหลือในสารสกัดหลังจากทำไฮบริดพิกเมนต์ (Final total anthocyanin content)

นำสารละลาย ITAC และ FTAC วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ตามวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (3.2.3) แล้วนำค่าที่ได้คำนวณตามสมการที่ 3.3

3.2.6 การทดสอบความคงตัวต่ออุณหภูมิ (Thermal Stability)

การทดสอบโดยนำตัวอย่างสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรและสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรที่ถูกไฮบริดบรรจุในขวดทึบแสง โดยวางไว้ที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วัดปริมาณแอนโธไซยานินรวมของสารสกัดก่อนเก็บและระหว่างทดสอบความคงตัวทุก ๆ สัปดาห์ รายงานผลด้วยค่า TAC (mg/l) และวัดค่าสีของรูปถ่ายสารสกัดและสารสกัดในรูปไฮบริดพิกเมนต์ด้วยแอปพลิเคชัน Aurora เป็นค่า RGB จากนั้นแปลงค่าเป็น $L^*a^*b^*$ ด้วยโปรแกรม Color Designer โดยวัดสีก่อนเก็บและหลังเก็บทุก ๆ สัปดาห์ รายงานผลด้วยค่า $L^*a^*b^*$

3.2.7 การทดสอบความคงตัวต่อแสง (Light Stability)

การทดสอบโดยนำตัวอย่างสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรและสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรที่ถูกไฮบริดบรรจุในขวดใสและขวดทึบแสง โดยขวดใสวางไว้ที่บริเวณมีแสง (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) ขวดทึบแสงวางไว้บริเวณทึบแสง (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วัดปริมาณแอนโธไซยานินรวมของสารสกัดก่อนเก็บและระหว่างทดสอบความคงตัวทุก ๆ สัปดาห์ รายงานผลด้วยค่า TAC (mg/l) และวัดค่าสีของรูปถ่ายสารสกัดและสารสกัดในรูปไฮบริดพิกเมนต์ด้วยแอปพลิเคชัน Aurora เป็นค่า RGB จากนั้นแปลงค่าเป็น $L^*a^*b^*$ ด้วยโปรแกรม Color Designer โดยวัดสีก่อนเก็บและหลังเก็บทุก ๆ สัปดาห์ รายงานผลด้วยค่า $L^*a^*b^*$

3.2.8 การเตรียมผลิตภัณฑ์ลัชอนแบบผง

นำสารสกัดใบชาเล็ดม้งกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์มาผสมกับตำรับลัชอนแบบผงตามตารางที่ 3.3 ด้วยวิธี Geometric Dilution โดยจะทดลองเติมไฮบริดพิกเมนต์ลงในตำรับเริ่มต้นที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 และ 20 % (w/w) ตามลำดับ แล้วเลือกตำรับที่มีสีดีที่สุดในการเก็บข้อมูลต่อไป

ตารางที่ 3.3 ตำรับบลัชชอนแบบผง

Materials	Function	(% w/w)
Talcum	Filler	q.s. to 100
Zinc Stearate	Dry binder	5
Boron Nitrite and Dimethicone	Filler	5
Mica	Filler	15
Hybrid pigment	Coloring agent	x
Dimethicone	Liquid binder	2
Tocopheryl Acetate	Antioxidant	2
Geoguard Ultra	Preservative	1

3.2.9 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และประเมินการใช้งานเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

3.2.9.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

วัดสีของผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณไฮบริดพิกเมนต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน จากนั้นเลือกสีที่ดีที่สุด มาวัดสีผลิตภัณฑ์จาก Bulk ทาลงบนกระดาษขาวและทาลงบนผิว วัดสีด้วยเครื่องวัดสี รายงานผลด้วยค่า $L^*a^*b^*$

3.2.9.2 การประเมินการใช้งานเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

วัดสีของผลิตภัณฑ์ที่มีสีที่ดีที่สุด มาประเมินการใช้งานเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยแบ่งเป็น 3 ข้อหลัก คือ ลักษณะที่ได้หลังจากใช้งาน (Performance on use) การติดแปรงและผิว (Pick-up and transfer) และ Color streaking

บทที่ 4

ผลวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดมังกร

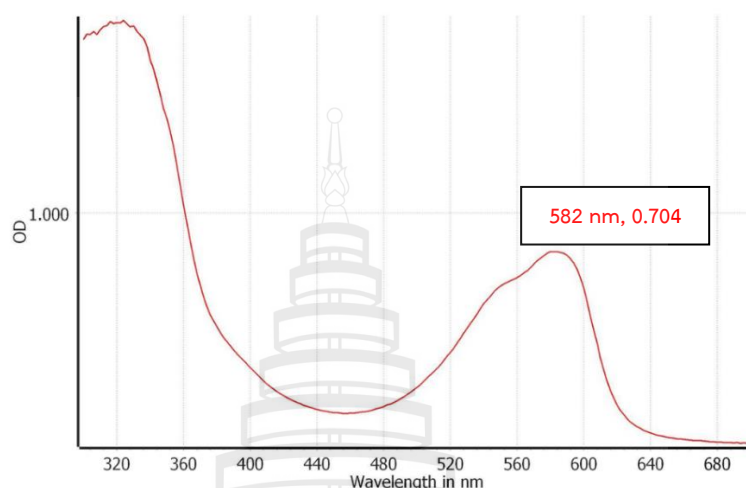
การสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเล็ดมังกรด้วยน้ำปราศจากไอออนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดเป็นสีม่วงอมแดง ดังภาพที่ 4.1 สารสกัดที่ได้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8



ภาพที่ 4.1 สีของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8

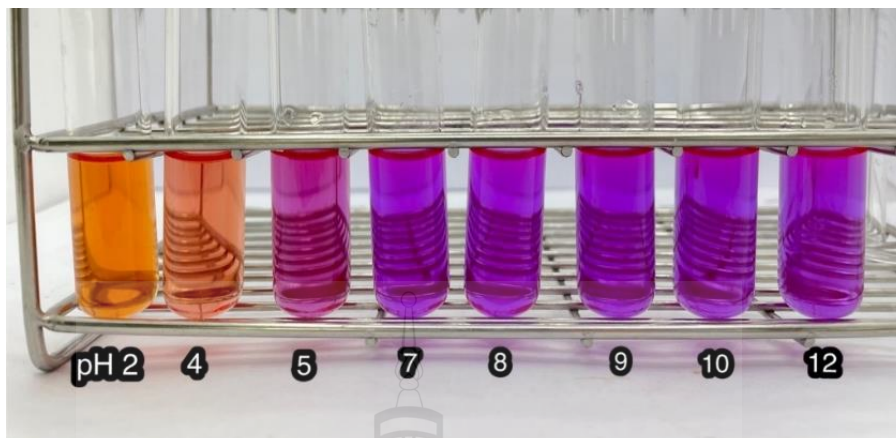
จากนั้นนำสารสกัดใบชาเล็ดมังกรที่สกัดได้มาวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินรวมที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm จากนั้นคำนวณค่าตามวิธีของ Wrolstad et al. (2005) สารสกัดใบชาเล็ดมังกรมีปริมาณแอนโธไซยานินรวม คือ 0.228 ± 0.05 mg/g of dried plant และเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงดังแสดงภาพที่ 4.2 พบว่า สารสกัดมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด

582 nm ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oguzie et al. (2024) ที่ได้รายงานค่าความยาวคลื่นสูงสุดของสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ 580 nm



ภาพที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดใบชาเลือดมังกร

จากนั้นนำสารสกัดใบชาเลือดมังกรมาปรับ pH ต่าง ๆ (2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 และ 12) เพื่อเลือกสีที่เหมาะสมจะนำไปทำไฮบริดกับเซปทิโอไลต์ พบว่า ที่ pH 2 ให้สีส้ม, pH 4 ให้สีส้มอมแดง pH 5 ให้สีแดงอมม่วง และ pH 7, 8, 9, 10 และ 12 ให้เฉดสีที่ใกล้เคียงกันคือสีม่วงอมแดงดังภาพที่ 4.3 การที่สารสกัดเปลี่ยนสีเป็นเพราะโครงสร้างสารเปลี่ยนแปลงตามค่า pH โดยที่ pH ต่ำกว่า 3 แอนโธไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอยู่ในรูปของ flavylum cation ซึ่งให้เฉดสีแดง-ส้ม และเป็นโครงสร้างที่มีความเสถียรมากที่สุด เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ให้ความเข้มข้นของสีและความเข้มข้นของ flavylum cation ลดลง เนื่องจากการเกิด hydration ไปเป็น carbinol pseudobase ซึ่งไม่มีสี และเมื่อ pH อยู่ในช่วง 6-8 จะเปลี่ยนโครงสร้างอยู่ในรูป quinoidal base ให้สีม่วง-น้ำเงิน จากนั้นเมื่อ pH มากกว่า 8 จะเปลี่ยนโครงสร้างไปอยู่ในรูปของ chalcone (Mazza & Brouillard, 1987) นอกจากแอนโธไซยานินแล้วในใบชาเลือดมังกรยังมีรงควัตถุอื่นด้วย คือ Photosynthetic pigment ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) และ คลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b) ซึ่งคลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดนี้ให้สีเขียวแกมน้ำเงินและสีเขียวแกมเหลือง ตามลำดับ (Quan et al., 2016) ซึ่งมีผลต่อสีของสารสกัดใบชาเลือดมังกร อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ในอนาคตควรมีการศึกษาถึงรงควัตถุชนิดอื่นที่อาจมีในใบชาเลือดมังกรและผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัด



ภาพที่ 4.3 สีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ pH 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 และ 12 ตามลำดับ

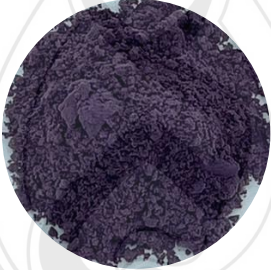
จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาจากสีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5 มีสีที่เหมาะสมจะนำไปทำไฮบริดกับเซปทิโอไลต์ แต่อาจส่งผลต่อความคงตัวเนื่องจากสารสกัดมีโครงสร้างของ flavylum cation ที่ลดน้อยลง ความเสถียรจึงลดลงไปด้วย

4.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและเซปทิโอไลต์

จากการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เซปทิโอไลต์มาทำไฮบริดกับสารสกัดใบชาเลือดมังกร โดยการวิเคราะห์จากสีของไฮบริดพิกเมนต์ โดยการเตรียมทั้งหมด 3 อัตราส่วน คือ 1:25, 1:50 และ 1:75 พบว่า อัตราส่วนของเซปทิโอไลต์ต่อสารสกัดชาเลือดมังกร 1:75 ให้สีม่วงเข้มที่สุด ดังแสดงตารางที่ 4.1 รองลงมา คือ 1:50 และ 1:25 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสีของไฮบริดพิกเมนต์ที่ได้ จะเห็นได้ว่ามีสีที่แตกต่างจากสีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ pH 5 ก่อนทำการไฮบริด ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และค่า pH ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรหลังจากทำไฮบริดมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เนื่องจากเซปทิโอไลต์เป็น clay mineral ชนิดที่มีประจุรวมเป็นประจุลบ ทำให้อยู่ในสถานะที่เป็นต่าง (Kara et al., 2003) เมื่อนำไปทำไฮบริดกับสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ pH 5 ในสถานะเป็นกรดอ่อน ทำให้โครงสร้างของแอนโธไซยานินที่อยู่ในรูปของ flavylum cation ที่ให้สีแดง-ส้มลดลงและเปลี่ยนอยู่ในรูปของ blue quinoidal ทำให้สีของไฮบริดพิกเมนต์สุดท้ายที่ได้เป็นสีม่วงเข้ม ดังนั้นอาจต้องมีการควบคุม pH ของระบบให้มีสถานะเป็นกรดทั้งสารสกัดและเซปทิโอไลต์เพื่อให้ได้สีแดงอมม่วงสวยงาม และจากการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการกักเก็บ (%EE) พบว่า

อัตราส่วนของเซบพิโอไลต์ต่อสารสกัดชาเล็ดมังกร 1:25 มีค่ามากที่สุด คือ 77.39 ± 1.13 รองลงมา คือ 1:50 และ 1:75 มีประสิทธิภาพการกักเก็บ (%EE) เท่ากับ 61.28 ± 2.85 และ 52.69 ± 4.29 ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 4.1 และจากผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสอดคล้องกับกลไกการเกิดไฮบริดพิกเมนต์ระหว่างแอนโธไซยานิน และเซบพิโอไลต์ จากงานวิจัยของ Li et al. (2019) กล่าวว่า แอนโธไซยานินที่มีขนาดโมเลกุลพอดีกับ ช่องว่างขนาดนาโนของเซบพิโอไลต์และบริเวณพื้นผิวด้านนอก สามารถไฮบริดได้ด้วยแรงดึงดูดทาง ไฟฟ้า (Electrostatic) บริเวณประจุลบของเซบพิโอไลต์และประจุบวกของแอนโธไซยานินที่อยู่ในรูป ของ flavylum cation และสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างอะตอมออกซิเจนของหมู่ Si-O ของ เซบพิโอไลต์และประจุบวกของแอนโธไซยานินที่อยู่ในรูปของ flavylum cation ได้อีกด้วย ถึงแม้ว่า อัตราส่วน 1:25 จะมีประสิทธิภาพห่อหุ้มสูงที่สุด แต่ให้สีอ่อนที่สุด หากนำไปลงสูตรเครื่องสำอาง จะต้องใช้ปริมาณมากเพื่อให้ได้สีที่เข้มเพียงพอ ดังนั้นอัตราส่วน 1:25 จึงไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ ทำสูตรเครื่องสำอาง เมื่อวิเคราะห์ผลประสิทธิภาพการห่อหุ้ม (%EE) และสีของไฮบริดพิกเมนต์ที่ได้ สรุปได้ว่า อัตราส่วนของเซบพิโอไลต์ต่อสารสกัดชาเล็ดมังกรที่เหมาะสมคือ 1:75 ในการนำไปใช้ใน สูตรเครื่องสำอาง เพื่อให้มีสีเข้มสวยงาม

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพ pH หลังไฮบริดและประสิทธิภาพการกักเก็บ (%EE) ของไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและเซบพิโอไลต์

อัตราส่วนเซบพิโอไลต์ (g) :สารสกัดชาเลือดมังกร (g)	ลักษณะทางกายภาพ	pH หลังไฮบริด	ประสิทธิภาพการ กักเก็บ (%EE)
1:25		6.53	77.39±1.13 ^c
1:50		5.89	61.28±2.85 ^b
1:75		6.66	52.69±4.29 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่ง แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรและเซบพิโอไลต์ ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนเซบพิโอไลต์ (g) :	Color Parameters		
สารสกัดชาเล็ดมังกร (g)	L^*	a^*	b^*
1:25	60.76±0.30	10.75±0.12	-6.30±0.19
1:50	53.51±0.63	12.49±0.23	-7.61±0.50
1:75	51.57±0.07	13.24±0.17	-8.57±0.74

4.3 การศึกษาความคงตัวของไฮบริดพิกเมนต์ของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรและเซบพิโอไลต์

เมื่อนำสารสกัดใบชาเล็ดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ มาทำการทดสอบความคงตัวในที่มืด เทียบกับที่มีแสงตามธรรมชาติ โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการสังเกตสีด้วยตาเปล่า วัดค่า L^* a^* b^* และวัดปริมาณแอนโธไซยานินของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรทุกสัปดาห์

4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี

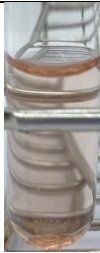
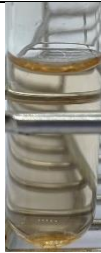
จากการทดสอบความคงตัวของสีของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ โดยนำไปเก็บในที่มืดเทียบกับที่มีแสงตามธรรมชาติ โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเก็บไฮบริดพิกเมนต์ที่ 4 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียส ทั้งในที่มืดและสว่าง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง ขณะที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยเปลี่ยนจากสีม่วงทึบเป็นม่วงอมแดงมากขึ้น ดังแสดงตารางที่ 4.4 ซึ่งแตกต่างจากสารสกัดใบชาเล็ดมังกรซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสีตั้งแต่สัปดาห์แรก ดังแสดงตารางที่ 4.3 โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 45 องศาเซลเซียส ทั้งในที่มืดและสว่าง จากสีม่วงอมแดงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในขณะที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สีม่วงอมแดงอ่อนลงและเริ่มเป็นสีน้ำตาลในสัปดาห์ที่ 3 โดยการเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดใบชาเล็ดมังกรที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มืดและสว่าง มีการเปลี่ยนแปลงสีม่วงแดงเป็นสีน้ำตาลเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเมื่อนำสารสกัดใบชาเล็ดมังกรไปวัดปริมาณแอนโธไซยานินรวม พบว่า ที่อุณหภูมิ 25 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่พบแอนโธไซยานินเหลืออยู่ตั้งแต่สัปดาห์แรก ในขณะที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโธไซยานินรวมลดลงทุก ๆ สัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 สอดคล้องกับ

การเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นดังตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ทั้งอุณหภูมิและแสงมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดใบชาเลือดมังกร เนื่องจากสารสกัดใบชาเลือดมังกรมีสารแอนโธไซยานินซึ่งมีความคงตัวต่ำ ในอุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Tsai and Huang (2004) กล่าวไว้ว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้อนุพันธ์ของแอนโธไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจึงทำให้เกิดการจางลงของสี ซึ่งเกิดจาก Thermodegradation ของแอนโธไซยานินและ Brown polymeric color formation โดยเปลี่ยนจากม่วงอมแดงเป็นสีน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่กว่า

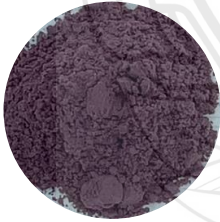
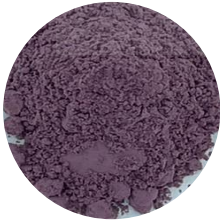
ตารางที่ 4.3 สีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรเมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

สัปดาห์	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0				
1				
2				
3				

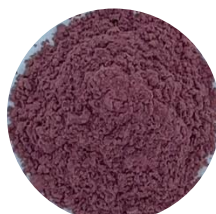
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

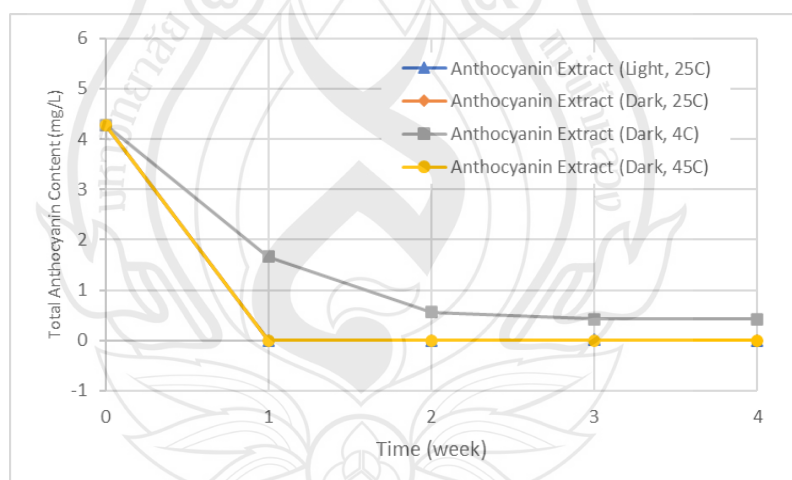
สัปดาห์	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
4				

ตารางที่ 4.4 สีของไฮบริดฟักเมนต์เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

สัปดาห์	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0				
1				
2				

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

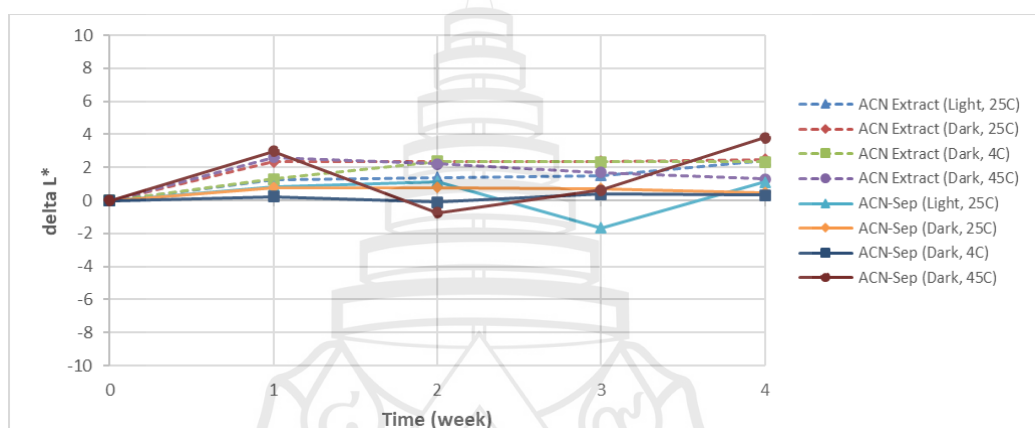
สัปดาห์	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
3				
4				



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณแอนโธไซยานินรวมของสารสกัดชาเลือดมังกรระหว่างทดสอบความคงตัว

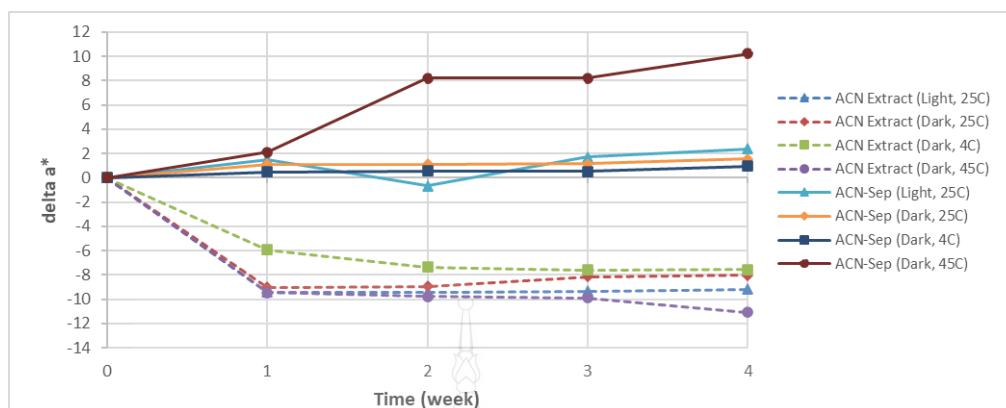
จากการวิเคราะห์สีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและสารสกัดที่ถูกไฮบริดกับเซปทิโอไลต์ โดยใช้แอปพลิเคชัน Aurora ในการวัดค่าสี ระบบสีที่ใช้คือ $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* คือ ค่าความสว่าง ถ้ามีค่ามากแสดงว่าสว่างมาก จากผลการทดลองพบว่า ค่า L^* ของไฮบริดพิกเมนต์และสารสกัดใบชาเลือด

มังกรมีค่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแสดงถึงสีที่อ่อนลงตลอดการทดลอง โดยที่อุณหภูมิ 4 และ 45 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียส ทั้งในที่มืดและสว่าง มีค่า L^* เท่ากับ 0.32, 3.80, 0.47 และ 1.11 ในสัปดาห์ที่ 4 ตามลำดับ และสารสกัดใบชาเลือดมังกรมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 2.33, 1.30, 2.50 และ 2.44 ตามลำดับ จากผลการทดลองที่การเปลี่ยนแปลงค่า L ของไฮบริดพิกเมนต์ที่น้อยกว่า แสดงถึงสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์มีความคงตัวต่ออุณหภูมิและแสงมากกว่าสารสกัดใบชาเลือดมังกร



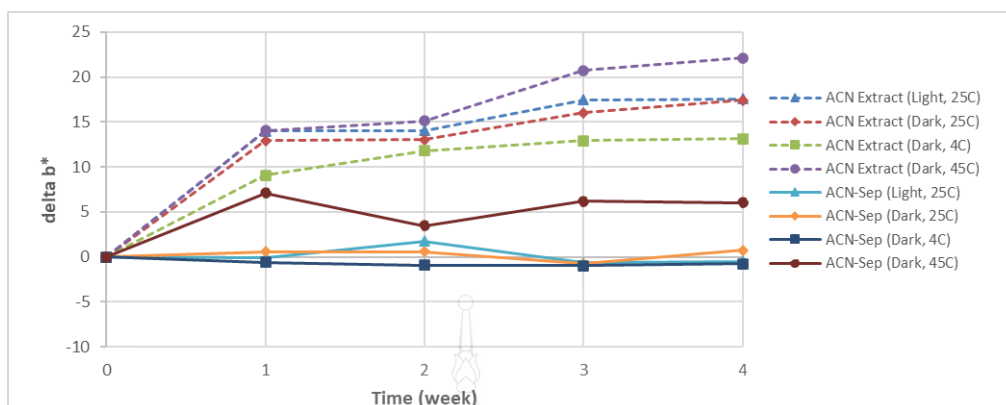
ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ระหว่างการทดสอบความคงตัว

ค่า a^* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a^* เป็นบวกมากแสดงถึงสีแดงมาก ถ้าค่า a^* เป็นลบมากแสดงถึงสีเขียวมาก จากผลการทดลองพบว่า ค่า a^* ของไฮบริดพิกเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงสีแดงเข้มขึ้นและสารสกัดใบชาเลือดมังกรค่า a^* ลดลงแสดงว่ามีสีแดงจางลง เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ไฮบริดพิกเมนต์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มืดและสว่างของไฮบริดพิกเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเวลาผ่านไป คือ 0.97, 1.55 และ 2.36 ตามลำดับ จึงไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งแตกต่างจากสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่เปลี่ยนจากสีม่วงอมแดงเป็นสีน้ำตาล โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มืดและสว่างมีค่าลดลงเป็นอย่างมากเมื่อเวลาผ่านไป คือ -7.55, -8.02 และ -9.20 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่ 45 องศาเซลเซียสในที่มืด ของไฮบริดพิกเมนต์และสารสกัดใบชาเลือดมังกร พบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่า a^* มากกว่าในสถานะอื่น ๆ โดยไฮบริดพิกเมนต์ค่า a^* ที่สัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 12.46 ในขณะที่สารสกัดใบชาเลือดมังกรมีค่าเท่ากับ -11.09



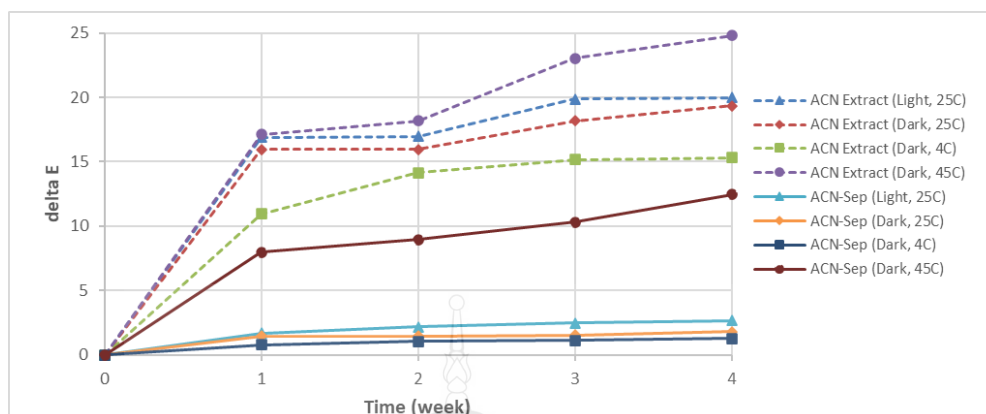
ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ระหว่างการทดสอบความคงตัว

ค่า b^* คือ ค่าสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยถ้าค่า b^* เป็นบวกจะแสดงถึงสีน้ำเงินมาก ถ้าค่า b^* เป็นลบมากแสดงถึงสีเหลืองมาก จากผลการทดลองพบว่า ค่า b^* ไฮบริดพิกเมนต์และสารสกัดใบชาเลือดมังกรค่า b^* เพิ่มขึ้นแสดงว่าแสดงว่ามีสีเหลืองมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ไฮบริดพิกเมนต์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มืดและสว่างของไฮบริดพิกเมนต์เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเวลาผ่านไป คือ -0.75, 0.76 และ -0.51 ตามลำดับ ซึ่งไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งแตกต่างจากสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่เปลี่ยนจากสีม่วงอมแดงเป็นสีน้ำตาล โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในที่มืดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มืดและสว่างมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเวลาผ่านไป คือ 13.14, 17.44 และ 17.57 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่ 45 องศาเซลเซียสในที่มืด ของไฮบริดพิกเมนต์และสารสกัดใบชาเลือดมังกร พบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่า b^* มากกว่าในสภาวะอื่น ๆ โดยไฮบริดพิกเมนต์ค่า b^* ในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 6.04 ในขณะที่สารสกัดใบชาเลือดมังกรมีค่าเท่ากับ 22.13



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ระหว่างการทดสอบความคงตัว

สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ผลปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในที่มีดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มีดและที่สว่างของไฮบริดพิกเมนต์ ดังแสดงในภาพ 4.9 พบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม(ΔE) แตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น คือ 0.80-1.27, 1.48-1.79 และ 1.71-2.66 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากสารสกัดใบชาเลือดมังกรมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในที่มีดและ 25 องศาเซลเซียสในที่มีดและที่สว่าง มากถึง 10.93-15.33, 15.95-19.36 และ 16.91-19.98 ตามลำดับ โดยมีการเปลี่ยนแปลงในที่สว่างมากกว่าที่มีด และเมื่อพิจารณาที่ 45 องศาเซลเซียสของไฮบริดพิกเมนต์และสารสกัดใบชาเลือดมังกร พบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) มากกว่าในสภาวะอื่น ๆ โดยไฮบริดพิกเมนต์ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) เท่ากับ 7.98-12.46 ในขณะที่สารสกัดใบชาเลือดมังกรมีค่ามากถึง 17.13-24.79 จึงสามารถสรุปได้ว่าการเตรียมสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์มีความคงตัวต่ออุณหภูมิและแสงมากกว่าในรูปของสารสกัดใบชาเลือดมังกร อย่างไรก็ตามการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความคงตัวของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์ควรจะอยู่ในสถานะเดียวกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในงานวิจัย



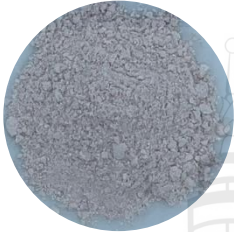
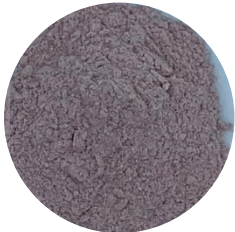
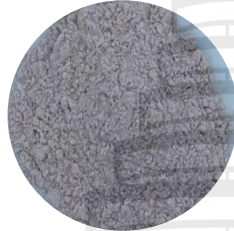
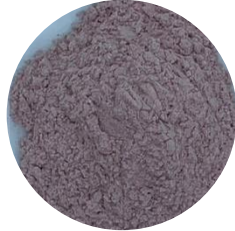
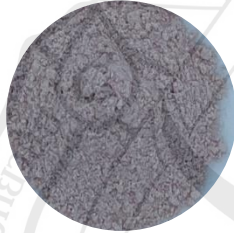
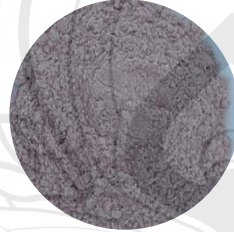
ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและและไฮบริดฟิกเมนต์ระหว่าง การทดสอบความคงตัว

4.4 การประยุกต์ใช้ไฮบริดฟิกเมนต์ในผลิตภัณฑ์

4.4.1 การเตรียมบลัชออนแบบผง

นำสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดฟิกเมนต์มาผสมกับตำรับบลัชออนแบบผงซึ่งประกอบไปด้วย talcum, zinc stearate, boron nitrile and dimethicone, mica, dimethicone, tocopheryl acetate และ geoguard ultra โดยจะทดลองเติมไฮบริดฟิกเมนต์ลงในตำรับเริ่มต้นที่ 2% (F1), 4% (F2), 6% (F3), 8% (F4), 10% (F5), 12% (F6), 16% (F7) และ 20% (F8) โดยน้ำหนัก นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ คือ สีของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.5 เพื่อเลือกปริมาณสีที่เหมาะสมในการลงในตำรับบลัชออนแบบผง พบว่า มีสีเข้มขึ้น โดยบลัชออน F1 ถึง F4 ให้สีที่ยังจางเกินไป จนไม่สามารถเป็นตำรับบลัชออนได้ ในขณะที่ F5 ถึง F8 ให้สีชมพูเข้มมากขึ้น โดย F8 ให้สีที่เข้มที่สุด ดังนั้น จึงเลือกปริมาณสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดฟิกเมนต์ที่ 20% เนื่องจากให้สีชมพูเข้มที่สุด

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

สูตร	ลักษณะทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์	สูตร	ลักษณะทางกายภาพ ของผลิตภัณฑ์
F1 (2% w/w)		F5 (10% w/w)	
F2 (4% w/w)		F6 (12% w/w)	
F3 (6% w/w)		F7 (16% w/w)	
F4 (8% w/w)		F8 (20% w/w)	

4.4.2 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และประเมินการใช้งานเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

นำบลัชออนแบบผงสูตร F8 ซึ่งมีสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์ที่ 20% มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ คือ วัดสีผลิตภัณฑ์จาก bulk, ทาลงบนกระดาษขาว และทาลงบนผิว แล้ววัดสีด้วยเครื่องวัดสี จากค่าที่ได้ในแต่ละพื้นผิวพบว่า เมื่อทาผลิตภัณฑ์ลงบนกระดาษขาว จะให้ความสว่างของสีมากที่สุด คือ ค่า L^* เท่ากับ 87.96 ± 0.00 ตามมาด้วย bulk และผิว คือ 78.43 ± 0.20 และ 69.25 ± 0.07 ตามลำดับ รวมไปถึงค่า a^* ที่กระดาษขาวและ bulk จะให้สีที่แดงชัดเจนกว่าบนผิวดังแสดงค่าในตารางที่ 4.6 จึงสรุปได้ว่า เมื่อทาผลิตภัณฑ์ลงบนผิวจริง บลัชออนจะให้เฉดสีที่เบาว่า

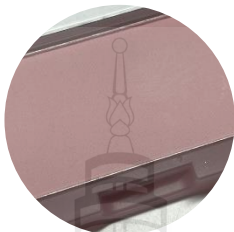
ดังนั้นสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์ สามารถนำมาทำเป็นสีเติมแต่งในผลิตภัณฑ์บลัชออนได้

ตารางที่ 4.6 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของของผลิตภัณฑ์สูตร F8 ที่พื้นผิวต่าง ๆ

Conditions	Color Parameters		
	L^*	a^*	b^*
Bulk	78.43±0.20	11.14±0.08	1.98±0.04
กระดาดขาวก่อนทาผลิตภัณฑ์	92.98±0.00	1.12±0.01	-8.95±0.01
กระดาดขาวหลังทาผลิตภัณฑ์	87.96±0.00	6.43±0.01	-4.21±0.01
ผิวก่อนทาผลิตภัณฑ์	64.91±0.26	3.83±0.33	15.28±0.42
ผิวหลังทาผลิตภัณฑ์	69.25±0.07	5.05±0.19	7.89±0.18

จากนั้นนำบลัชออนแบบผงสูตร F8 ซึ่งมีสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์ที่ 20% มาประเมินการใช้งานเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บลัชออนในท้องตลาด (rom&nd Better Than Cheek Blush N02 VINE NUDE, Korea) พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองสามารถติดปรังและผิวได้ดี ไม่พบ color streaking สีมมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสของสูตร F8 สากผิวเล็กน้อยเนื่องจากไฮบริดพิกเมนต์ที่ใช้ในสูตรมีเนื้อสัมผัสที่ไม่ละเอียด เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีเฉดสีที่เข้มใกล้เคียงกัน แต่เมื่อทาลงบนผิว สูตร F8 ให้เฉดสีที่อ่อนกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งเกิดจากความเข้มและปริมาณของสีที่น้อยกว่า รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ท้องตลาดใช้สีที่ได้จากการสังเคราะห์ทำให้ได้สีเข้มสวย ชัดเจนกว่าสีจากธรรมชาติ ดังนั้นสารสกัดใบชาเลือดมังกรในรูปของไฮบริดพิกเมนต์ สามารถนำมาประยุกต์เป็นสีเติมแต่งในผลิตภัณฑ์บลัชออนได้ แต่อาจต้องเพิ่มปริมาณที่ใช้ให้ได้สีที่เข้มสวยมากยิ่งขึ้น และในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบเฉพาะผลิตภัณฑ์บลัชออนในแบบรูปของผง ควรมีการศึกษาสูตรตำรับประเภทอื่น ๆ ที่มีสารองค์ประกอบที่หลากหลายเพิ่มเติม เพื่อศึกษาผลของสารอื่น ๆ ในองค์ประกอบสูตรต่อความคงตัวของไฮบริดแอนโรโซยานินพิกเมนต์

ตารางที่ 4.7 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่องค์ตลาดเทียบกับสูตร F8

Parameters	ลักษณะทางกายภาพของ ผลิตภัณฑ์ที่องค์ตลาด	ลักษณะทางกายภาพของสูตร F8
ลักษณะผลิตภัณฑ์		
ลักษณะที่ได้หลังใช้งาน		
การติดแปรงและลงสู่ผิว		
Color streaking		

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

การสกัดแอนโธไซยานินจากใบชาเลือดมังกรด้วยตัวน้ำกลั่นปราศจากไอออน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ได้สารสกัดเป็นสีม่วงอมแดง มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 และมีปริมาณแอนโธไซยานินรวม คือ 0.228 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของพืชแห้ง จากนั้นปรับ pH เพื่อเลือกสีที่เหมาะสมจะนำไปทำไฮบริดกับเซปไฟโอไลต์ พบว่า ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 มีสีแดงอมม่วงจึงเลือกนำไปทำไฮบริดพิกเมนต์กับเซปไฟโอไลต์ เมื่อนำมาทำไฮบริดกับเซปไฟโอไลต์พบว่า อัตราส่วนของเซปไฟโอไลต์ต่อสารสกัดใบชาเลือดมังกร 1:75 (w/w) ให้สีเข้มที่สุดในการนำมาใช้ลงในสูตรเครื่องสำอาง โดยมีประสิทธิภาพการกักเก็บ (%EE) เท่ากับ 52.69 ± 4.29 จากการศึกษาความคงตัวต่ออุณหภูมิต่าง ๆ และแสงของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและสารสกัดที่ถูกไฮบริดกับเซปไฟโอไลต์ โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีทุก ๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์แรกสารสกัดใบชาเลือดมังกรเปลี่ยนจากสีม่วงอมแดงเป็นสีน้ำตาล รวมไปถึงปริมาณแอนโธไซยานินที่ลดลง ในขณะที่สารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ไฮบริดกับเซปไฟโอไลต์มีการเปลี่ยนแปลงสีอ่อนลงเพียงเล็กน้อยในสภาวะที่มีแสง เฉพาะเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) สูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 12.46 จากการนำสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ไฮบริดกับเซปไฟโอไลต์ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผง พบว่าปริมาณสารสกัดใบชาเลือดมังกรที่ไฮบริดกับเซปไฟโอไลต์ที่เหมาะสมใช้ในสูตร คือ 20% (F8) (w/w) และเมื่อนำบลัชออนแบบผงสูตร F8 มาประเมินคุณภาพเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บลัชออนในท้องตลาดพบว่า สูตร F8 สามารถติดแป้งและผิวได้ดี ไม่พบ color streaking สีมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสไม่ลื่นและนุ่มเท่าผลิตภัณฑ์บลัชออนในท้องตลาด และเมื่อทาลงบนผิว สูตร F8 ให้เฉดสีที่อ่อนกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเตรียมสารสกัดใบชาเลือดมังกรให้อยู่ในรูปของไฮบริดพิกเมนต์สามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสกัดได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในขั้นตอนหลังจากอบไฮบริดแอนโรไซยานินฟิกเมนต์แล้ว ควรมีการล้างซ้ำอีก 1 ครั้ง ในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการกักเก็บ (%EE) ถูกต้องแม่นยำ

5.2.2 การทดสอบความคงตัวควรเตรียมสารที่ต้องการทดสอบให้อยู่ในสถานะเดียวกัน





รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

- อรุษา เขาวนลิขิต. (2554). การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 6, 26-36.
- Adrianta, K. A., Satriyasa, B. K., Wihandani, D. M., & Jawi, I.M. (2021). The Antioxidant Capacity of *Peristrophe Bivalvis* (L.) Merr. as Natural-Based Nephroprotection. *Traditional Medicine Journal*, 26(1), 35-41.
- Andersen, O. M., & Markham, K. R. (2005). *Flavonoids: Chemistry, biochemistry and applications*. CRC press.
- He, B., Zhang, L. L., Yue, X. Y., Liang, J., Jiang, J., Gao, X. L., . . . Yue, P. X. (2016). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium ashei*) wine pomace. *Food Chemistry*, 204, 70-76.
- Kara, M., Yuzer, H., Sabah, E., & Celik, M. S. (2003). Adsorption of cobalt from aqueous solutions onto sepiolite. *Water Research*, 37, 224-232.
- Lao, F., & Giusti, M. (2018). Extraction of purple corn (*Zea mays* L.) cob pigments and phenolic compounds using food-friendly solvents. *Journal of Cereal Science*, 80, 87-93.
- Li, S., Mu, B., Wang, S., Kang, Y., & Wang, A. (2019). A Comparative Study on Color Stability of Anthocyanin Hybrid Pigments Derived from 1D and 2D Clay Minerals. *Minerals*, 12, 3287.
- Li, S., Mu, B., Wang, X., & Wang, A. (2021). Recent researches on natural pigments stabilized by clay minerals: A review. *Dyes and Pigments*, 190, 109322.

- Li, S. E., Mu, B., Ding, J. J., Zhang, H., Wang, X. W., & Wang, A. Q. (2021). Fabrication of Anthocyanin/Montmorillonite Hybrid Pigments to Enhance Their Environmental Stability and Application in Allochroic Composite Films. *Clays and Clay Minerals*, 69, 142-151.
- López-Galindo, A., Viseras, C., & Cerezo, P. (2007). Compositional, technical and safety specifications of clays to be used as pharmaceutical and cosmetic products. *Applied Clay Science*, 36, 51-63.
- López-Galindo, A., Viseras, C., Aguzzi, C., & Cerezo, P. (2011). Chapter 13 - Pharmaceutical and Cosmetic Uses of Fibrous Clays. *Developments in Clay Science*, 3, 299-324.
- Mazza, G. (2007). Anthocyanins and heart health. *Annali-Istituto Superiore Di Sanita*, 43(4), 369.
- Mazza, G., & Brouillard, R. (1987). Color Stability and Structural Transformations of Cyanidin 3,5-Diglucoside and Four 3-Deoxyanthocyanins in Aqueous Solutions. *Food Chem*, 35, 422-426.
- Oguzie, C. K., Obidiegwu, M. U., Obasi, H. C., Nnorom, O. O., & Onuegbu, G. C. (2024). Adsorption of Dye-extract from *Peristrophe roxburghiana* onto Cotton: Mechanism, and Kinetic Evaluations. *International Journal of Advanced Science and Engineering*, 10, 3556-3565.
- Phaopongthai, J., Noiphrom, J., Phaopongthai, S., Pakmanee, N., & Sichaem, J. (2016). Biological activities of *Peristrophe bivalvis* extracts: promising potential for anti-snake venoms against *Naja kaouthia* and *Trimeresurus albolabris* venoms. *Natural Product Research*, 30, 697-699.
- Quan, N. V., Khang, D. T., Dep, L. T., Minh, T. N., Nobukazu, N., & Xuan, T. D. (2016). The Potential Use of a Food-Dyeing Plant *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr. in Northern Vietnam. *International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine*, 4, 14-26.

- Singh, M. C., Probst, Y., Price, W. E., & Kelso, C. (2022). Relative comparisons of extraction methods and solvent composition for Australian blueberry anthocyanins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104232.
- Staroszczyk, H., & Sikorski, Z. E. (Eds.). (2023). *Chemical and functional properties of food components*. CRC Press.
- Sui, X., Dong, X., & Zhou, W. (2014). Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food Chemistry*, 163, 163-170.
- Szadkowski, B., Maniukiewicz, W., Rybiński, P., Beyou, E., & Marzec, A. (2022). Bio-friendly stable organic-inorganic hybrid pigments based on carminic acid and porous minerals: Acid/base allochroic behavior and UV-stabilizing effects on ethylene-norbornene copolymer matrix. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10, 108268.
- Tanavade, S. S., Naikwade, N. S., & Chougule, D. D. (2012). Antimicrobial activity of ethanolic extracts of leaves and stems of *Peristrophe bivalvis merrill*. *International Journal of Biomedical Research*, 3(2), 106-108.
- Thuy, N. M., Han, D. H. N., Minh, V. Q., & Tai, N. V. (2022). Effect of extraction methods and temperature preservation on total anthocyanins compounds of *Peristrophe bivalvis* L. Merr leaf. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(02), 146-153.
- Tian, G., Han, G., Wang, F., & Liang, J. (2019). 3 - Sepiolite nanomaterials: Structure, properties and functional applications. *Nanomaterials from Clay Minerals*, 135-201.
- Tsai, P., & Huang, H. (2004). Effect of polymerization on the antioxidant capacity of anthocyanins in Roselle. *Food Research International*, 37, 313-318.

Wrolstad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 423-428.





ภาคผนวก ก

ปริมาณแอนโรไซยานินรวมของสารสกัดใบชาเลือดมังกร

ตารางที่ ก1 ปริมาณแอนโรไซยานินรวมของสารสกัดใบชาเลือดมังกรเมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

สัปดาห์	ปริมาณแอนโรไซยานิน (mg/l)			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	4.28±0.04	4.28±0.04	4.28±0.04	4.28±0.04
1	ND	ND	1.67±0.72	ND
2	ND	ND	0.56±0.48	ND
3	ND	ND	0.42±0.59	ND
4	ND	ND	0.42±0.83	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากมีค่าน้อยมาก

ภาคผนวก ข

ค่าการวัดสีของสารสกัดใบชาเลือดมังกรและไฮบริดพิกเมนต์

ตารางที่ ข1 ค่า L^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกร เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

ลำดับ	ค่า L^*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	84.28	84.28	84.28	84.28
1	85.55	86.61	85.59	86.88
2	85.68	86.61	86.66	86.50
3	85.78	86.64	86.61	85.97
4	86.72	86.78	86.61	85.58

ตารางที่ ข2 ค่า a^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกร เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

ลำดับ	ค่า a^*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	10.57	10.57	10.57	10.57
1	1.15	1.54	4.64	1.10
2	1.16	1.64	3.20	0.79
3	1.22	2.41	2.98	0.68
4	1.37	2.55	3.02	-0.52

ตารางที่ ข3 ค่า b^* ของสารสกัดใบชาเลือดมังกร เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

ลำดับ	ค่า b^*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	-7.42	-7.42	-7.42	-7.42
1	6.56	5.52	1.67	6.62
2	6.62	5.61	4.41	7.73
3	10.04	8.63	5.52	13.30
4	10.15	10.02	5.72	14.71

ตารางที่ ข4 ค่า ΔE ของสารสกัดใบชาเลือดมังกร เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

ลำดับ	ค่า ΔE			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	-	-	-	-
1	16.91	15.95	10.93	17.13
2	16.96	15.97	14.14	18.17
3	19.86	18.16	15.18	23.02
4	19.98	19.36	15.33	24.79

ตารางที่ ข5 ค่า L^* ของไฮบริดฟักเมนส์ เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

ลำดับ	ค่า L^*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	35.71	35.71	35.71	35.71
1	36.55	36.48	35.93	38.67

ตารางที่ ข5 (ต่อ)

สัปดาห์	ค่า L*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
2	36.85	36.48	35.60	34.97
3	34.05	36.43	36.09	36.34
4	36.82	36.18	36.03	39.51

ตารางที่ ข6 ค่า a* ของไฮบริดพิกเมนต์ เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

สัปดาห์	ค่า a*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	16.49	16.49	16.49	16.49
1	17.98	17.62	16.95	18.60
2	15.81	17.62	17.03	24.69
3	18.21	17.64	17.00	24.69
4	18.85	18.04	17.46	26.70

ตารางที่ ข7 ค่า b* ของไฮบริดพิกเมนต์ เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

สัปดาห์	ค่า b*			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	-8.60	-8.60	-8.60	-8.60
1	-8.64	-8.03	-9.22	-1.50
2	-6.85	-8.03	-9.49	-5.12
3	-9.23	-9.36	-9.55	-2.39
4	-9.11	-7.84	-9.35	-2.56

ตารางที่ ข8 ค่า ΔE ของไฮบริดพิกเมนต์ เมื่อผ่านการทดสอบความคงตัว

สัปดาห์	ค่า ΔE			
	อุณหภูมิ 25°C		อุณหภูมิ 4°C	อุณหภูมิ 45°C
	สว่าง	มืด	มืด	มืด
0	-	-	-	-
1	1.71	1.48	0.80	7.98
2	2.20	1.48	1.05	8.94
3	2.47	1.56	1.14	10.31
4	2.66	1.79	1.27	12.46

ภาคผนวก ค

ค่าการวัดสีของผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผง

ตารางที่ ค1 ค่า L^* ผลิตภัณฑ์บลัชออนแบบผงสูตร F1-F8

สูตร	Color Parameters		
	L^*	a^*	b^*
F1 (2% w/w)	90.79	4.12	1.36
F2 (4% w/w)	87.62	6.32	1.64
F3 (6% w/w)	85.54	7.63	1.84
F4 (8% w/w)	83.85	8.62	1.93
F5 (10% w/w)	82.51	9.43	2.12
F6 (12% w/w)	80.92	9.95	2.14
F7 (16% w/w)	79.71	10.69	2.07
F8 (20% w/w)	78.43	11.14	1.98



ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

วลีพร สอนสง

ประวัติการศึกษา

2559

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

วิทยาศาสตร์เคมี มหาวิทยาลัยมหิดล

ประวัติการทำงาน

2566-ปัจจุบัน

นักเคมี

บริษัท อินเทอร์เน็ตในชนแดน แลบบอราทอรีส์ จำกัด

2560-2566

เจ้าหน้าที่แล็บ

บริษัท ราชาเซรามิค จำกัด

