วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 25 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2563
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 25 (No.2) May – August 2020
บทความวิจัย

# ผลของสายพันธุ์และวิธีการเตรียมใบมะม่วงที่มีต่อผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วงที่เตรียมด้วยวิธีการดูดซับ

# Effect of Species and Preparation of Mango Leaves on Lake Pigments from Mango Leaves Prepared by Adsorption Method

ชณิภรณ์ วดีศิริศักดิ์, สุพรรณี ฉายะบุตร และ จิตนภา ศิริรักษ์*

Chaniporn Vadeesirisak, Supanee Chayabutra and Jitnapa Sirirak*

*ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*

*Department of Chemistry, Faculty of Science, Silpakorn University*

Received : 22 May 2019

Revised : 6 October 2019

Accepted : 23 November 2019

## บทคัดย่อ

ใบมะม่วงมีรงควัตถุที่ชื่อว่า “แมงจิเฟอริน (Mangiferin)” ซึ่งสามารถให้สีเหลือง จึงมีการนำใบมะม่วงมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมน้ำย้อม และผงสีธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้ในการย้อมสีหรือสร้างลวดลายบนสิ่งทอ ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาการเตรียมผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วงด้วยวิธีการดูดซับและใช้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวดูดซับ โดยทำการศึกษาผลของสายพันธุ์มะม่วงและการเตรียมใบมะม่วงที่ต่อผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วงที่เตรียมได้ โดยใบมะม่วงจำนวน 3 สายพันธุ์ที่นำมาศึกษา คือ ฟ้าลั่น เขียวเสวย และน้ำดอกไม้ นอกจากนี้ยังศึกษาการเตรียมใบมะม่วง 3 ประเภท คือ ใบมะม่วงสด ใบมะม่วงแห้ง ใบมะม่วงที่แช่ตู้เย็นเป็นเวลา 4 เดือน จากผลการทดลอง พบว่า ผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงสด ทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีสีเหลืองโดยผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้จะมีสีเหลืองที่เข้มกว่าผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงสายพันธุ์อื่น สำหรับผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงแห้งและใบมะม่วงแช่เย็นนั้นจะมีสีเหลืองอมน้ำตาล และจะให้สีที่อ่อนกว่าผงสีที่เตรียมด้วยใบมะม่วงสด นอกจากนี้ จากการศึกษาปริมาณตัวดูดซับและระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ พบว่า เมื่อปริมาณผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการดูดซับเพิ่มขึ้นจะทำให้ผงสีที่ได้จะมีสีอ่อนลง โดยผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จำนวน 4 กรัม สามารถดูดซับสีในน้ำย้อมจากใบมะม่วง ปริมาตร 100 ml ได้หมด และระยะเวลาในการดูดซับที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมงทั้งนี้ กรรมวิธีการเตรียมผงสีที่ศึกษานี้เป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์ทั้งยังสร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร

**คำสำคัญ** : ใบมะม่วง, ผงสีธรรมชาติ, การดูดซับ

*Corresponding author. E-mail : jitnapasirirak@gmail.com, sirirak_j@su.ac.th

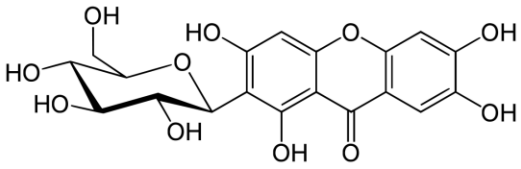
## Abstract

Mango leaves containing pigment named “Mangiferin” is one of natural dye yielding yellow color. Mango leaves are used in the preparation of dye and lake pigment for dyeing textiles. In this work, lake pigments were successfully prepared from fresh, dried and four months refrigerator-stored (5ºC) mango leaves using adsorption method and aluminium hydroxide as an adsorbent. The effects of mango leaves species: Kaewsavey, Numdokmai and Fahlun on the color of lake pigments were also investigated. The results showed that, for fresh mango leaves, yellow lake pigments were obtained and Numdokmai mango leaves yielded deeper yellow lake pigment than Kaewsavey and Fahlun mango leaves. Moreover, yellow-brown lake pigments obtained from dried and four months refrigerator-stored (5ºC) mango leaves were paler than those of fresh mango leaves. Additionally, the effect of amount of absorbents and adsorption time were explored. It was found that the deeper color of lake pigments were obtained when smaller amount of adsorbents was used. Moreover, only 4 grams of the absorbents were required for the adsorption of yellow pigment in 100 ml mango leaf dye using adsorption time of two hours. In addition, our method is environmentally friendly and our studies could increase the value of mango leaves and benefit the community in term of optional income.

**Keywords** : mango leaves, lake pigments, adsorption

## บทนำ

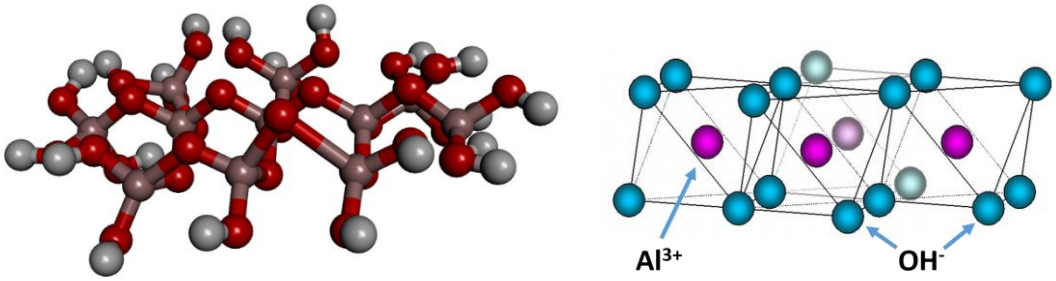
มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สามารถเติบโตได้ทุกที่ และพบเห็นทั่วไปในท้องถิ่น มะม่วงมีหลายหลากสายพันธุ์ เช่น เขียวเสวย น้ำดอกไม้ ฟ้าลั่น อกร่องทอง เป็นต้น ผลมะม่วงสามารถนำมารับประทานได้ทั้งตอนสุกและดิบ เนื้อไม้มะม่วงนิยมถูกนำมาใช้ทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ จากการศึกษาพบว่า ในเปลือกมะม่วงมีสารแคโรทีนอยด์ถึง 25 ชนิด (Haque *et al*., 2015) โดยเฉพาะ บีตา-แคโรทีน (Beta carotene) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองส้ม สำหรับเปลือก (Bicanic *et al*., 2010) และใบมะม่วงนั้น จะมีสารสีเหลืองที่ชื่อว่า แมงจิเฟอริน (Mangiferin) (ภาพที่ 1) อยู่ในกลุ่มแซนโทน (Xanthones) ซึ่งสามารถให้สีเมื่อย้อมกับเส้นใย หรือสิ่งทอได้ (Jutiviboonsuk and Sardsaengjun, 2010; Bhuvaneswari, 2013)




***ภาพที่ 1*** สารสีเหลือง ชื่อ Mangiferin (ขวา)

***ภาพที่ 2*** ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย้อมสีด้วยน้ำย้อมจากใบมะม่วง

โดยทั่วไป น้ำย้อมใบมะม่วง สามารถเตรียมได้จากการนำใบมะม่วงสดมาต้ม แล้วกรองแยกกากใบมะม่วงออก หลังจากนั้นก็นำสิ่งที่ต้องการย้อมสีลงไปต้มในน้ำย้อมที่เตรียมได้ โดยเส้นใยหรือสิ่งทอที่ถูกย้อมสีแล้วนั้นจะมีสีเขียวอมเหลือง ดังแสดงในภาพที่ 2 สำหรับการสร้างลวดลายลงบนสิ่งทอด้วยน้ำย้อมนั้น สามารถทำได้โดยวิธีการมัดย้อม ทำให้สร้างลวดลายลงบนชิ้นงานได้ไม่หลากหลาย จึงได้มีการเปลี่ยนน้ำย้อมจากวัสดุธรรมชาติมาอยู่ในรูปของผงสีธรรมชาติ ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีการตกตะกอนร่วม หรือวิธีการดูดซับโดยใช้ตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวดูดซับ โดยอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 3 มีลักษณะเป็นผงสีขาวที่มีความละเอียดสูง เป็นที่รู้จักกันในชื่อ กิบบ์ไซต์ (Gibbsite) และเป็นฟอร์มที่เสถียรที่สุดของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะปกติ (Karamalidis and Dzombak, 2010) มีการนำอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มาใช้เป็นส่วนผสมในยาลดกรดในกระเพาะอาหาร (Papich *et al*., 2007) และครีมกันแดด อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังมีการนำอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มาใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมสังเคราะห์ในงานวิจัยอื่น ๆ อีกด้วย (Kacha *et al*., 2003; Li *et al*., 2009; Songur *et al*., 2011; Uçar *et al*., 2011)




***ภาพที่ 3*** โครงสร้างของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาวิธีการเตรียมผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วงด้วยวิธีการดูดซับ โดยได้ศึกษาปริมาณสารดูดซับและระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ อีกทั้งยังได้ศึกษาและเปรียบเทียบผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมจากใบมะม่วงจำนวน 3 สายพันธุ์ คือ ฟ้าลั่น เขียวเสวย และน้ำดอกไม้ และศึกษาการเตรียมใบมะม่วงเป็น 3 แบบ คือ ใบมะม่วงสด ใบมะม่วงแห้ง ใบมะม่วงที่แช่ตู้เย็นเป็นเวลา 4 เดือน (หรือ 120 วัน) เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายในการเตรียมใบมะม่วง

และเป็นการสร้างวัตถุดิบทางเลือกใหม่ในการเตรียมผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วง ทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและยังเพิ่มโอกาสการสร้างรายได้เสริมในแก่เกษตรกร

**วิธีดำเนินการวิจัย**

*1. การเตรียมใบมะม่วง*

*1.1. การเตรียมใบมะม่วงสด*

นำใบมะม่วงที่เก็บมาจากต้นไม่เกินสามวัน มาล้างให้สะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้น นำใบมะม่วงมาเอาก้านใบออก และตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 3 ตารางเซนติเมตร

*1.2 การเตรียมใบมะม่วงแช่เย็นเป็นเวลา 4 เดือน*

นำใบมะม่วงที่เก็บมาจากต้นไม่เกินสามวัน มาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นที่ อุณหภูมิ 4-5 ºC เป็นเวลา 4 เดือน (หรือ 120 วัน) หลังจากนั้น นำใบมะม่วงมาเอาก้านใบออก และตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 3 ตารางเซนติเมตร

*1.3. การเตรียมใบมะม่วงแห้ง*

นำใบมะม่วงที่เก็บมาจากต้นไม่เกินสามวัน มาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วให้นำไปตากแดด จนใบมะม่วงมีลักษณะแห้ง หลังจากนั้นให้นำก้านใบมะม่วงแห้งออก และตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 3 ตารางเซนติเมตร โดยน้ำหนักของใบมะม่วงแห้งจะน้อยกว่าน้ำหนักของใบมะม่วงสด 4 เท่า

*2 การเตรียมผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วง*

นำใบมะม่วงที่เตรียมในขั้นตอนที่ 1 มาใส่ในน้ำ ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก คือ 1 : 5 (สำหรับใบมะม่วงสดและใบมะม่วงแช่เย็น) และ 0.25 : 5 (สำหรับใบมะม่วงแห้ง) แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 ºC เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้น กรองใบมะม่วงออกด้วยผ้าขาวบาง และทำการกรองซ้ำด้วยการกรองแบบลดความดัน ผ่านกระดาษกรองขนาด 11 ไมครอน จะได้น้ำย้อมจากใบมะม่วง โดยกำหนดให้น้ำย้อมจากใบมะม่วงที่เตรียมได้นี้เป็นสารละลายสต๊อก (stock solution) สำหรับเตรียมน้ำย้อมจากใบมะม่วงที่ความเข้มข้นอื่น ๆ จะทำโดยวิธีการเจือจางด้วยน้ำกลั่น และจะมีการหากราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำย้อมจากใบมะม่วงและความเข้มข้นของน้ำย้อมจากใบมะม่วงที่เตรียมใหม่ทุกครั้ง โดยจะใช้เครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer, Agilent, HP-8453, USA) ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมจากใบมะม่วง

หลังจากนั้นให้นำน้ำย้อมจากใบมะม่วงที่เตรียมไว้ มาเติมผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และปั่นกวนตามเวลาที่กำหนด แล้วกรองผงสีด้วยการกรองแบบลดความดัน นำผงสีที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 75 ºC เป็นเวลา 15 ชั่วโมง และบดผงสีที่ได้จากมะม่วงให้ละเอียด โดยผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นผงละเอียดสีขาว มีความบริสุทธิเป็นเกรดสำหรับวิเคราะห์ (analytical grade) สั่งซื้อจากบริษัท Sigma Aldrich ในการศึกษาการเตรียมผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วงด้วยวิธีการดูดซับนั้น ได้มีการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำการดูดซับ ดังนี้

1.ศึกษาปริมาณของผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมจากใบมะม่วง โดยการนำผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1 - 5 %w/v มาปั่นกวนกับน้ำย้อมจากใบมะม่วงที่เตรียมได้ ความเข้มข้นเท่ากับ 100 %

ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วกรองแบบลดความดันผ่านกระดาษกรองขนาด 11 ไมครอน จากนั้นนำน้ำย้อมจากใบมะม่วงส่วนใสไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เหลือหลังการดูดซับ และคำนวณร้อยละการดูดซับจากสมการได้โดยใช้สมการที่ 1 โดยที่ $C_0$ คือ ความเข้มข้นของน้ำย้อมจากใบมะม่วงเริ่มต้น (%) $C_f$ คือ ความเข้มข้นของน้ำย้อมจากใบมะม่วงหลังการดูดซับ (%)

$$\% \ Adsorption = \frac{(C_0 - C_f) \times 100}{C_0} \quad (1)$$

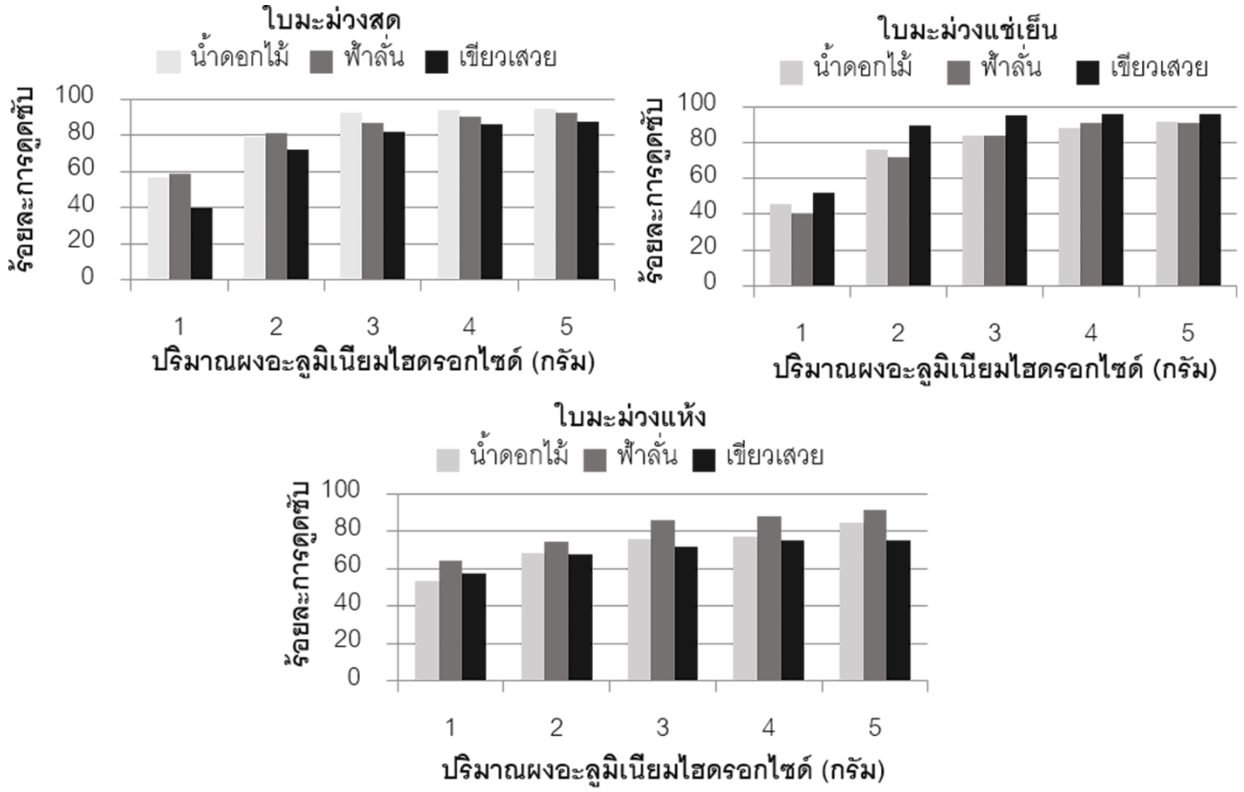
หลังจากนั้น นำผงสีที่กรองได้ไปอบที่อุณหภูมิ 75 ºC เป็นเวลา 15 ชั่วโมง และบดผงสีที่ได้ให้ละเอียด แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า CIELAB และค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องดิฟฟิวส์รีเฟลกแทนซ์ยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Diffuse reflectance UV-Vis Spectrophotometer; Agilent Cary 60 UV-Vis Spectrophotometer, USA)

2. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมจากใบมะม่วง โดยการนำผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 4 %w/v มาปั่นกวนกับน้ำย้อมจากใบมะม่วง ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 100 % ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง แล้วกรองแบบลดความดันผ่านกระดาษกรองขนาด 11 ไมครอน จากนั้นนำน้ำย้อมจากใบมะม่วงส่วนใสไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เหลือหลังการดูดซับ และคำนวณร้อยละการดูดซับจากสมการได้โดยใช้สมการ (1) จากนั้นนำผงสีที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 70 - 75 ºC เป็นเวลา 15 ชั่วโมง และบดผงสีที่ได้ให้ละเอียด แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า CIELAB และค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องดิฟฟิวส์รีเฟลกแทนซ์ยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

**ผลการวิจัย**

*ผลการศึกษาปริมาณของผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีเหมาะสมต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมจากใบมะม่วง*

จากตารางที่ 1 แสดงรูปของผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณต่าง ๆ พบว่า ผงสีที่ได้จากการเตรียมผงสีจากใบมะม่วงสด ทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีสีเหลืองและมีค่า b* (ตารางที่ 2) เป็นบวกซึ่งแสดงความเป็นสีเหลือง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.78 โดยผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้จะมีสีเหลืองที่เข้มและสว่างกว่าผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงสายพันธุ์อื่น สำหรับผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงแช่เย็น และใบมะม่วงแห้ง ทั้ง 3 สายพันธุ์นั้น จะมีสีเหลืองอมน้ำตาลและมีสีที่อ่อนกว่าผงสีที่เตรียมด้วยใบมะม่วงสด โดยค่า b* เฉลี่ยของผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงแช่เย็น และใบมะม่วงแห้งมีค่าเท่ากับ 31.75 และ 31.71 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบร้อยละการดูดซับที่ได้เมื่อใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณต่าง ๆ ที่แสดงในภาพที่ 4 พบว่า ร้อยละการดูดซับเริ่มมีค่าคงที่ เมื่อใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 4 กรัมขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จำนวน 4 %w/v สามารถดูดซับสารสีเหลืองในน้ำย้อมจากใบมะม่วง ความเข้มข้น 100 % ได้หมด นอกจากนี้ เมื่อปริมาณผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการดูดซับเพิ่มขึ้น สีของผงสีที่ได้จะมีสีอ่อนลง โดยจะเห็นได้จากการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 380 - 480 นาโนเมตร ของผงสีที่เตรียมด้วยผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5 - 7 และเห็นได้จากการที่ค่า L* ซึ่งแสดงถึงความขาวของผงสีที่แสดงในตารางที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น




***ภาพที่ 4*** ผลของปริมาณผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อร้อยละการดูดซับน้ำย้อมจากใบมะม่วง

***ตารางที่ 1*** ผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณต่าง ๆ

| พันธุ์ของใบมะม่วงสด | ปริมาณสารดูดซับ (%w/v) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| น้ำดอกไม้ | | | | | |
| ฟ้าลั่น | | | | | |
| เขียวเสวย | | | | | |
| พันธุ์ของใบมะม่วงแช่เย็น | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| น้ำดอกไม้ | | | | | |
| ฟ้าลั่น | | | | | |
| เขียวเสวย | | | | | |
| พันธุ์ของใบมะม่วงแห้ง | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| น้ำดอกไม้ | | | | | |
| ฟ้าลั่น | | | | | |
| เขียวเสวย | | | | | |

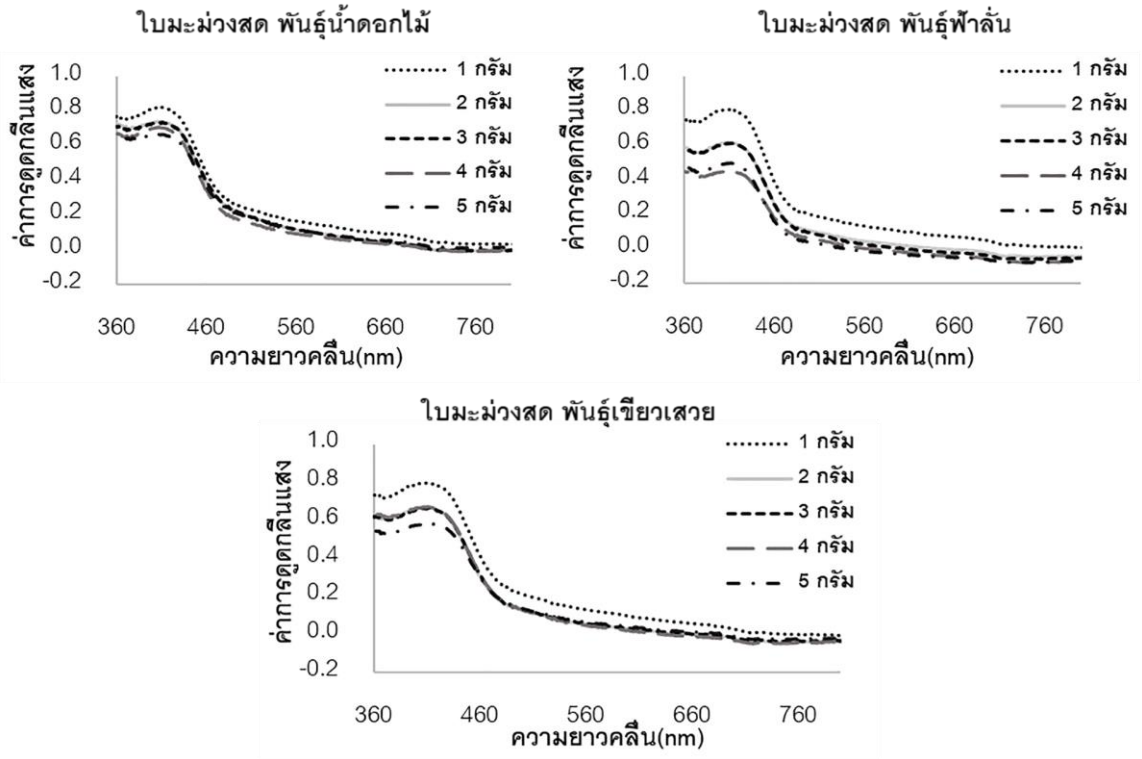
***ตารางที่ 2*** CIELAB ของผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณต่าง ๆ

| ใบมะม่วงสด | ปริมาณสารดูดซับ (กรัม) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|
| น้ำดอกไม้ | 1 | 85.47 | -4.47 | 37.20 |
| | 2 | 91.54 | -5.56 | 36.37 |
| | 3 | 89.31 | -3.85 | 37.96 |
| | 4 | 89.53 | -4.07 | 34.85 |
| | 5 | 89.47 | -3.84 | 38.04 |
| ฟ้าลั่น | 1 | 88.37 | -4.91 | 38.68 |
| | 2 | 94.42 | -6.30 | 37.02 |
| | 3 | 94.29 | -6.25 | 37.56 |
| | 4 | 93.63 | -5.54 | 34.18 |
| | 5 | 95.08 | -5.68 | 38.96 |
| เขียวเสวย | 1 | 88.37 | -6.15 | 36.32 |
| | 2 | 95.42 | -6.34 | 33.84 |
| | 3 | 97.19 | -6.34 | 36.01 |
| | 4 | 99.36 | -5.08 | 29.30 |
| | 5 | 100.57 | -6.53 | 30.42 |
| ใบมะม่วงแช่เย็น | ปริมาณสารดูดซับ (กรัม) | L* | a* | b* |
| น้ำดอกไม้ | 1 | 90.47 | -4.07 | 37.14 |
| | 2 | 94.11 | -4.61 | 36.91 |
| | 3 | 91.86 | -3.92 | 33.13 |
| | 4 | 100.70 | -5.47 | 32.58 |
| | 5 | 92.05 | -4.98 | 31.00 |
| ฟ้าลั่น | 1 | 96.91 | -4.00 | 33.33 |
| | 2 | 99.53 | -5.03 | 31.37 |
| | 3 | 104.94 | -4.66 | 27.54 |
| | 4 | 91.61 | -3.90 | 23.54 |
| | 5 | 96.05 | -4.60 | 28.31 |

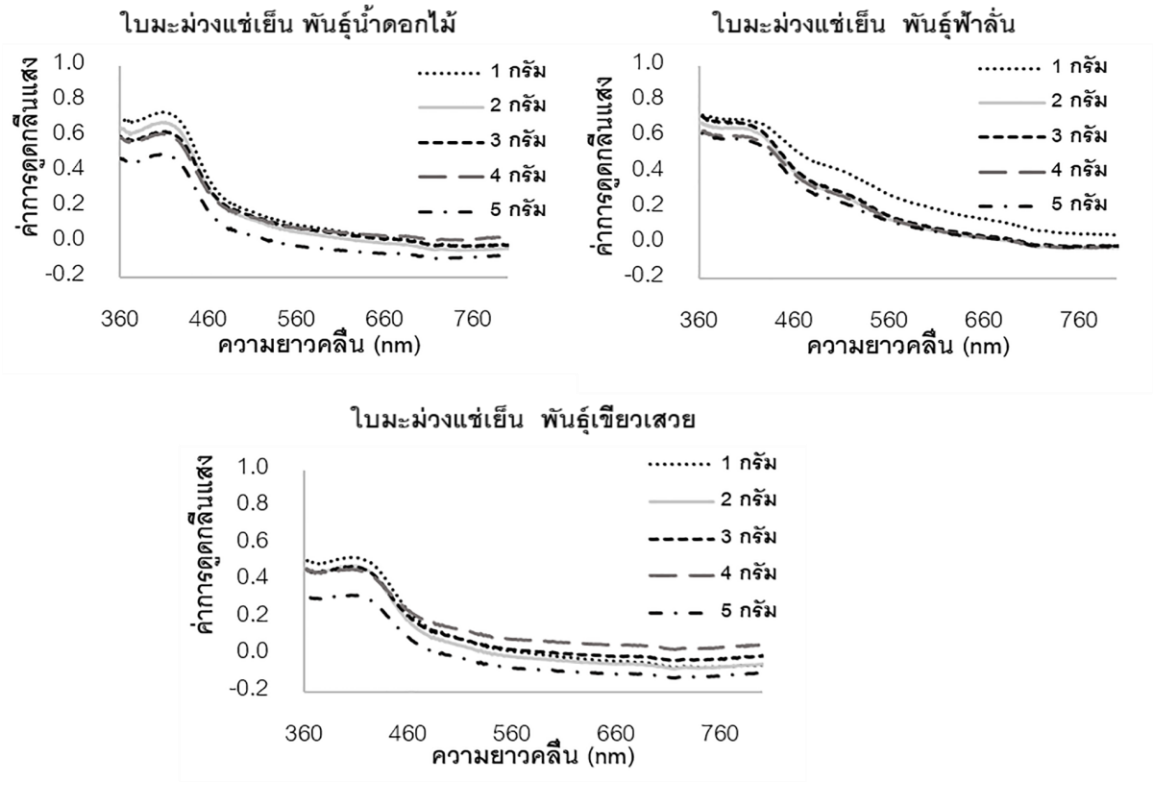
***ตารางที่ 2*** (ต่อ) CIELAB ของผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณต่าง ๆ

| ใบมะม่วงแช่เย็น | ปริมาณสารดูดซับ (กรัม) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|
| เขียวเสวย | 1 | 88.11 | 2.68 | 30.98 |
| | 2 | 76.83 | 6.74 | 29.27 |
| | 3 | 85.60 | 5.03 | 34.09 |
| | 4 | 86.87 | 4.97 | 32.47 |
| | 5 | 87.03 | 4.76 | 34.62 |
| ใบมะม่วงแห้ง | ปริมาณสารดูดซับ (กรัม) | L* | a* | b* |
| น้ำดอกไม้ | 1 | 87.95 | -1.50 | 32.38 |
| | 2 | 90.25 | -2.34 | 30.81 |
| | 3 | 98.46 | -2.81 | 30.99 |
| | 4 | 98.46 | -2.81 | 30.99 |
| | 5 | 97.38 | -2.22 | 30.49 |
| ฟ้าลั่น | 1 | 92.69 | -4.77 | 38.81 |
| | 2 | 92.04 | -4.91 | 33.91 |
| | 3 | 93.14 | -4.72 | 35.64 |
| | 4 | 96.65 | -4.87 | 28.73 |
| | 5 | 97.86 | -5.53 | 32.79 |
| เขียวเสวย | 1 | 91.97 | -5.14 | 32.98 |
| | 2 | 93.34 | -5.17 | 32.18 |
| | 3 | 93.34 | -5.58 | 32.40 |
| | 4 | 86.21 | -4.97 | 24.97 |
| | 5 | 95.37 | -5.79 | 27.58 |

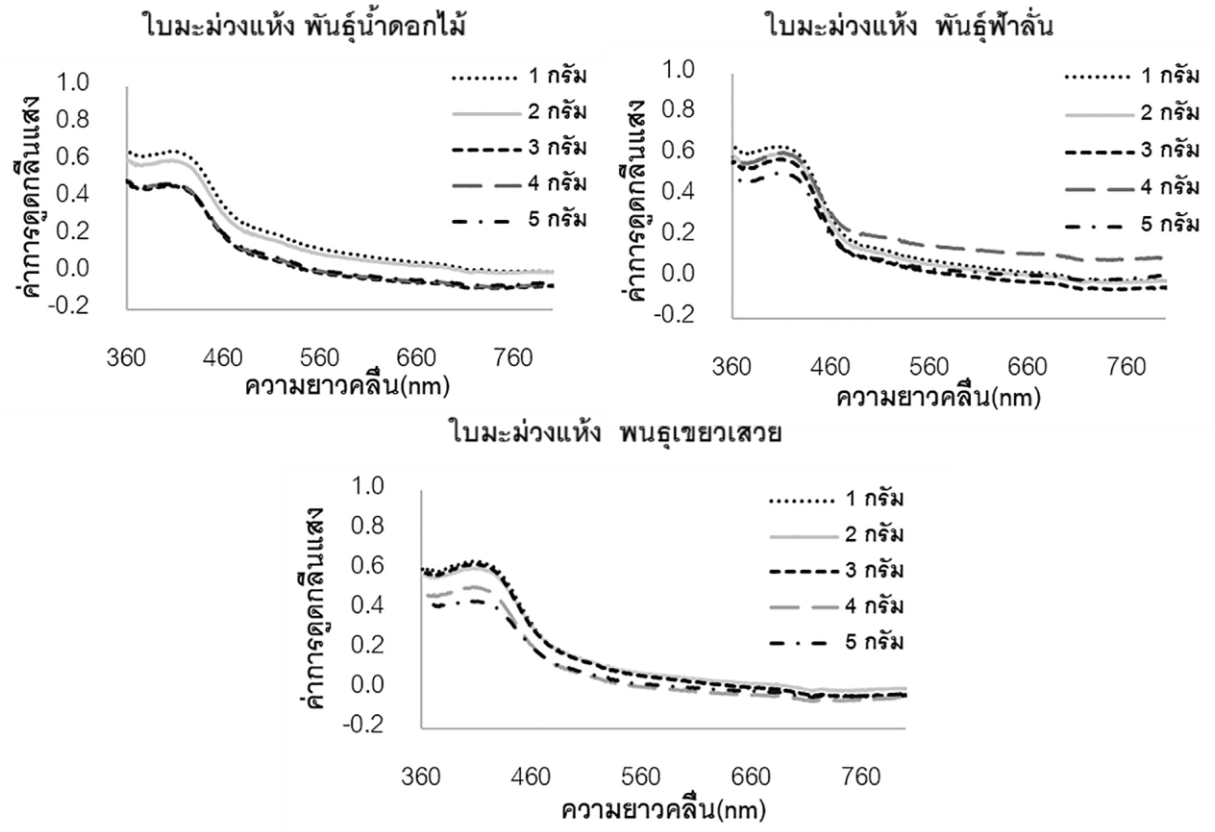
***หมายเหตุ*** L* หมายถึง ความสว่าง, a* หมายถึง แกนสีแดง (+a*) และแกนสีเขียว (-a*), b* หมายถึง แกนสีเหลือง (+b*) และแกนสีน้ำเงิน (-b*)




***ภาพที่ 5*** ค่าการดูดกลืนแสงของผงสีจากน้ำย้อมจากใบมะม่วงสดที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปริมาณต่าง ๆ



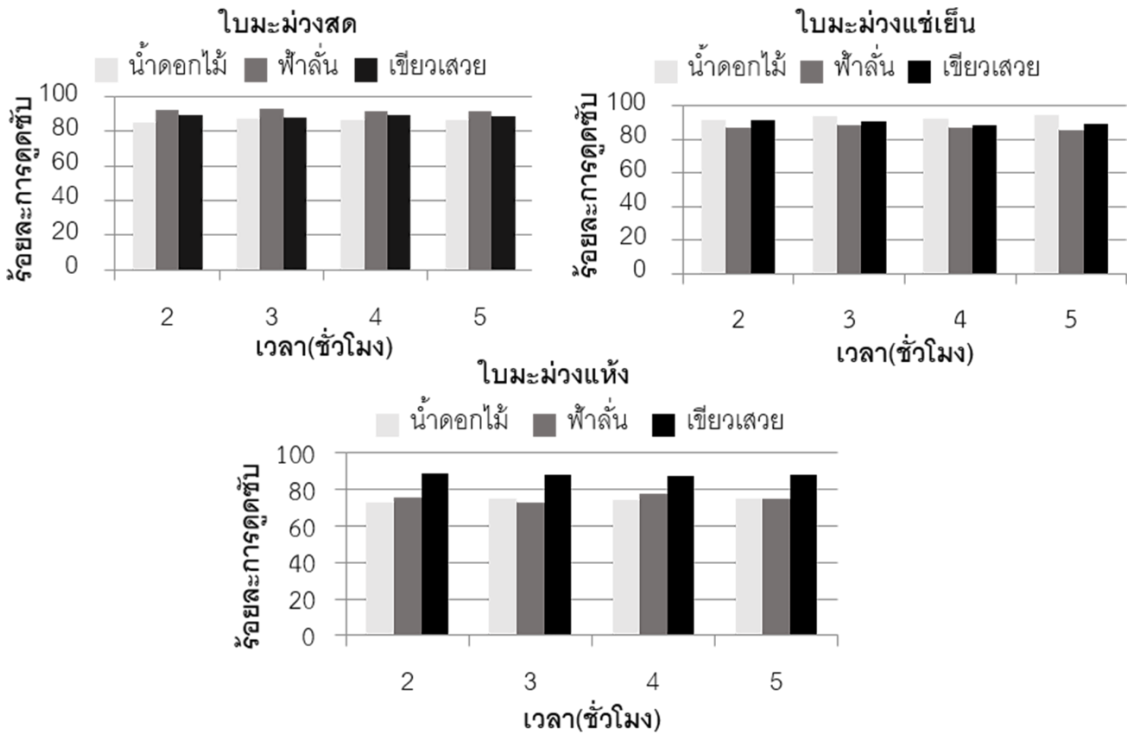

***ภาพที่ 6*** ค่าการดูดกลืนแสงของผงสีจากน้ำย้อมจากใบมะม่วงแช่เย็น ที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปริมาณต่าง ๆ



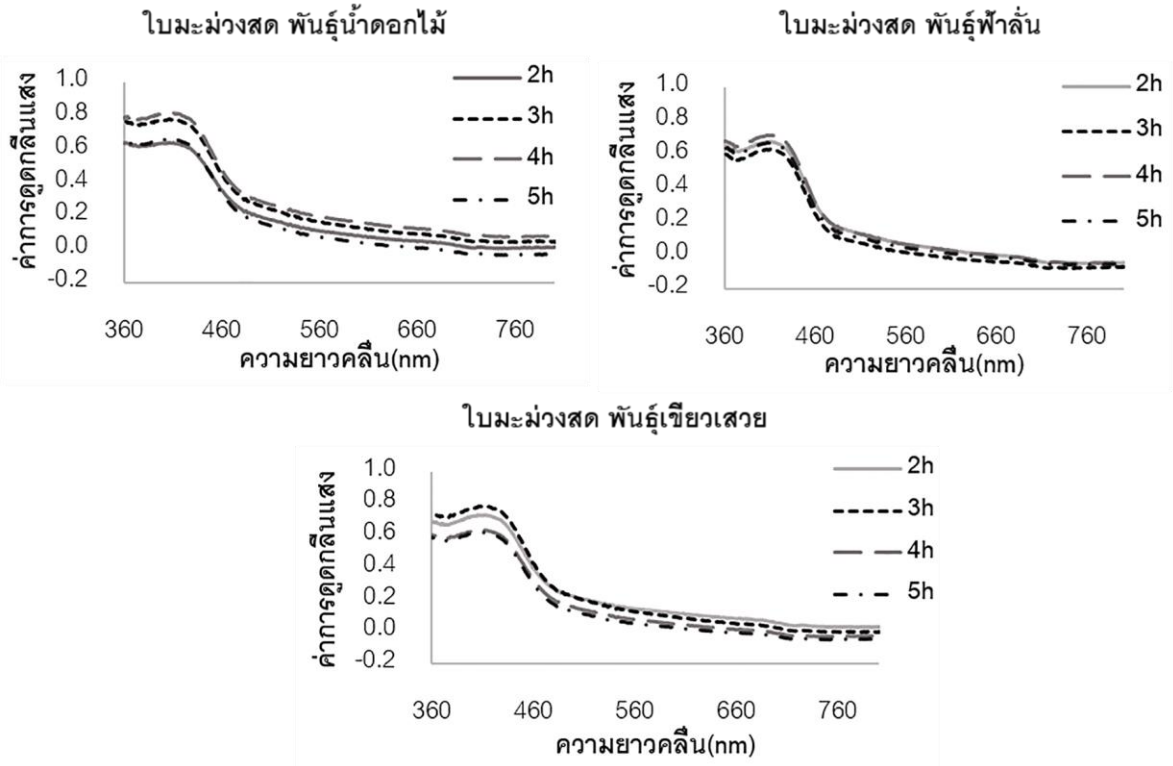

***ภาพที่ 7*** ค่าการดูดกลืนแสงของผงสีจากน้ำย้อมจากใบมะม่วงแห้ง ที่เตรียมโดยใช้ผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ปริมาณต่าง ๆ

*ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมใบมะม่วง*

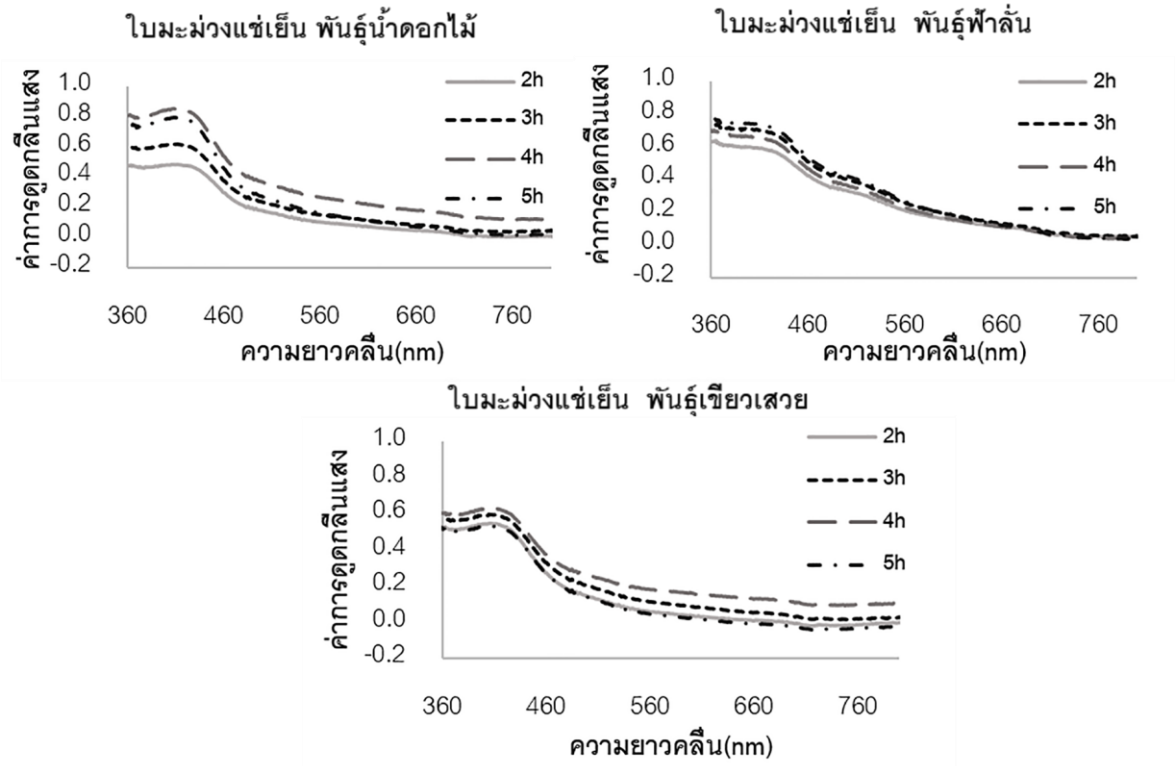
จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีจากน้ำย้อมใบมะม่วง พบว่า ร้อยละการดูดซับของผงสีที่เตรียมโดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับ 2-5 ชั่วโมงที่แสดงในภาพที่ 8 มีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ ผงสีที่เตรียมโดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับ 2-5 ชั่วโมงมีสีที่ใกล้เคียงกัน ดังจะเห็นได้จากภาพที่แสดงในตารางที่ 3 โดยค่า CIELAB และค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 380-480 นาโนเมตร ของผงสีที่เตรียมโดยการใช้ระยะเวลาในการดูดซับที่แตกต่างกันที่แสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 8-10 ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการดูดซับที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมง



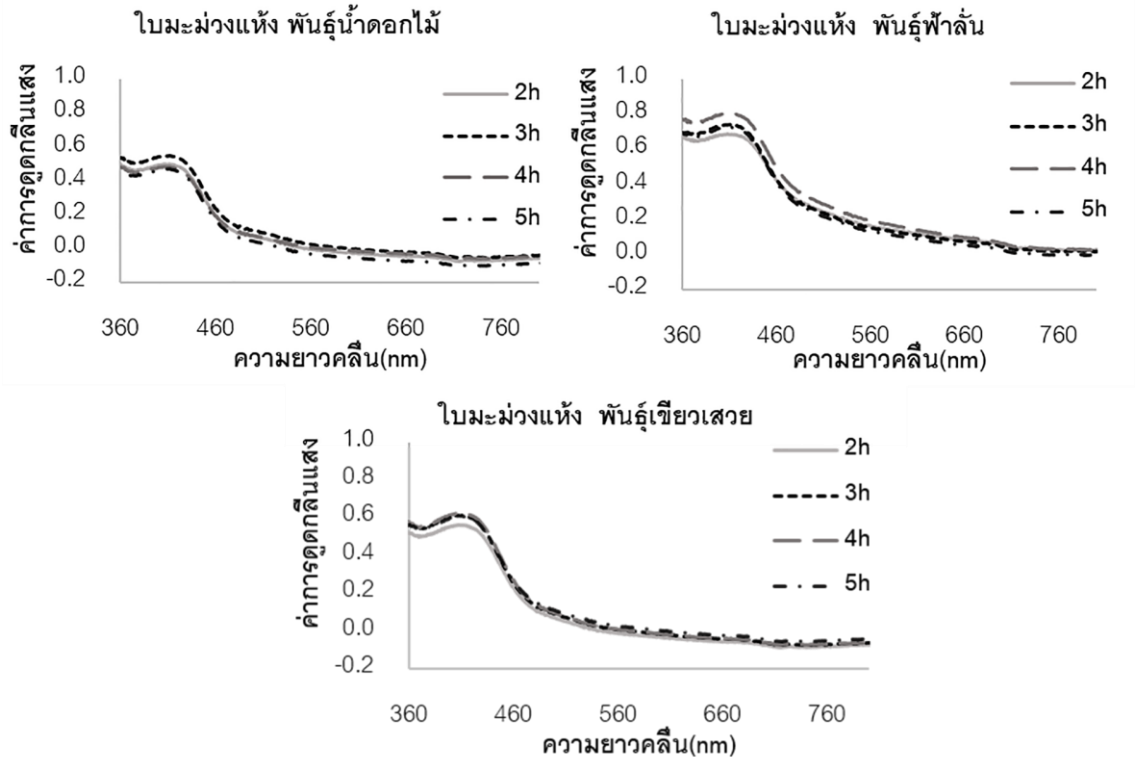

***ภาพที่ 8*** ผลของระยะเวลาในการดูดซับที่มีต่อร้อยละการดูดซับน้ำย้อมจากใบมะม่วง




***ภาพที่ 9*** ค่าการดูดกลืนแสงของผงสีที่เตรียมจากน้ำย้อมจากใบมะม่วงสด โดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับต่าง ๆ




***ภาพที่ 10*** ค่าการดูดกลืนแสงของผงสีที่เตรียมจากน้ำย้อมจากใบมะม่วงแช่เย็น โดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับต่าง ๆ




***ภาพที่ 11*** ค่าการดูดกลืนแสงของผงสีที่เตรียมจากน้ำย้อมจากใบมะม่วงแห้ง โดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับต่าง ๆ

***ตารางที่ 3*** ผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับต่าง ๆ

| | เวลา (ชั่วโมง) | | | |
|---|---|---|---|---|
| พันธุ์ของใบมะม่วงสด | 2 | 3 | 4 | 5 |
| น้ำดอกไม้ | | | | |
| ฟ้าลั่น | | | | |
| เขียวเสวย | | | | |
| พันธุ์ของใบมะม่วงแช่เย็น | 2 | 3 | 4 | 5 |
| น้ำดอกไม้ | | | | |
| ฟ้าลั่น | | | | |
| เขียวเสวย | | | | |
| พันธุ์ของใบมะม่วงแห้ง | 2 | 3 | 4 | 5 |
| น้ำดอกไม้ | | | | |
| ฟ้าลั่น | | | | |
| เขียวเสวย | | | | |

***ตารางที่ 4*** CIELAB ของผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับต่าง ๆ

| พันธุ์ของใบมะม่วงสด | เวลา (ชั่วโมง) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|
| น้ำดอกไม้ | 2 | 89.33 | -3.78 | 33.31 |
| | 3 | 84.98 | -3.47 | 36.49 |
| | 4 | 82.56 | -3.67 | 35.21 |
| | 5 | 92.48 | -4.30 | 37.16 |
| ฟ้าลั่น | 2 | 87.02 | -5.11 | 34.29 |
| | 3 | 88.13 | -4.58 | 39.18 |
| | 4 | 92.71 | -5.03 | 35.55 |
| | 5 | 94.41 | -5.45 | 35.78 |
| เขียวเสวย | 2 | 89.33 | -3.78 | 33.31 |
| | 3 | 84.98 | -3.47 | 36.49 |
| | 4 | 82.56 | -3.67 | 35.21 |
| | 5 | 92.48 | -4.30 | 37.16 |
| พันธุ์ของใบมะม่วงแช่เย็น | เวลา (ชั่วโมง) | L* | a* | b* |
| น้ำดอกไม้ | 2 | 90.00 | -2.90 | 28.87 |
| | 3 | 86.54 | -2.75 | 29.99 |
| | 4 | 77.64 | -1.95 | 32.68 |
| | 5 | 85.32 | -2.07 | 37.72 |
| ฟ้าลั่น | 2 | 93.49 | -3.87 | 31.22 |
| | 3 | 89.23 | -2.93 | 30.31 |
| | 4 | 83.56 | -3.21 | 26.18 |
| | 5 | 94.27 | -3.37 | 32.31 |
| เขียวเสวย | 2 | 90.00 | -2.90 | 28.87 |
| | 3 | 86.54 | -2.75 | 29.99 |
| | 4 | 77.64 | -1.95 | 32.68 |
| | 5 | 85.32 | -2.07 | 37.72 |

***ตารางที่ 4*** (ต่อ) CIELAB ของผงสีจากใบมะม่วงที่เตรียมโดยใช้ระยะเวลาในการดูดซับต่าง ๆ

| พันธุ์ของใบมะม่วงแห้ง | เวลา (ชั่วโมง) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|
| น้ำดอกไม้ | 2 | 98.88 | -4.75 | 31.96 |
| | 3 | 96.16 | -4.31 | 32.60 |
| | 4 | 98.06 | -4.92 | 30.01 |
| | 5 | 101.28 | -4.99 | 32.58 |
| ฟ้าลั่น | 2 | 99.69 | -6.39 | 37.34 |
| | 3 | 97.79 | -6.19 | 38.95 |
| | 4 | 98.04 | -6.16 | 38.22 |
| | 5 | 96.60 | -5.72 | 36.39 |
| เขียวเสวย | 2 | 85.24 | -2.04 | 33.40 |
| | 3 | 85.87 | -2.62 | 35.44 |
| | 4 | 87.75 | -1.24 | 36.92 |
| | 5 | 87.43 | -2.65 | 36.43 |

*หมายเหตุ* L* หมายถึง ความสว่าง, a* หมายถึง แกนสีแดง (+a*) และแกนสีเขียว (-a*), b* หมายถึง แกนสีเหลือง (+b*) และแกนสีน้ำเงิน (-b*)

**วิจารณ์ผลการวิจัย**

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่า สายพันธุ์ของใบมะม่วงที่นำมาศึกษา คือ ฟ้าลั่น เขียวเสวย และน้ำดอกไม้ มีผลต่อสีของผงสีที่เตรียมได้เพียงเล็กน้อย โดยผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้สด จะมีสีเหลืองที่เข้มที่สุด อีกทั้งยังพบว่าใบมะม่วงแช่เย็นและใบมะม่วงแห้งสามารถถูกนำมาใช้ในการเตรียมผงสีด้วยวิธีการดูดซับได้ โดยผงสีที่เตรียมได้จะมีสีเหลืองอมน้ำตาลและมีสีที่อ่อนกว่าผงสีที่เตรียมได้จากการใช้ใบมะม่วงสด ซึ่งถ้าต้องการเพิ่มความเข้มของสีของผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงแช่เย็นและใบมะม่วงแห้ง สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณใบมะม่วงให้มากขึ้น นอกจากนี้ จากการศึกษาปริมาณตัวดูดซับและระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ พบว่า สีของผงสีที่เตรียมได้จะอ่อนลงเมื่อปริมาณตัวดูดซับที่ใช้เพิ่มขึ้น โดยผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จำนวน 4 กรัม สามารถดูดซับสีในน้ำย้อมจากใบมะม่วงสด ใบมะม่วงแช่เย็นและใบมะม่วงแห้ง ทั้ง 3 สายพันธุ์ ปริมาตร 100 ml ได้หมด และระยะเวลาในการดูดซับที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมง

**สรุปผลการวิจัย**

จากการศึกษาผลของสายพันธุ์และวิธีการเตรียมใบมะม่วงที่มีต่อผงสีธรรมชาติจากใบมะม่วงที่เตรียมด้วยวิธีการดูดซับ พบว่า ผงสีจากใบมะม่วงนั้นสามารถเตรียมได้จากใบมะม่วงแห้ง และใบมะม่วงแช่เย็น โดยผงสีที่เตรียมจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้สดจะมีสีเหลืองที่เข้มที่สุด สายพันธุ์ของใบมะม่วงมีผลต่อผงสีที่เตรียมได้เพียงเล็กน้อย และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมผงสีจากใบมะม่วงด้วยวิธีการดูดซับ คือ การใช้อัตราส่วนระหว่างผงอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และน้ำย้อมจาก

ใบมะม่วงเท่ากับ 4 %w/v และเวลาในการดูดซับเท่ากับ 2 ชั่วโมง ซึ่งกรรมวิธีการผลิตผงสีนี้ ถือว่าเป็นกรรมวิธีที่ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและสิ่งแวดล้อม และเป็นการนำของเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับอาจารย์หลังสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกจากกองทุนวิจัยและสร้างสรรค์คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 (SRF-PRG-2558-03)

## เอกสารอ้างอิง

Bicanic D., Dimitrovski D., Luterotti S., Twisk Charlotte., Gerardus Buijnsters J., Dóka O. (2010). Estimating rapidly and precisely the concentration of beta carotene in mango homogenates by measuring the amplitude of optothermal signals, chromaticity indices and the intensities of Raman peaks. *Food Chemistry*, *121*, 832-838.

Bhuvaneswari, K. (2013). Isolation of Mangiferin from Leaves of Mangifera Indica L. Var Alphonso. Asian Journal of Pharmaceutical Clinical Research, *6*(2), 173-174.

Haque S., Begum P. , Khatun M., Nazrul Islam S. (2015). Total carotenoid content in some mango (Mangifera indica) varieties of Bangladesh. *International journal of pharmaceutical sciences and research*, *6*(11), 4875-4878.

Jutiviboonsuk A., Sardsaengjun C. (2010). Mangiferin in Leaves of Three Thai Mango (Mangifera indica L.) Varieties. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*, *6*(3), 122-129.

Kacha S., Derriche Z., Elmaleh S. (2003). Equilibrium and Kinetics of Color Removal from Dye Solutions with Bentonite and Polyaluminum Hydroxide, *Water Environment Research*, *75*(1) 15-20.

Karamalidis A. K., Dzombak D. A. (2010). *Surface Complexation Modeling: Gibbsite*. New York, John Wiley & Sons. 15–17.

Li Y., Gao B., Wu T., Wang B., Li X. (2009). Adsorption properties of aluminum magnesium mixed hydroxide for the model anionic dye Reactive Brilliant Red K-2BP. *Journal of Hazardous Materials, 164*, 1098-1104.

Papich M. G. (2007). Aluminum Hydroxide and Aluminum Carbonate. *Saunders Handbook of Veterinary Drugs* (2nd ed.). St. Louis, Mo, Saunders/Elsevier. (pp. 15–16).

Songur S., Bayraktar E., Mehmetoglu U. (2011). Removal of a Reactive Dye by Adsorption Utilizing Waste Aluminium Hydroxide Sludge as an Adsorbent, *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, *5*(11), 970-974.

Uçar B., Güvenç A., Mehmetoglu U. (2011) Use of Aluminium Hydroxide Sludge as Adsorbents for the Removal of Reactive Dyes: Equilibrium, Thermodynamic, and Kinetic Studies, *Hydrology Current Research*, 2:112. doi: 10.4172/2157-7587.1000112.