

คุณภาพการย้อมด้วยฝ้ายจากสารสกัดของกลีบดอกอัญชันที่มีสภาวะเหมาะสม โดยใช้มอร์แดนต์สังเคราะห์และมอร์แดนต์ธรรมชาติ

Quality of cotton yarn dyeing from butterfly pea petal extract with appropriate
conditions by using a synthetic mordant and a natural mordant

พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม* และกนกนุช ทวีไกรกุล

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*sangskaium@gmail.com

บทคัดย่อ

สภาวะการสกัดสี้อมจากกลีบดอกอัญชันแห้งที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรตอบสนอง คือ ใช้ปริมาณกลีบดอกอัญชันแห้ง 1.68 กรัม ที่อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 88 นาที สภาวะดังกล่าวให้ความเข้มของสี้อมสูงที่สุด (2.2709 ที่ความยาวคลื่นแสงมากที่สุด 575 นาโนเมตร) สภาวะที่เหมาะสมของการย้อมด้วยฝ้ายโดยการใช้สารสกัดกลีบดอกอัญชันแห้ง คือ การย้อมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ที่ pH 4.7 (pH ของสารละลาย) นอกจากนี้อิทธิพลของประเภทของมอร์แดนต์ (มอร์แดนต์สังเคราะห์; คอปเปอร์ซัลเฟต และมอร์แดนต์ธรรมชาติ; น้ำมะขามเปียก) และขั้นตอนของกระบวนการย้อมต่อคุณภาพของด้ายฝ้ายก็ได้ทำการศึกษาเช่นเดียวกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการย้อมด้วยฝ้ายด้วยคอปเปอร์ซัลเฟตก่อนการย้อมสีที่สกัดได้จากกลีบดอกอัญชันแห้งจะได้สีของด้ายฝ้ายเป็นโทนสีของด้ายฝ้ายเป็นสีน้ำเงินเข้มแกมเหลือง โดยค่าความเข้มของสีด้าย (K/S) เท่ากับ 5.9987 ($L^* = 41.35$ $a^* = 2.14$ $b^* = -19.02$)

คำสำคัญ: ดอกอัญชัน พื้นผิวตอบสนอง การสกัดสี้อม มอร์แดนต์

Abstract

The optimization of extraction condition of dried butterfly pea petal using surface response methodology (RSM) was studied in this research. The result showed that the optimized condition for response variables was obtained with using 1.68 gram of dried butterfly pea petal, dying at 78 °C for 88 min (Abs. of 2.2709, at λ_{max} 575 nm) The optimization of cotton yarn dyeing condition using butterfly pea petal extract was obtained at 90 °C for 60 min and pH 4.7 (of solvent) In addition, effects of mordant types (synthetic mordant; $CuSO_4$ and natural mordant; tamarind sauce) and the sequence of dyeing process on quality of cotton yarn color were also evaluated. The result showed that cotton yarn mordanted with $CuSO_4$ before dyeing with butterfly pea petal extract gave blue-yellow with the K/S value of 5.9987 ($L^* = 41.35$ $a^* = 2.14$ $b^* = -19.02$).

Keywords: butterfly pea, response surface methodology, dye extraction, mordant

1. บทนำ

โดยทั่วไปอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนใหญ่นิยมใช้สีสังเคราะห์ในการย้อมผ้า เนื่องจากสะดวกสามารถเลือกใช้สีจากสารเคมีที่ให้สีตรงตามความต้องการ ขณะที่สีย้อมธรรมชาติมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น วัตถุดิบที่จะนำมาสกัดสีจำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก จึงจะได้สีที่เข้ม หรือคุณภาพของสีที่ได้ไม่สม่ำเสมอ รวมถึงไม่สามารถทำให้สีเหมือนเดิมได้ทุกครั้ง เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่ผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)^[1] การใช้สีย้อมธรรมชาติจึงลดความสำคัญลงไป แต่จากปัญหาเศรษฐกิจภาคครัวเรือน รวมถึงนโยบายภาครัฐที่ต้องการผลักดันให้ชุมชนมีความเข้มแข็งมีจุดยืนที่เน้นเอกลักษณ์ของชุมชน รวมถึงการผลักดันให้เกิดการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม (value-based economy) (Dr. Borworn, 2017)^[2] รวมถึงการที่ชุมชนต่างๆ ที่มีอาชีพทอผ้าพื้นเมือง ได้หันกลับมาใช้วิธีการดั้งเดิมของบรรพบุรุษในการย้อมผ้าจากสารธรรมชาติ โดยอาศัยภูมิปัญญา ปัญหาหลายด้าน เช่น ผลผลิตของวัตถุดิบที่จะนำมาสกัดสีย้อม การทำให้คุณภาพของการย้อมมีมาตรฐานยังไม่ได้รับการแก้ไข

ดอกอัญชันเป็นพืชธรรมชาติที่ให้สารสี ชี้น้ำง่าย มีผลผลิตสม่ำเสมอทั้งปี และสามารถขึ้นได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย จัดเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการสกัดสารสีได้ชนิดหนึ่ง สารสกัดที่ได้เป็นสารแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โดยมีสารสำคัญคือ 2- phenyl ebenzopyrylium ซึ่งให้สารสีม่วงหรือน้ำเงิน^[3] นิยมนำสารสีดังกล่าวมาใช้เป็นสีผสมอาหารไทยหลายชนิด และยังไม่เคยมีการนำสารสกัดจากดอกอัญชันมาใช้ในการย้อมผ้า นอกจากนี้การนำวิธีการวัดสีแบบมาตรฐานโดยใช้ระบบ CIE Lab scale ซึ่งกำหนดโดย International Commission on Illumination (t_phuttharat, 2560)^[4] มาใช้ในการหาคุณภาพที่ได้จากการย้อมด้วย เช่น ค่าความเข้มในการติดสี (k/s) ค่าโทนสี (L^* a^* และ b^*) ของผ้าที่ได้จากการย้อม จะทำให้สามารถพัฒนาการย้อมด้วยสารสกัดธรรมชาติโดยใช้นวัตกรรมที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานและคุณภาพมากขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกลีบดอกอัญชันด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) สภาวะที่มีผลต่อคุณภาพการย้อม รวมถึงผลของการใช้สารช่วยติดสี หรือมอร์แดนท์ในการย้อมด้วยผ้า โดยใช้ระบบ CIE Lab scale ในการอธิบายสีที่ได้จากการย้อม เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการนำนวัตกรรมมาใช้ สำหรับการพัฒนาศักยภาพการใช้ทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด สอดคล้องกับนโยบาย ไทยแลนด์ 4.0 ของภาครัฐ และเป็นการลดมลพิษจากสารเคมี ลดการนำเข้าของสีสังเคราะห์ในขนาด

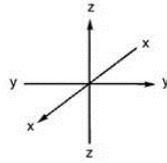
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกลีบดอกอัญชันแห้งด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM)
- 2.2 เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยผ้า
- 2.3 เพื่อเปรียบเทียบการย้อมติดสีด้วยผ้าโดยใช้มอร์แดนท์สังเคราะห์และมอร์แดนท์ธรรมชาติ

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

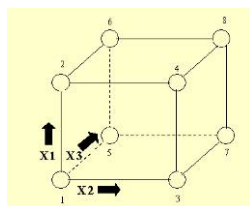
3.1 วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM) เป็นเทคนิคการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของกราฟสามมิติ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 2 ตัว ที่มีต่อตัวแปรตาม โดยตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัว จะอยู่บนแกน X และแกน Y ส่วนตัวแปรตามจะอยู่บนแกน Z (ภาพที่ 1)

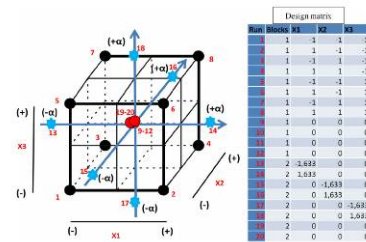


ภาพที่ 1 แกน X และ Y ซึ่งอยู่ในแนวระนาบ แกน Z อยู่ในแนวตั้งฉาก
สำหรับแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแบบสามมิติ

การนำเสนอกราฟ 3 มิติ ที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัวแปร เพื่อหาสถานะที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ดีที่สุด ผู้ทดลองต้องทำการออกแบบการทดลอง (design of experiment, DOE) เพื่อกำหนดสถานะการทดลองว่าควรมีจำนวนการทดลองกี่การทดลองจึงเหมาะสม และการทดลองนั้นต้องสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ครอบคลุมทั้งหมด เช่น ต้องการศึกษาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร 5 ตัวแปร ต้องใช้จำนวนการทดลองถึง 234 การทดลอง (3^5) ซึ่งจำนวนการทดลองที่มากนี้ อาจไม่เหมาะกับสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้นการนำวิธีการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เช่น การใช้การออกแบบการทดลองแบบส่วนผสมกลาง (Central composite design; CCD) ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงเส้นโค้ง แต่ใช้จำนวนการทดลองไม่มาก ตัวอย่างกรณี 5 ตัวแปรใช้เพียง 30 การทดลอง เป็นต้น การออกแบบการทดลองแบบ CCD เป็นการใช่วิธีทางคณิตศาสตร์และสถิติมาช่วยในการออกแบบ โดยจะทำการออกแบบการทดลองที่ 3 ระดับ มีการปรับตัวแปรที่ศึกษาตัวแปรละ 3 ค่า ซึ่งนิยมแทนค่าตัวแปรนั้นด้วยสัญลักษณ์ -1, 0, +1 โดย -1 และ +1 เป็นค่าต่ำสุด และสูงสุดของตัวแปรแต่ละตัวตามลำดับ ทำให้การนำเสนอข้อมูลของตัวแปรจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) Factorial points ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 โดยการนำตัวแปร 3 ระดับมาใช้ในการทดลอง (2 level full factorial) แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ด้วยแกน X, Y และ Z ดังภาพที่ 2 (ก) 2) Axial points เป็นการปรับเปลี่ยน ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง โดยให้ตัวแปรอื่นอยู่ที่ค่ากลางคือ 0 และ 3) Center points เป็นการปรับเปลี่ยนตัวแปรทุกตัวเป็นค่ากลาง เมื่อทำการออกแบบการทดลอง จึงยังคงมีผลของตัวแปรหลัก (main effect) ความสัมพันธ์ของตัวแปร (interaction) และสมการกำลังสอง (quadratic terms) โดยใช้ทรัพยากรไม่มาก^[5] ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข)



(ก)

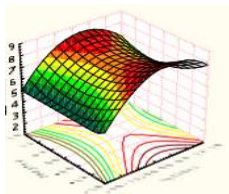


(ข)

ภาพที่ 2 (ก) Factorial points กรณี 3 ตัวแปร^[6]

(ข) การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง 3 ตัวแปร^[7]

เมื่อทำการทดลองตามแบบจำลองการทดลองที่มีการออกแบบไว้ จะมีการสร้างกราฟ 3 มิติที่แสดงพื้นผิวตอบสนอง (Surface Plot) เพื่อแสดงสถานะที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟ 3 มิติ (Surface Plot)^[8]

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 ประเภทของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้การทดลองร่วมกับการนำวิธีทางคณิตศาสตร์และสถิติ เพื่อการวิเคราะห์และทำนายผลของข้อมูล

4.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี ที่จำเป็น ได้แก่

เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) เครื่องวัดสี (spectrophotometer) เครื่องอ่างน้ำ (water bath) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) สารลดแรงตึงผิว (Aminon CO_2SA) ดอกอัญชันแห้ง ด้ายฝ้าย และ น้ำมะขามเปียก

4.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย มีขั้นตอนดังนี้ คือ

4.3.1 การเตรียมด้ายฝ้ายก่อนการทดลอง ชั่งด้ายฝ้าย 50 กรัม ใส่โซเดียมคาร์บอเนต 0.5 กรัม น้ำ 500 mL และ AMINON 5 กรัม ต้มที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พลิกกลับไปมาเป็นครั้งคราว จากนั้นล้างด้ายฝ้ายด้วยน้ำสะอาดจน pH ของด้ายฝ้ายเท่ากับ 7 ผึ่งด้ายฝ้ายให้แห้งและนำมาทำการทดลองต่อไป

4.3.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกลีบดอกอัญชันด้วยวิธี RSM ทำการทดลองดังนี้

1) ชั่งกลีบดอกอัญชันแห้ง 0.5 กรัม (ผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 5 วัน) สกัดด้วยน้ำ 50 mL ที่อุณหภูมิ 29°C เป็นเวลา 45 นาที นำสารที่ได้จากการสกัดไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 575 นาโนเมตร บันทึกผล

2) ทำเช่นเดียวกับข้อ 1) แต่เปลี่ยนอุณหภูมิจาก 29°C เป็น 60, 70, 80 และ 90°C โดยที่ทุกอุณหภูมิทำการสกัดที่เวลา 45, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ

3) ทำเช่นเดียวกับข้อ 1) และ 2) แต่เปลี่ยนปริมาณกลีบดอกอัญชันแห้งเป็น 1, 1.5, 2 และ 2.5 กรัม

4) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง โดยมีลำดับขั้นดังนี้

4.1) กำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง เพื่อนำไปออกแบบการทดลองแบบประสมส่วนกลาง โดยใช้โปรแกรม RGui386 version 3.2.0 และสร้างสมการทำนายค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมที่สกัดได้จากกลีบดอกอัญชันแห้ง

4.2) เลือกการทดลองที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดมาทำการทดลองซ้ำ

4.3) นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง โดยใช้โปรแกรม RGui386 version 3.2.0

4.3.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้ายฝ้าย ทำการทดลองเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการย้อม ดังนี้

1) อุณหภูมิ

1.1) นำด้ายฝ้าย 0.5 g มาย้อมด้วยสารสกัดที่สกัดจากสภาวะที่เหมาะสมในอัตราส่วนด้ายต่อสีย้อม เป็น 0.5 : 50 (g : mL) เป็นเวลา 60 นาที ที่ pH 4.7 โดยใช้อุณหภูมิ 30 50 70 และ 90°C

1.2) นำด้ายฝ้ายที่ผ่านการย้อมไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

1.3) นำไปวัดหาค่าสีในระบบ CIE Lab ส่วนสารสกัดก่อนย้อมและหลังย้อมนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

และคำนวณหาค่าร้อยละการดูดซับสี (% Dye Exhaustion) จากสมการ

$$\% \text{ Dye exhaustion} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงหลังการดูดซับ
A₀ คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาเริ่มต้น

2) เวลา ทำการทดลองโดยใช้อุณหภูมิที่ให้ผลการย้อมที่ดีที่สุดข้อ 1) เพียงอุณหภูมิเดียวมาทำการย้อมด้วยวิธีตามข้อ 1.1)-1.3) ที่เวลา 30 40 50 และ 60 นาที

4.3.4 การเปรียบเทียบคุณภาพการย้อมด้ายฝ้ายโดยใช้มอร์แดนที่สังเคราะห์และมอร์แดนธรรมชาติ ทำการทดลองโดยย้อมด้ายด้วยมอร์แดนธรรมชาติและมอร์แดนที่สังเคราะห์ 3 วิธี คือ ย้อมด้วยมอร์แดนก่อนการย้อม พร้อมการย้อมและหลังการย้อม ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

1) การย้อมด้วยมอร์แดนก่อนการย้อม ทำการทดลองโดย

1.1) นำด้ายฝ้าย 0.5 g แช่ในมอร์แดนที่ CuSO₄ 0.01 g ที่ละลายน้ำ 50mL เป็นเวลา 30 นาที นำด้ายฝ้ายที่ผ่านการแช่มอร์แดนที่ CuSO₄ มาตากให้แห้ง

1.2) นำด้ายฝ้ายจากข้อ 1.1) ไปย้อมด้วยสารสกัดจากกลีบดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 90⁰C เป็นเวลา 60 นาที

1.3) นำด้ายฝ้ายที่ผ่านการย้อมไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

1.4) นำด้ายฝ้ายในข้อ 1.4) ไปวัดค่าความเข้มข้น (K/S) ด้วยเครื่องวัดสี บันทึกผล

1.5) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.1)-1.4) โดยเปลี่ยนจากมอร์แดนที่สังเคราะห์ (CuSO₄) เป็นมอร์แดนธรรมชาติ (น้ำมะขามเปียก)

2) การย้อมด้วยมอร์แดนพร้อมการย้อม ทำการทดลองโดย

2.1) นำสารสกัดจากกลีบดอกอัญชัน 50 mL ผสมกับมอร์แดนที่ CuSO₄ 0.01 g ที่ละลายน้ำ 50mL

2.2) นำด้ายฝ้าย 0.5 g แช่ในสารละลาย 1.1) ที่อุณหภูมิ 90⁰C เป็นเวลา 60 นาที

2.3) นำด้ายฝ้ายที่ผ่านการย้อมไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

2.4) นำด้ายฝ้ายในข้อ 1.3) ไปวัดค่าความเข้มข้น (K/S) ด้วยเครื่องวัดสี บันทึกผล

2.5) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.1)-2.4) แต่เปลี่ยนเป็นใช้มอร์แดนที่น้ำมะขามเปียก ในสารสกัดกลีบดอกอัญชันแทนมอร์แดนที่ (CuSO₄) โดยใช้มะขามเปียก 7.5 g ใส่ลงในสารสกัดกลีบดอกอัญชัน 50 mL

3) การย้อมด้วยมอร์แดนหลังการย้อม ทำการทดลองโดย

3.1) นำด้ายฝ้าย 0.5 g ไปย้อมด้วยสารสกัดจากกลีบดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 90⁰C เป็นเวลา 60 นาที นำมาตากให้แห้ง

3.2) นำด้ายฝ้ายจากข้อ 1.1) แช่ในมอร์แดนที่ CuSO₄ 0.01 g ที่ละลายน้ำ 50mL เป็นเวลา 30 นาที

3.3) นำด้ายฝ้ายจากข้อ 1.2) ไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

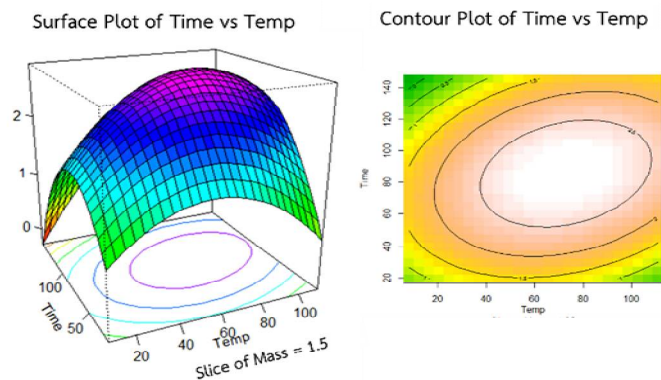
3.4) นำด้ายฝ้ายไปวัดค่าความเข้มข้น (K/S) ด้วยเครื่องวัดสี บันทึกผล

3.5) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.1)-3.4) แต่เปลี่ยนเป็นใช้มอร์แดนที่น้ำมะขามเปียก ในสารสกัดกลีบดอกอัญชันแทนมอร์แดนที่ (CuSO₄) โดยใช้มะขามเปียก 7.5 g ใส่ลงในสารสกัดกลีบดอกอัญชัน 50 mL

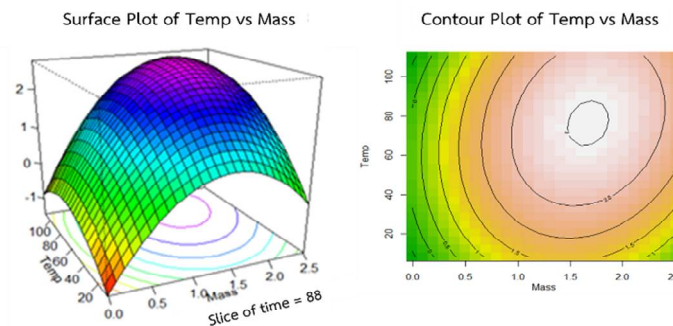
5. ผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากสปีดดอกอัญชันด้วยวิธี RSM จากการทดลองพบว่า

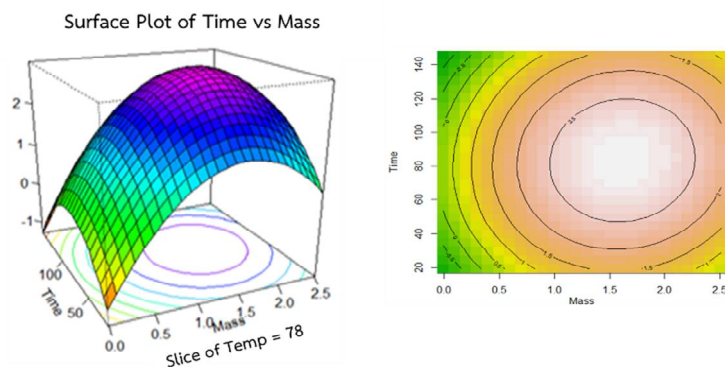
5.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากสปีดดอกอัญชันด้วยวิธี RSM คือการใช้เวลาในการสกัด 88 นาที อุณหภูมิ 78 °C ใช้ปริมาณสปีดดอกอัญชัน 1.68 กรัม ให้ค่า ABS 2.2709 ที่ λ_{\max} 575 นาโนเมตร โดยมีสภาวะที่แสดงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา เมื่อใช้ปริมาณสปีดดอกอัญชันที่ค่ากลาง (1.5 กรัม) คือ ที่อุณหภูมิ 78 °C เวลา 88 นาที ดังแสดงด้วยกราฟของ Surface Plot และกราฟ Contour Plot ดังแสดงในภาพที่ 4 ขณะที่สภาวะที่แสดงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณสปีดดอกอัญชันแห้ง คือที่อุณหภูมิ 78 °C ปริมาณสปีดดอก 1.68 g [ภาพที่ 5] และสภาวะที่แสดงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และปริมาณสปีดดอกอัญชันแห้ง คือที่เวลา 88 นาที ปริมาณสปีดดอก 1.68 กรัม [ภาพที่ 6]



ภาพที่ 4 Surface Plot และ Contour Plot ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา



ภาพที่ 5 Surface Plot และ Contour Plot ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณสปีดดอกอัญชันแห้ง










ภาพที่ 6 Surface Plot และ Contour Plot ระหว่างเวลากับปริมาณสปีดดอกอัญชันแห้ง

5.2 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยสีฟ้า จากการวิจัยพบว่า เมื่อใช้พารามิเตอร์ต่างๆ ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยสีฟ้า พบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมมากที่สุดคือให้ค่าร้อยละการดูดซับ 2.834 ค่าความเข้มข้นสี (K/S) 5.9662 เมื่อทดลองที่อุณหภูมิ 90 °C และให้ค่าร้อยละการดูดซับ 3.112 ค่าความเข้มข้นสี (K/S) 5.9987 เมื่อทดลองที่เวลา 60 นาที สีฟ้าที่ย้อมเป็นสีน้ำเงินเข้ม

5.3 ผลการเปรียบเทียบการย้อมติดสีด้วยสีฟ้าโดยใช้มอร์แดนที่สังเคราะห์และมอร์แดนธรรมชาติ จากการวิจัยพบว่า การย้อมด้วยมอร์แดนที่สังเคราะห์ (CuSO₄) จะได้สีเป็นโทนสีน้ำเงิน และการย้อมด้วยมอร์แดนธรรมชาติ (มะขามเปียก) จะได้สีเป็นโทนน้ำเงินที่มีสีแดงปน ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้การย้อมด้วยมอร์แดนที่สังเคราะห์ก่อนการย้อมจะให้ค่าความเข้มข้นสี (5.9987) ดีที่สุด โดยให้ค่าโทนสีเป็นสีน้ำเงินเข้มแกมเหลืองเล็กน้อย

ตารางที่ 1 ผลการย้อมด้วยสีฟ้าด้วยสารสกัดจากดอกอัญชันโดยใช้มอร์แดนที่สังเคราะห์และมอร์แดนธรรมชาติด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการย้อมด้วยมอร์แดน	ชนิดของมอร์แดน	ความเข้มข้นสี (K/S)		CIE LAB			เส้นใย	เฉดสี
		ค่าเฉลี่ย	±SD	L*	a*	b*		
				82.47	2.1	12.27		
ไม่ใส่	-	5.7342	0.2167	41.56	1.49	-17.33		น้ำเงิน
ก่อนย้อม	มะขามเปียก	5.5381	0.1581	44.08	12.77	-13.43		น้ำเงิน แกมม่วง
	CuSO ₄	5.9987	0.4461	41.35	2.14	-19.02		น้ำเงิน เข้ม
พร้อมย้อม	มะขามเปียก	2.6908	0.0435	52.93	22.83	-0.43		ม่วงแดง
	CuSO ₄	3.7267	0.3889	51.09	-0.14	-13.35		น้ำเงิน อ่อน
หลังย้อม	มะขามเปียก	0.9334	0.0223	62.65	19.17	-1.22		ม่วงแกม ชมพู
	CuSO ₄	1.0585	0.1423	61.06	-1.72	-5.61		น้ำเงินซีด

*สภาวะที่ใช้ อุณหภูมิที่ 90 °C เวลา 60 นาที

6. บทสรุป

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกลีบดอกอัญชันแห้ง โดยมีปริมาณกลีบดอก เวลา และอุณหภูมิเป็นตัวแปรอิสระ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} 575 นาโนเมตร โดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า สภาวะที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (2.2709) คือที่อุณหภูมิ 78 °C เวลา 88 นาที โดยใช้ปริมาณกลีบดอกอัญชันแห้ง 1.68 กรัม เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้วยสีฟ้าโดยไม่ใช้มอร์แดน พบว่า สภาวะที่เหมาะสม

สำหรับการย้อมด้วยโมโนโซลิตที่อุณหภูมิ 90°C เวลา 60 นาที ที่ pH เดิมของสารสกัด (pH 4.7) และเมื่อนำสารสกัดมาทำการย้อมด้วยมอร์แดนต์สังเคราะห์ (CuSO₄) และมอร์แดนต์ธรรมชาติ (น้ำมะขามเปียก) โดยใช้วิธีการย้อม 3 วิธี คือย้อมด้วยมอร์แดนต์ก่อนการย้อมด้วย การย้อมด้วย และหลังการย้อมด้วย พบว่า การย้อมด้วยมอร์แดนต์สังเคราะห์ก่อนการย้อมด้วย ให้ค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุด (5.9987) โดยให้ค่าเฉลี่ยเป็นสีน้ำเงินเข้มแกมเหลืองเล็กน้อย (L^* , a^* และ b^* = 41.35, 2.14 c และ -19.02 ตามลำดับ)

7. อภิปรายผลการวิจัย

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากกลีบดอกอัญชันแห้ง โดยวิธีพื้นผิวตอบสนองที่พบว่า สภาวะที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (2.2709) ที่ λ_{max} 575 นาโนเมตร คือที่อุณหภูมิ 78°C เวลา 88 นาที โดยใช้ปริมาณกลีบดอกอัญชันแห้ง 1.68 กรัม ซึ่งเป็นสภาวะใกล้เคียงกับที่พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม และราตรี ชูเกียรติ^[9] เคยศึกษาการสกัดสีจากกลีบดอกอัญชันสด โดยได้ค่าการดูดกลืนแสง 2.955 ที่อุณหภูมิ 78°C เวลา 88 นาที ปริมาณกลีบดอก 1.25 กรัม แสดงให้เห็นว่า วิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ซึ่งเป็นการประยุกต์ระหว่างคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้ในการออกแบบการทดลอง เป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้จริง สอดคล้องกับที่จรัล ทรัพย์เสรี^[5] ที่กล่าวว่า การใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองมาช่วยในการออกแบบการทดลอง จะทำให้ผู้ทดลองสามารถศึกษาผลกระทบของตัวแปร และสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับค่าพารามิเตอร์ของการทดลองได้โดยใช้จำนวนการทดลองไม่มาก ขณะที่การย้อมด้วยมอร์แดนต์สังเคราะห์ (CuSO₄) ก่อนการย้อมด้วย ให้ค่าความเข้มสีดีกว่าการย้อมโดยโมโนโซลิต สอดคล้องกับที่กรมหม่อมใหม่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์^[10] ที่ให้คำแนะนำว่าการใช้สารช่วยย้อมจุนสี หรือมอร์แดนต์ทองแดง จะทำให้สีติดและสีเข้มขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย (ทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 255 ในโครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์ เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ)

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] สสวท, (2555). สีจากธรรมชาติ. ค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2560 จาก <http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223>
- [2] Dr. Borworn, 2017. ประเทศไทย 4.0 โมเดลเศรษฐกิจใหม่. <http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223>
- [3] Puechkaset, 2017. อัญชัน ดอกอัญชัน และสรรพคุณอัญชัน. <http://puechkaset.com/อัญชัน>
- [4] t_phuttharat, 2560. การวัดสี (color measuring). <https://www.pballtechno.com/article/18/การวัดสี-color-measuring>
- [5] จรัล ทรัพย์เสรี. (2009). DOE ตอน Central Composite Design. ค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2559 จาก http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/FQ145_p72-74.pdf

- [6] **Blocking of full factorial designs.** (n.a.). <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri3333.htm>
- [7] Richard Verseput. (n.a.). **Digging into DOE.** https://www.researchgate.net/figure/282048912_fig3_Fig-3-A-graphical-representation-of-3-factors-central-composite-design-CCD-with
- [8] อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. (2550). **การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางอุตสาหกรรม.** ค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2559 จาก 202.28.24.44/e_books/issrapong/stat.html
- [9] พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม และราตรี ชูย์หิรัญ. (2558). **การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสี้อมจากกลีบดอกอัญชันโดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง.** สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
- [10] กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2556) **การฟอกย้อมสีเส้นไหม.** ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2560 จาก http://www.qsds.go.th/qsis_netu/inside_page.php?pageid=18