



รายงานการวิจัย

การศึกษาเงื่อนไขเพื่อพัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดได้
จากแก่นแกลแล

(Optimal Conditions Study for Development of Crude Extracted
from *Maclura cochinchinensis* (Lour.) Corner Dyeing on Silk)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร รัตนพานี

สาขาวิชาเคมี

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้ร่วมวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวณีย์ รัตนพานี
2. รองศาสตราจารย์ ดร. สายสุนีย์ เหลี้ยวเรืองรัตน์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มกราคม 2553

ก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัย รหัสโครงการ SUT1-102-48-24-23 นี้ รวมทั้งศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสาขาวิชาเคมี สำนัก วิชาวิทยาศาสตร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการข้อมใหม่ด้วยสีสกัดมอรินจากแก่นแกลแลโดยทำการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการดูดซับในการข้อมสีมอรินและสีสกัดมอรินจากแก่นแกลแลบนเส้นไหม พบว่าความสามารถในการดูดซับสีสกัดจากแก่นแกลแลบนเส้นไหมขึ้นกับ พีเอช ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสี อัตราส่วนของเส้นใยต่อปริมาณของสารละลายสี และอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ และยังพบว่าค่าคงที่อัตราการดูดซับเริ่มต้น(h_1) ของสีบนเส้นไหมเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ การดูดซับสีบนเส้นไหมเป็นแบบ pseudo second-order พลังงานก่อกัมมันต์ของการดูดซับมีค่าเท่ากับ 18.7 kJ/mol และค่าพลังงานอิสระกิบส์ (ΔG°) และ เอนทัลปี (ΔH°) ของการดูดซับมีค่าเท่ากับ -22.8 และ -14.2 kJ/mol ตามลำดับ และเอนโทรปี (ΔS°) มีค่าเท่ากับ -30.8 J/mol K นอกจากนี้พบว่าการข้อมให้สีติดคงทนนั้นควรใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีขณะข้อม พร้อมกันนี้ได้้นำเงื่อนไขที่เหมาะสมในการข้อม คือ ที่พีเอช 4 MLR 1:100 และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลาในการข้อม 60 นาที โดยเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดสีขณะข้อม ไปขยายสเกลการข้อมในระดับครัวเรือนกับกลุ่มแม่บ้าน 3 กลุ่ม ในจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

Abstract

The purpose of this research is to investigate the optimum condition for silk dyeing using extracted dye from *M. cochinchinensis*. The adsorption kinetic and thermodynamic studies of extracted dye by using alum as a mordant dyeing onto silk fibres indicated that the adsorption capacities are significantly affected by pH, the material to liquor ratio (MLR), the initial dye concentration, and temperature. The initial dye adsorption rates of extracted dye on silk before equilibrium time was reached increased at higher dyeing temperature. The pseudo second-order kinetic model indicated for extracted dye dyeing of silk pH 4.0 with activation energies (E_a) of 18.7 kJ/mol. The values of the enthalpy for the alum-extracted dye dyeing on silk at pH 4.0 was -14.2 kJ/mol. Additionally, Gibb's free energy (ΔG°) and entropy change (ΔS°) of adsorption of alum-morin dyeing onto silk were found to be -22.8 and -14.2 kJ/mol respectively. An investigation also indicated that Alum was a good mordanting agent during dyeing by increasing fastness properties. The optimum conditions from this research was used in scale up experiments for silk dyeing in 3 village communities of Nakornratchasima and Chaiyaphum provinces. The results of the experiments were highly satisfactory.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	11
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์.....	5
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	13
2.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	6
2.2 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารละลายสีมอริน สกัดจากแก่นแกลและ สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารส้มกับสารมาตรฐานมอรินและสารละลายสี สกัดจากแก่นแกล.....	13 14 7
2.2.1 การศึกษาดูดกลืนแสงโดยใช้เทคนิค UV-visible spectroscopy.....	7
2.2.2 การสกัดสีจากแก่นแกล.....	7
2.2.3 การหาปริมาณมอรินในสีสกัดจากแก่นแกล.....	7
2.2.4 การศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน Al-morin.....	7
2.3 การศึกษาเงื่อนไขการย้อมไหมด้วยมอรินและผงสีสกัดจากแก่นแกลใน ห้องปฏิบัติการ.....	20 8
2.3.1 การเตรียมเส้นไหม.....	8
2.3.2 การย้อมเส้นไหมด้วยสีมอริน.....	9
2.3.3 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยมอรินและสีสกัด จากแก่นแกล.....	22 9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3.1 การศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ทางเคมี ของการดูดซับ Al-morin บนเส้นไหม.....	9
2.3.3.2 การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการย้อมสีสกัดจากแก่นแกล บนเส้นไหม.....	10
2.3.3.3 การศึกษาสมมูลของการย้อมสีสกัดจากแก่นแกลบนเส้นไหม	10
2.4 การย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกล โดยกลุ่มแม่บ้าน.....	11
2.4.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการย้อมสีสกัดจากแก่นร่วมกับชุมชน	11
2.4.2 ขั้นตอนการย้อมไหมด้วยสีจากแก่นแกล	11
บทที่ 3 ผลการทดลองและการอภิปรายผล	
3.1 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสีมอรินและสารสกัดจากแก่นแกล.....	12
3.1.1 การดูดกลืนแสงของสารละลายมอรินและสารส้ม-มอริน.....	12
3.1.2 ผลของความเข้มข้นของสารส้มต่อสารละลายมอริน.....	13
3.1.3 การดูดกลืนแสงของสารละลายสีสกัดจากแก่นแกล สารส้ม-สีสกัดจากแก่นแกล.....	13
3.1.4 การหาปริมาณมอรินในสีสกัดจากแก่นแกล.....	14
3.1.5 การเปรียบเทียบวิธีการย้อมสีมอรินบนเส้นไหม.....	15
3.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกล	15
3.2.1 ผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR).....	16
3.2.2 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีและเวลาสัมพัทธ์.....	17
3.2.3 ผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม	17
3.2.4 พลังงานกระตุ้น (E_a) ของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหม	20
3.2.5 เทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม.....	20
3.3 การย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกลแบบขยายสเกลในชุมชน	21
บทที่ 4 บทสรุป	
สรุปผลการวิจัย	22
บรรณานุกรม.....	23
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข	27
ภาคผนวก ค	28
ภาคผนวก ง	29
ประวัติผู้วิจัย	30

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าคงที่อัตราของสมการ pseudo first-order และ pseudo second-order ค่า $q_{e,cal}$ และ $q_{e,exp}$ ที่ MLR ความเข้มข้นเริ่มต้น และ อุณหภูมิต่างๆ กันของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม.....	19
3.2 แสดงพลังงานกระตุ้น (E_a) ของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหม.....	20
3.3 เทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม.....	21
3.4 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง.....	21

3.1 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงของสารละลายย้อม (5.0×10⁻³ M) และสารส้ม-นอวัน

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 (ซ้าย) ต้นแกแล [Maclura cochinchinensis (Lour.)] รูปจาก Brisbane Rainforest Action & Information Network.(2007) (ขวาบน) แก่นแกแลจาก จ.สุรินทร์ (ขวาล่าง) แก่นแกแลสับเป็นชิ้น.....	2
1.2 โครงสร้างหลักของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavone, Flavane) และโครงสร้างของสารให้สีพวกฟลาโวนอยด์บางชนิด.....	3
1.3 โครงสร้างของพอลิเปปไทด์ (polypeptide).....	4
3.1 แสดงอิเล็กโทรนิกสเปกตร้าของสารละลายมอร์อิน (5.0×10^{-5} M) และสารส้ม-มอร์อิน (ความเข้มข้นของสารส้ม 0-250 μ M) ที่ pH 4.0-5.5.....	12
3.2 แสดงผลของความเข้มข้นของสารส้มต่อสารละลายมอร์อิน (พีเอช 4.0-5.5) สารส้ม-มอร์อิน 1:1 (เส้นประ) และ สารส้ม-มอร์อิน 2:1 (เส้นทึบ).....	13
3.3 แสดงยูวี-วิสิเบิลสเปกตร้าของสารละลายสีสกัดจากแก่นแกแล (100 mg/L) สารส้ม-สีสกัดจากแก่นแกแล และสารส้ม-มอร์อิน	14
3.4 แสดงการหาปริมาณมอร์อินในสีสกัดจากแก่นแกแล	14
3.5 เปรียบเทียบวิธีการย้อมสีมอร์อิน เมื่อไม่มีสารช่วยติดสีและมีสารช่วยติดสีเมื่อใช้ สารช่วยติดสีก่อนย้อม (pre-mordanting) ใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม (simultaneous mordanting) และการใช้สารช่วยติดสีหลังย้อม (post-mordanting).....	15
3.6 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR) ต่อการดูดซับสารส้ม และสีสกัดบนเส้นไหม.....	16
3.7 ผลของเวลาสัมผัสน้ำและความเข้มข้นเริ่มต้นของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหม.....	17
3.8 ผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม.....	18
3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln k$ และ $1/T$	20

นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพเพื่อการส่งออกและลดการนำเข้าของผลิตภัณฑ์เส้นใยได้ในอนาคต

สำหรับโครงการวิจัยนี้สนใจศึกษาการย้อมสีจากธรรมชาติบนเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติที่เป็นสีเหลืองจาก แก่นแกลแล ต้นแกลแลมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Maclura cochinchinensis* (Lour.) Corner จัดอยู่ในวงศ์ Moraceae (2) และจากการสอบถามกลุ่มแม่บ้านที่ย้อมสีด้วยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติพบว่าชาวบ้านแถบภาคอีสานของประเทศไทย มีการนำเอาแก่นแกลแลไปใช้ย้อมเส้นใยชนิดต่างๆ เช่น ไหม ฝ้าย เป็นต้น สำหรับกระบวนการย้อมทำโดยการนำแก่นแกลแลมาต้มน้ำพอเดือด แล้วจึงนำเอาเส้นใยลงไปย้อม พบว่าจะได้สีเหลือง นอกจากนี้ยังมีการใช้สารช่วยติดสี (mordant) เช่น สารส้ม (alum) และจุนสี เป็นต้น (1) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการกำหนดเจดสีของการย้อมและคุณภาพของการย้อมต้องอาศัยความสามารถและประสบการณ์เฉพาะตัวที่ได้มีการสั่งสมมาเป็นเวลานานมากๆและมีได้มีการบันทึกไว้อย่างเป็นระบบ คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเพื่อทำให้ทราบปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมสำหรับการย้อมแก่นแกลแลบนเส้นไหมต่อไป



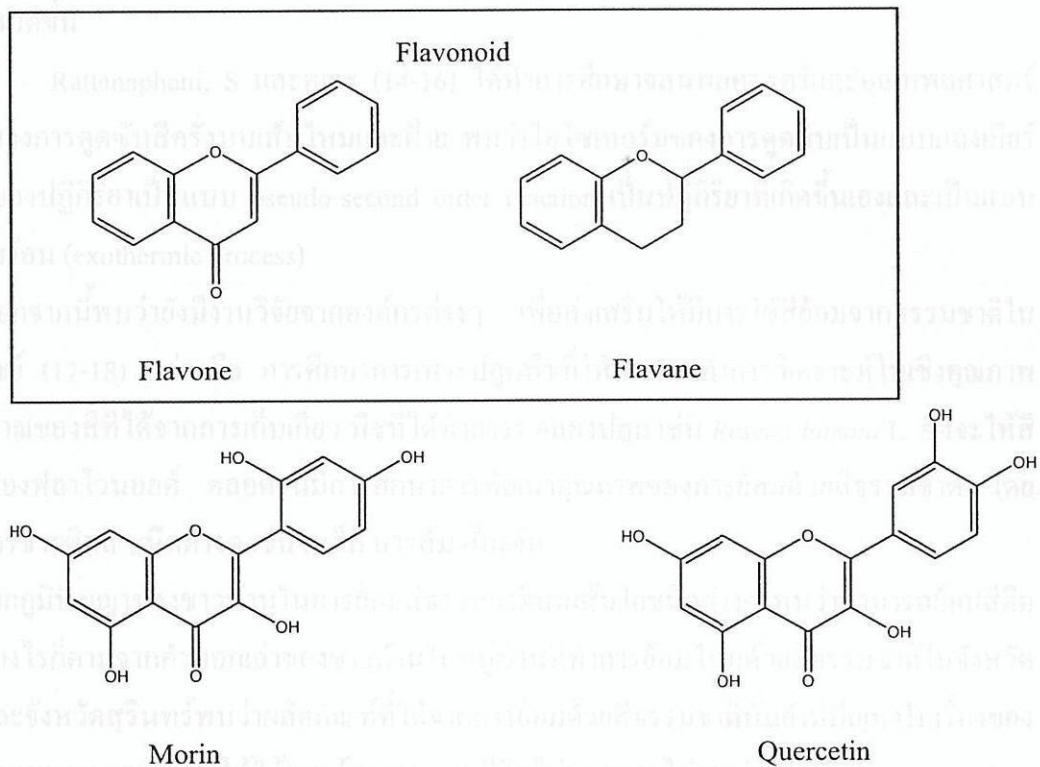
รูปที่ 1.1 (ซ้าย) ต้นแกลแล [*Maclura cochinchinensis* (Lour.)] รูปจาก Brisbane Rainforest

Action & Information Network.(2007)

(ขวาบน) แก่นแกลแลจาก จ.สุรินทร์

(ขวาล่าง) แก่นแกลแลสับเป็นชิ้น

ต้นแกแลมมีองค์ประกอบหลักเป็น morin (3-9) ซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ cudraniaxanthone, butyrospermol acetate, kaempferol, aromadendrin, populnin, quercetin, taxifolin, cudraisoflavone-A, gerontoxanthone A, B, C, D, E, G, H and I, benzophenones and xanthenes โครงสร้างหลักของสารประกอบฟลาโวนอยด์ และโครงสร้างของสารให้สีพวกฟลาโวนอยด์บางชนิด เช่น Morin และ Quercetin เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 โครงสร้างหลักของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavone, Flavane) และ โครงสร้างของสารให้สีพวกฟลาโวนอยด์บางชนิด

Cristea, D. และคณะ (10) ได้ศึกษาการจำแนกชนิดและทำการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ในต้น Weld (*Reseda luteola* L.) ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography พบว่ามีองค์ประกอบ คือ Luteolin, Luteolin-7-glucoside และ Luteolin-3', 7-diglucoside ในปริมาณ 0.448%, 0.357% และ 0.233% ตามลำดับ ซึ่งสารที่พบดังกล่าวเป็นสีธรรมชาติที่ให้สีเหลือง

Smith, G. J. และคณะ (11) ได้ทำการศึกษาความทนต่อแสง (Photostabilities) ของสารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารประกอบเชิงซ้อนของฟลาโวนอยด์กับบอรัมเนียม พบว่า UV irradiation สามารถทำลายสารดังกล่าวได้เมื่ออยู่ในสารละลายเมทานอล

Orska-Gawrys, J และคณะ (12) ได้ทำการศึกษาการจำแนกชนิดของสีย้อมธรรมชาติที่ใช้ย้อมบนไหมในสมัยโบราณ ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของสีธรรมชาติเป็นสีกลุ่ม แอนทราควิโนน (สีแดง) อินดิโก (สีน้ำเงิน) และ ฟลาโวนอยด์ (สีเหลือง)

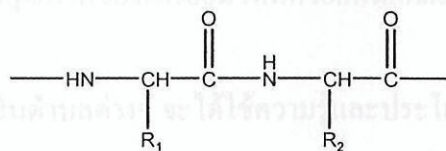
Kongkachuichay, P และคณะ (13) ทำการศึกษาเทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับกรดแลคติกบนไหม พบว่า ไอโซเทอร์มของการดูดซับเป็นแบบแลงเมียร์ ปฏิกริยาการดูดซับเป็นแบบคายความร้อน (exothermic process) และพบว่าการใช้ memecylon ร่วมกับแลคติกช่วยให้การย้อมติดบนไหมดีขึ้น

Rattanaphani, S และคณะ (14-16) ได้ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ทางเคมีของการดูดซับสีครั้งบนเส้นไหมและฝ้าย พบว่าไอโซเทอร์มของการดูดซับเป็นแบบแลงเมียร์ มีอันดับของปฏิกริยาเป็นแบบ pseudo-second order reaction เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเองและเป็นแบบคายความร้อน (exothermic process)

นอกจากนี้พบว่ายังมีงานวิจัยจากองค์กรต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้สีย้อมจากธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ (17-18) กล่าวคือ การศึกษาการเพาะปลูกพืชที่ให้สี และทำการวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพและปริมาณของสีที่ได้จากการเก็บเกี่ยว พืชที่ได้ทำการทดลองปลูก เช่น *Reseda luteola* L. ซึ่งจะให้สีในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ ตลอดจนมีการศึกษาการพัฒนาคุณภาพของการย้อมด้วยสีธรรมชาติ โดยการใช้สารช่วยติดสี ชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก สารส้ม เป็นต้น

จากภูมิปัญญาของชาวบ้านในการย้อมสีธรรมชาติบนเส้นใยชนิดต่างๆ พบว่าสามารถย้อมสีติดได้ อย่างไรก็ตามจากคำบอกเล่าของชาวบ้านในหมู่บ้านที่ทำกรย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติในจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดสุรินทร์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย้อมด้วยสีธรรมชาตินั้นยังมีปัญหาในเรื่องของการไม่สามารถควบคุมเฉดสีให้ได้ตามต้องการ และสีติดไม่ทนนาน ไม่ทนต่อการซักล้าง

ไหมจัดเป็นเส้นใยธรรมชาติจากสัตว์ มีลักษณะโครงสร้างเป็นพอลิเปปไทด์ (polypeptide) ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของพอลิเปปไทด์ (polypeptide)

จากโครงสร้างของเส้นไหมและสาร morin ที่เป็นสารหลักในการให้สีเหลืองจากแก่นแกลดดังกล่าว ทำให้คาดคะเนกลไกการติดสีบนเส้นไหมได้ ดังนั้นการทำวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาหาเงื่อนไขต่างๆ ที่เหมาะสม ในการย้อมสีจากแก่นแกลดบนเส้นไหม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และขจัด

ปัญหาการข้อมแบบลองผิดลองถูก คาดว่าจะทำให้กลุ่มเกษตรกรหันมาสนใจใช้สีจากธรรมชาติมากขึ้น เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้สีสังเคราะห์ และสามารถพัฒนาเป็นสินค้าส่งออกที่ได้มาตรฐานเพื่อลดการนำเข้าสินค้าเหล่านี้จากต่างประเทศและเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อการส่งออกอันจะนำเงินตราเข้าสู่ประเทศได้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสกัดสารกลุ่มที่ให้สีเหลืองจากแก่นแกลหรือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่นๆ
2. เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์และ/หรืออุณหพลศาสตร์ทางเคมีของการย้อมไหมด้วยสีที่สกัดจากแก่นแกลหรือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่นๆ
3. เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยสีย้อมจากแก่นแกลหรือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่นๆ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการสกัดสีย้อมจากแก่นแกลหรือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่นๆ ด้วยน้ำร้อนหรือวิธีอื่นๆที่เหมาะสม
2. ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหม เช่น อัตราส่วนของสีย้อมต่อปริมาณไหมที่ใช้ ผลของ pH ความเข้มข้น อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการย้อม และชนิดและปริมาณสารช่วยติดสีที่เหมาะสม เป็นต้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ทำให้ทราบพารามิเตอร์บางตัวทางจลนศาสตร์ และ/หรืออุณหพลศาสตร์ทางเคมีและเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยสีย้อมที่สกัดจากแก่นแกล หรือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่นๆ เช่น ความเข้มข้น อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณสีต่อน้ำหนักไหมที่ใช้ pH อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการย้อม เป็นต้น
2. ทำให้สามารถพัฒนาคุณภาพของการย้อมไหมด้วยแก่นแกลหรือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติอื่นๆ
3. ชุมชนที่รวมกลุ่มกันในตำบลต่างๆ จะได้ใช้ความรู้และประโยชน์จากงานวิจัยนี้ เช่น
 - ชุมชนบ้านห้วยทราย ต. หนองมะนาว อ. คง จ. นครราชสีมา
 - ชุมชนบ้านหนองหอย ต. กุดชุมแสง อ. หนองบัวแดง จ. ชัยภูมิ
 - ชุมชนบ้านนาชุมแสง ต. กุดชุมแสง อ.หนองบัวแดง จ. ชัยภูมิ

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

สิ่งที่ทราบแล้วว่าสารมอรินเป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของแก่นแก่แล ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการนำสารมอรินมาตรฐานมาทำการศึกษาคายอ้อมบนเส้นไหม เทียบกับสีผง สำเร็จรูปที่สกัดจากแก่นแก่แล นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการ ย้อมไหมด้วยสารมอรินและสารสกัดจากแก่นแก่แลในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค UV-visible spectroscopy และนำผลที่ได้ ไปถ่ายทอดให้กลุ่มแม่บ้านได้ทดลองใช้ในชุมชนจริง ดังนั้นจึงได้ทำ การทดลองเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารละลายสีมอริน ผงสีสกัดจาก แก่นแก่แลและสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารสีกับสารละลายสีมอรินและสารสีกับสารละลาย สีสกัดจากแก่นแก่แล ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาเงื่อนไขการย้อมไหมด้วยมอริน ผงสีสกัดจากแก่นแก่แล ผงสีสกัดจากแก่นแก่แลและสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารสีกับสารละลายสีมอรินและสารสี กับสารละลายสีสกัดจากแก่นแก่แลในห้องปฏิบัติการ และส่วนที่ 3 เป็นการนำผลในส่วนที่ 2 ไป ถ่ายทอดให้กลุ่มแม่บ้านในชุมชนบ้านห้วยทราย ตำบลหนองมะนาว อำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา บ้านหนองหอย และบ้านนาชุมแสง ตำบล กุดชุมแสง อำเภอหนองบัวแดง จังหวัดชัยภูมิ

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 1) เครื่อง freeze dryer ยี่ห้อ Heto รุ่น FD 3 จากประเทศ Denmark
- 2) เครื่อง UV-Visible spectrophotometer ยี่ห้อ Agilent 8453
- 3) เครื่องเขย่าต่อเนื่องแบบปรับอุณหภูมิ (Thermostatted shaker bath) ยี่ห้อ Heto-Holten

A/S

- 4) เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ SCHOTT รุ่น CG842
- 5) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งยี่ห้อ METTLER TOLEDO
- 6) Hot plate ยี่ห้อ Schott type M6
- 7) ไหมเปลือกนอกที่ฟอกขาวออกแล้วซื้อจาก อ. ปักธงชัย ตัดขนาดให้ยาวประมาณ 10-15

เซนติเมตร

- 8) morin (2',3,4',5,7-pentahydroxyflavone) จาก Sigma
- 9) แก่นแก่แลแห้ง ซื้อจาก ร้านน้องหญิง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
- 10) สารสีส้ม (Alum หรือ $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) Analytical grade จากบริษัท Merck

2.2 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารละลายสีมอริน สีสกัดจากแก่นแกลและสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง สารส้มกับสารมาตรฐานมอรินและสารละลายสีสกัดจากแก่นแกล

2.2.1 การศึกษาการดูดกลืนแสงโดยใช้เทคนิค UV-visible spectroscopy

2.2.1.1 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสีมอรินและสารละลายสารส้ม-มอริน

เตรียมสารละลายมาตรฐานมอริน (1.0×10^{-3} M) ใน 50% (v/v) เมทานอล/น้ำ แล้วทำการเจือจางสารละลายมาตรฐานมอรินด้วยน้ำให้มีความเข้มข้น 5.0×10^{-5} M จากนั้นยังได้ทำการเติมสารละลายสารส้มที่ความเข้มข้นต่างๆกันในช่วง 0-250 μ M โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายมอรินคงที่ ซึ่งค่า pH ของสารละลายจะมีค่าอยู่ในช่วง 4.0-5.5 หลังจากผสมสารละลายเข้ากันดีแล้ว วางทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อให้สารผสมเข้าสู่ภาวะสมดุล จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองแสดงในหัวข้อ 3.1.1

2.2.1.2 ผลของความเข้มข้นของสารส้มต่อสารละลายมอรินที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสง

เตรียมสารละลายมอรินที่มีความเข้มข้น 5.0×10^{-5} M 7.5×10^{-5} M และ 10.0×10^{-5} M ตามลำดับ จากสารละลายมาตรฐานมอริน จากนั้นเติมสารละลายสารส้มที่ความเข้มข้นในช่วง 0-500 μ M ให้มีอัตราส่วนโดยโมลต่างๆกัน เขย่าและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองแสดงในหัวข้อ 3.1.2

2.2.2 การสกัดสีจากแก่นแกล

นำแก่นแกลแห้งที่ซื้อจากร้านน้องหญิง จังหวัดสุรินทร์ มาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ทำการสกัดด้วยน้ำโดยการต้มในบีกเกอร์ ที่อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้น้ำหนักแก่นแกลแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 20 หลังจากนั้นทำการกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำสีไปทำให้เข้มข้นขึ้น ด้วยเครื่องระเหยแห้ง (Rota-evaporator) แล้วนำไปทำให้เป็นผงสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Freeze dryer เก็บผงสีไว้ในขวดเก็บสารหรือในถุงซิปลาสติก สีผงที่สกัดได้คิดเป็นประมาณ 10% โดยน้ำหนักของแก่นแกลแห้ง จากนั้นนำสารสกัดไปศึกษาการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เปรียบเทียบกับสีมาตรฐานมอริน ผลการทดลองแสดงในหัวข้อ 3.1.3

2.2.3 การหาปริมาณมอรินในสีสกัดจากแก่นแกล

เตรียมสารละลายสีสกัดจากแก่นแกลให้มีความเข้มข้น 1000 mg/L ใน 50% (v/v) ของเมทานอล/น้ำ จากนั้นนำสารสกัดไปศึกษาการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เปรียบเทียบกับสารละลายสีมาตรฐานมอริน ผลการทดลองแสดงในหัวข้อ 3.1.4

2.2.4 การศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน Al-morin

เนื่องจากได้มีการเลือกใช้วิธีการย้อมเส้นไหมด้วยสี morin โดยใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อน Al-morin (Al-morin complex) และโครงสร้างที่เป็นไปได้ในการเกิดสารเชิงซ้อน Al-morin ดังกล่าว เพื่อนำสารเชิงซ้อน Al-morin ไปใช้ในการศึกษา

จลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ทางเคมีของการดูดซับ Al-morin บนเส้นไหมและเพื่อเป็นการยืนยันโครงสร้างของสารเชิงซ้อน Al-morin ที่เกิดขึ้นจึงได้ทำการศึกษารังสีเอกซ์ของ Ga(III)-morin เปรียบเทียบไปด้วย โดยใช้เทคนิค Electrospray Ionization Mass Spectrometry ผลการศึกษาดังกล่าวตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารนานาชาติ ดังเอกสารหมายเลข 1 ในภาคผนวก จ.

2.3 การศึกษาเงื่อนไขการย้อมไหมด้วยมอริน และ ผงสีสกัดจากแก่นแกลแลในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 การเตรียมเส้นไหม

เส้นไหมที่ซื้อมาจากชาวบ้าน อ.ปัทมาธิ จ.นครราชสีมา ต้องนำไปทำการกำจัดซีริซินออกก่อนนำไปย้อมสี ขั้นตอนการกำจัดซีริซินอาจทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. วิธีเตรียมในห้องปฏิบัติการ นำเส้นไหมดิบ 1 กิโลกรัม มาต้มในสารละลายจำนวน 5 ลิตร (ที่ประกอบด้วยสบู่ขันไถ 100 กรัม โซเดียมซัลเฟต 10 กรัม โซเดียมคาร์บอเนต 50 กรัม และ 40% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเส้นไหมขึ้นมาล้างด้วยน้ำ deionized และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเส้นไหมมาแช่ในสารละลาย 0.5 โมลาร์ กรดไฮโดรคลอริก ปริมาณ 3 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที นำเส้นไหมมาล้างด้วยน้ำ deionized จนกระทั่งพีเอชของน้ำที่ล้างเป็กลาง แล้วนำเส้นไหมขึ้นมาบิดพอหมาด ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

ข. วิธีที่เตรียมเพื่อใช้จริงในชุมชน ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) เติมน้ำปริมาณ 60 ลิตรลงในหม้อ ต้มจนมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส
- 2) เติมสบู่ขันไถ 1 ก้อน สบู่เทียมประมาณ 15 กรัม ค่างฟอกขาวไหมประมาณ 15 กรัม
- 3) ใส่ฝาครอบรองที่ก้นหม้อเพื่อป้องกันน้ำเดือดซึ่งจะทำให้เส้นไหมแตก
- 4) ชั่งไหมประมาณ 1 กิโลกรัมใส่ลงไป ในหม้อต้มประมาณ 30 นาที
- 5) จากนั้นยกไหมออกเติมน้ำเย็นลงไป 1-2 ลิตรเพื่อลดอุณหภูมิลงเล็กน้อย เติมผงโซดาแอชประมาณ 15 กรัม คนจนละลาย
- 6) ใส่ไหมลงไปต้มต่ออีกประมาณ 30 นาที
- 7) นำไหมออกทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปล้างน้ำ 4-5 ครั้งและบิดพอหมาดแล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

ดังได้ทราบแล้วว่ามอรินเป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของแก่นแกลแล ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาการย้อมเส้นไหมด้วยสีมอรินในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ทราบเงื่อนไขในการเกิดการดูดซับสีมอรินบนเส้นไหมที่ดีที่สุดก่อน จากนั้นจึงนำเงื่อนไขดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกลแลต่อไป

2.3.2 วิธีการย้อมเส้นไหมด้วยสีมอริน

ได้ทำการศึกษาการย้อมไหมด้วย morin และศึกษาการใช้สารช่วยติดสี (mordant)

เช่น สารส้ม ซึ่งได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการย้อมไหมด้วย morin เมื่อไม่มีสารช่วยติดสีและมีสารช่วยติดสีเมื่อใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อม (pre-mordanting) ใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม (simultaneous mordanting) และการใช้สารช่วยติดสีหลังย้อม (post-mordanting)

ก. สารช่วยติดสีก่อนย้อม (pre-mordanting) นำเส้นไหมจาก ข้อ 2.3.1 มาทำการย้อมด้วยสารละลายสารส้ม (95 และ 190 มิลลิกรัมต่อลิตร) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที นำเส้นไหมบิดน้ำออกพอหมาด ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเส้นไหมมาย้อมด้วยสารละลายมอริน (30 มิลลิกรัมต่อลิตร) 30 องศาเซลเซียส MLR 1:100

ข. สารช่วยติดสีขณะย้อม (simultaneous mordanting) นำเส้นไหมจากข้อ 2.3.1 มาย้อมด้วยสารละลายสารส้ม-มอริน (2:1) โดยใช้สารละลายมอริน (30 มิลลิกรัมต่อลิตร) และสารละลายสารส้ม (95 มิลลิกรัมต่อลิตร) 30 องศาเซลเซียส MLR 1:100

ค. การใช้สารช่วยติดสีหลังย้อม (post-mordanting) นำเส้นไหมจากข้อ 2.3.1 มาย้อมด้วยสารละลายมอริน (30 มิลลิกรัมต่อลิตร) 30 องศาเซลเซียส MLR 1:100 นำเส้นไหมบิดน้ำออกพอหมาด ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเส้นไหมมาย้อมด้วยสารละลายสารส้ม (95 มิลลิกรัมต่อลิตร) 30 องศาเซลเซียส MLR 1:100

จากการศึกษาพบว่าวิธีการย้อมโดยใช้สารช่วยติดสีขณะย้อมให้ผลดีที่สุดและใช้ปริมาณสารส้มน้อยกว่าเมื่อใช้วิธีใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อม ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในหัวข้อ 3.1.5 ดังนั้นการศึกษาคู่จับสีมอรินโดยเส้นไหมตลอดการทดลองนี้จึงเลือกใช้วิธีการย้อมโดยใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม

2.3.3 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยมอรินและสีสกัดจากแก่นแกลแล

เตรียมสารละลายสีสกัด(จากผงสีสกัดสำเร็จรูป)ให้มีความเข้มข้น 1000 mg/L ในน้ำ deionized เพื่อใช้ในการศึกษาคู่จับสีสกัดโดยเส้นไหม ได้ทำการศึกษาผลความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสี ผลของ pH อัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR) เวลาที่เหมาะสม และ อุณหภูมิ

2.3.3.1 การศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ทางเคมีของการคู่จับ Al-morin บนเส้นไหม

ได้นำผลการศึกษาสารเชิงซ้อน Al-morin ในข้อ 2.2.4 มาใช้ในการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ทางเคมีของการคู่จับ Al-morin บนเส้นไหม ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2.3.3.2 การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการย้อมสีสกัดจากแก่นแกลแลบนเส้นไหม

การศึกษาคู่จับสีสกัดของสารละลายสีย้อมจากแก่นแกลแลบนเส้นไหม ทำโดยเปิดสารละลายสีสกัด ที่ความเข้มข้นตามต้องการมา 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 mL แต่ละใบ (ปรับ pH = 4.0) จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องเขยาควนอุณหภูมิ(อัตราการเขย่า 150

strokes/min. ควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการ) ที่ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำเส้นไหม (0.5 g ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิเดียวกันกับสารละลายสีสกัด) ลงไปย้อม เมื่อครบเวลาในการย้อมแล้ว นำเส้นไหมออกจากสารละลายสีสกัดทันที (ทำการทดลอง ระยะเวลาจาก 0 ถึง 120 นาที) สารละลายสีสกัดไปทำการวัดความเข้มข้นของสารละลายสีที่เวลา 0 นาที และที่เวลาต่างๆ ด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ค่าความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{\max}) 415 nm และคำนวณปริมาณสีที่ถูกดูดซับบนเส้นไหม (q_t , mg/g) โดยสมการ (2.1)

$$q_t = (C_0 - C_t) \frac{V}{W} \quad (2.1)$$

เมื่อ C_0 และ C_t คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นที่เวลาใดๆ ของสารละลายสี (mg/L)

V คือ ปริมาตรของสารละลาย (L)

W คือ น้ำหนักของเส้นไหมที่ใช้ (g)

2.3.3.3 การศึกษาสมมูลของการย้อมสีสกัดจากแก่นแกลแลบนเส้นไหม

ในการศึกษาสมมูลของการดูดซับสารละลายสีย้อมบนเส้นไหม ทำโดยเปิดสารละลายสีสกัดที่ความเข้มข้นที่ต้องการ(ปรับ pH = 4.0) มา 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ หลังจากทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที นำเส้นไหม (น้ำหนัก 0.5 g) ลงไปย้อมเป็นเวลา 60 นาที (จากการศึกษาในข้อ 2.3.3.2 พบว่าการดูดซับเข้าสู่สมมูลที่ 60 นาที) จากนั้นนำเส้นไหมออกจากสารละลายสีสกัด นำสารละลายสีสกัดไปทำการวัดความเข้มข้นของสารละลายสีที่เวลา 0 นาที และที่เวลาสมมูล (60 นาที) ด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ค่าความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{\max}) 415 nm และคำนวณปริมาณสีที่ถูกดูดซับบนเส้นไหม (q_e , mg/g) โดยสมการ (2.2)

$$q_e = (C_0 - C_e) \frac{V}{W} \quad (2.2)$$

เมื่อ C_0 และ C_e คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นที่สมมูล ของสารละลายสี (mg/L)

V คือ ปริมาตรของสารละลาย (L)

W คือ น้ำหนักของเส้นไหมที่ใช้ (g)

2.4 การย้อมเส้นไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกลแลโดยกลุ่มแม่บ้าน

2.4.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการย้อมสีสกัดจากแก่นแกลแลร่วมกับชุมชน

1) เส้นไหม

- ไหมเกรด A ผลิตจากโรงงาน ชื้อจาก อ. พล จ.ขอนแก่น (ใช้เป็นเส้นยืน)

- ไหมเกรด A ของชาวบ้าน บ้านห้วยทราย อ. คง จ. นครราชสีมา (ใช้เป็นเส้นพุ่ง)
- ไหมเปลือกนอกของชาวบ้าน บ้านห้วยทราย อ. คง จ. นครราชสีมา (ใช้เป็นเส้นพุ่ง)
- 2) ถังย้อมสแตนเลส (Stainless steel) ทรงกระบอกขนาด 30 ลิตร
- 3) ห่วงสำหรับคล้องไหมในการย้อม
- 4) แท่งเหล็กคน
- 5) เขี่ยกตวงน้ำที่มีขีดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร
- 6) ถังน้ำพลาสติกจุ 10 ลิตร
- 7) เครื่องชั่ง
- 8) บีกเกอร์ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
- 9) แก่นแกแล ซื้อมาจากร้านน้องหญิง จ. สุรินทร์
- 10) สารส้ม (Alum; $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) commercial grade

2.4.2 ขั้นตอนการย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกแล

ในการทดลองนี้ได้นำเงื่อนไขที่ย้อมติดสีได้ดีในห้องทดลองไปถ่ายทอดให้กลุ่มแม่บ้าน

- บ้านห้วยทราย ต.หนองมะนาว อ. คง จ. นครราชสีมา
- บ้านหนองหอย ต. กุดชุมแสง อ. หนองบัวแดง จ. ชัยภูมิ
- บ้านนาชุมแสง ต. กุดชุมแสง อ. หนองบัวแดง จ. ชัยภูมิ

โดยเปรียบเทียบวิธีการย้อม 3 วิธี ได้แก่ การย้อมแบบเติมสารช่วยติดสีก่อนย้อม (pre-mordanting) เติมสารช่วยติดสีขณะย้อม (simultaneous mordanting) และเติมสารช่วยติดสีหลังย้อม (post-mordanting) โดยทำการส่งผ้าไหมที่ทอได้จากการย้อมด้วยวิธีดังกล่าวไปทดสอบคุณภาพความคงทนของสีต่อแสง การซักล้างของเส้นไหม ณ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ขั้นตอนการย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกแล

- 1) เตรียมเส้นไหมที่ผ่านการกำจัดซิริซิน แล้ว มาแช่ในน้ำเย็นประมาณ 30 นาที
- 2) เตรียมน้ำสี โดยการเติมสีผงสกัดจากแก่นแกแล ในอัตราส่วนสีสกัด 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ในน้ำอุ่น
- 3) เตรียมสารส้ม (สารช่วยติดสี) โดยละลายสารส้มที่บดละเอียดอัตราส่วนสารส้ม 2.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ในน้ำอุ่น
- 4) ปริมาณเส้นไหมที่ใช้ในการย้อม อัตราส่วน 50 กรัม ต่อน้ำสี 1 ลิตร

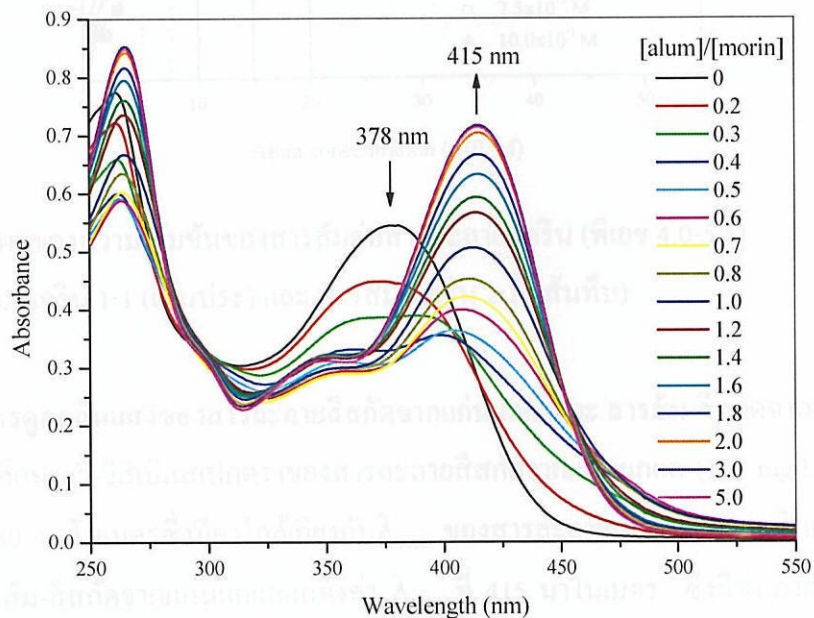
บทที่ 3

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

3.1 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสีมอรินและสารสกัดจากแก่นแกแล

3.1.1 การดูดกลืนแสงของสารละลายมอรินและสารส้ม-มอริน

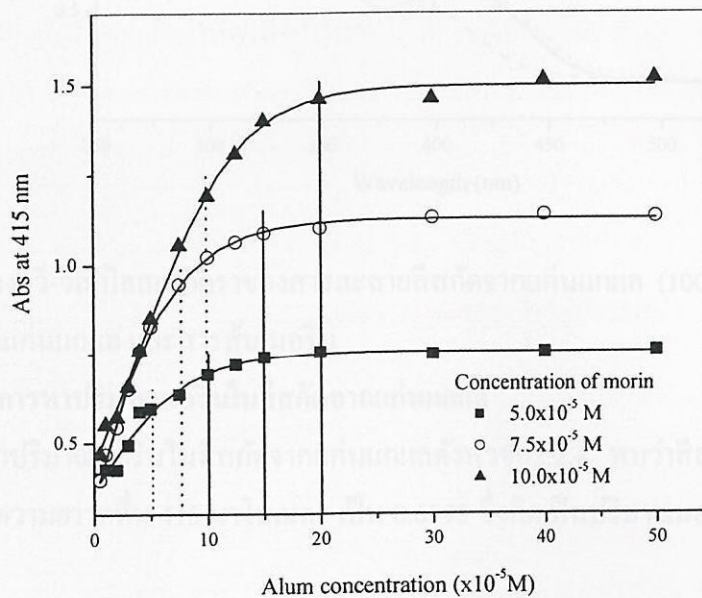
ได้ทำการศึกษาการดูดกลืนแสงของสารละลายมอรินและสารส้ม-มอริน ที่ pH 4.0-5.5 โดยใช้เครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่าแอมพลิจูดของสเปกตรัมของมอรินมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 378 นาโนเมตร และ 261 นาโนเมตร และเมื่อเติมสารส้มลงไปในสารละลายมอริน จะพบ band ใหม่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร (ดังรูปที่ 3.1) ค่าการดูดกลืนแสงของมอรินที่ความยาวคลื่น 378 นาโนเมตรจะลดลง ขณะที่ band ใหม่ ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารส้มที่เติมลงไป (ดังรูปที่ 3.1) ดังนั้นในการศึกษาการดูดซับสีมอรินที่มีสารส้มเป็นตัวช่วยติดสีจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร



รูปที่ 3.1 แสดงอเล็กโทรนิคสเปกตรัมของสารละลายมอริน (5.0×10^{-5} M) และสารส้ม-มอริน (ความเข้มข้นของสารส้ม 0-250 μ M) ที่ pH 4.0-5.5

3.1.2 ผลของความเข้มข้นของสารส้มต่อสารละลายมอริน

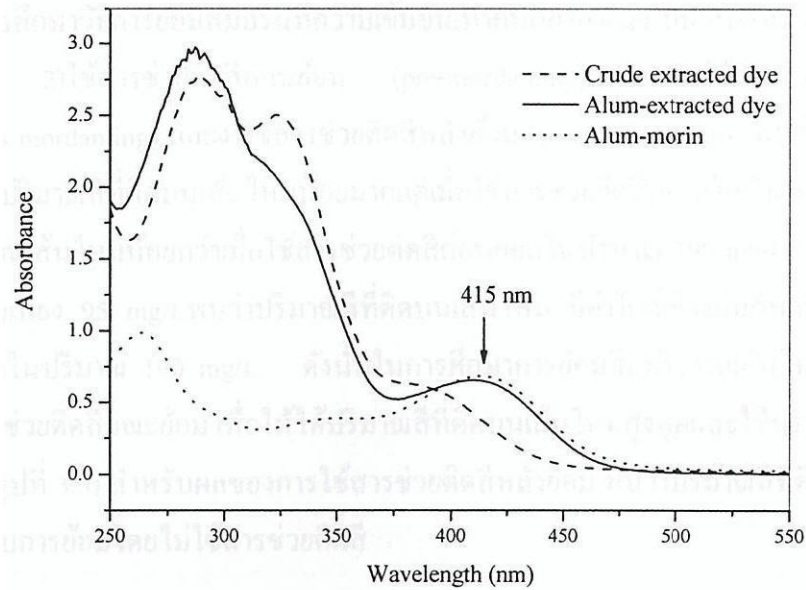
เมื่อเติมสารละลายสารส้มที่ความเข้มข้น $0-2.5 \times 10^{-4}$ M ในปริมาณต่างๆลงในสารละลายมอริน ที่ความเข้มข้นต่างๆ ($5.0-10.0 \times 10^{-5}$ M) พบว่าค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร เพิ่มขึ้นตามปริมาณสารส้มที่เพิ่มขึ้น เช่นที่อัตราส่วนของ สารส้ม-มอริน 1:1 (เส้นประ) และเริ่มคงที่ที่อัตราส่วนของ สารส้ม-มอริน เป็น 2:1 (เส้นทึบ) ที่ทุกความเข้มข้นของมอริน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ดังนั้นในการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ทางเคมีของการย้อมจึงเลือกใช้อัตราส่วนของ สารส้ม-มอรินเป็น 2:1



รูปที่ 3.2 แสดงผลของความเข้มข้นของสารส้มต่อสารละลายมอริน (พีเอช 4.0-5.5) สารส้ม-มอริน 1:1 (เส้นประ) และ สารส้ม-มอริน 2:1 (เส้นทึบ)

3.1.3 การดูดกลืนแสงของสารละลายสีสกัดจากแก่นแกลและ สารส้ม-สีสกัดจากแก่นแกล

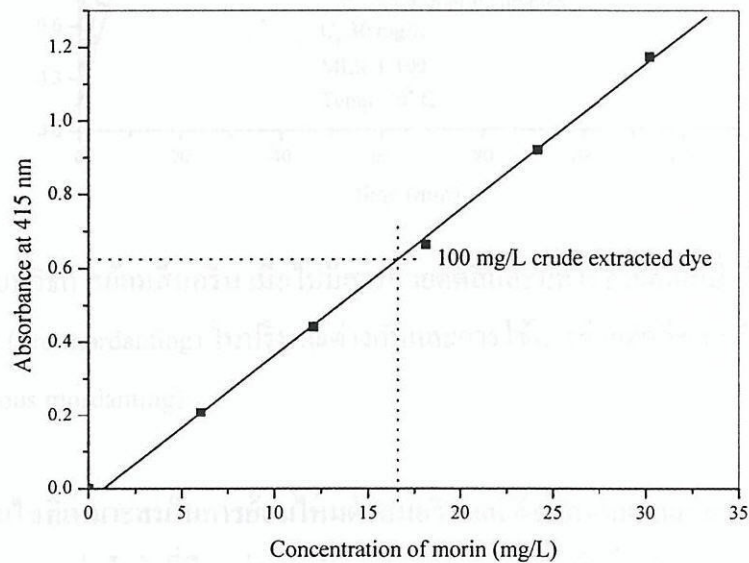
จากการศึกษาวิธี-วิสิเบิลสเปกตร้าของสารละลายสีสกัดจากแก่นแกล (100 mg/L) พบว่าแสดงค่า λ_{\max} ที่ 380 นาโนเมตรซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ λ_{\max} ของสารละลายมอริน (378 นาโนเมตร) ส่วนสารละลายสารส้ม-สีสกัดจากแก่นแกลแสดงค่า λ_{\max} ที่ 415 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ λ_{\max} ของสารละลายสารส้ม-มอริน (415 นาโนเมตร) จากรูปที่ 3.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากแก่นแกลน่าจะมีส่วนประกอบหลักเป็นสารมอริน (3)



รูปที่ 3.3 แสดงยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมของสารละลายสีสกัดจากแก่นแกลแล (100 mg/L) สารส้ม-สีสกัดจากแก่นแกลแล และสารส้ม-มอริน

3.1.4 การหาปริมาณมอรินในสีสกัดจากแก่นแกลแล

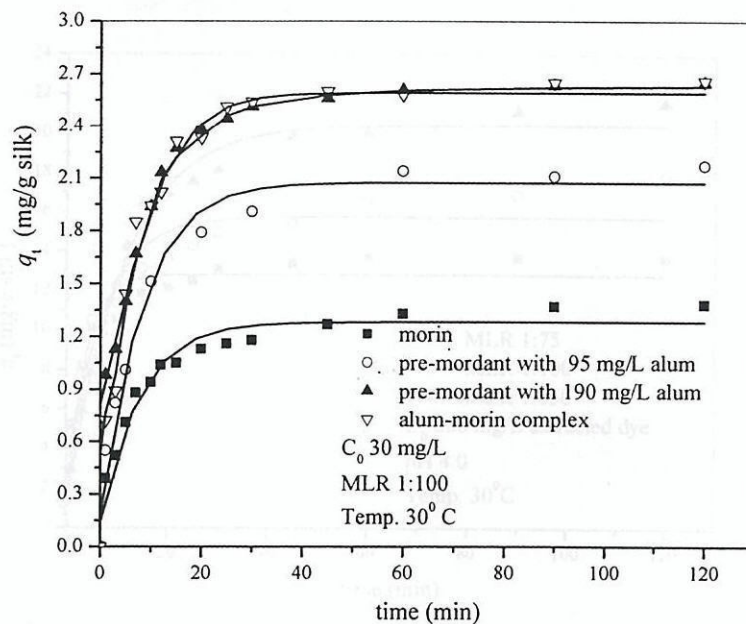
การหาปริมาณมอรินในสีสกัดจากแก่นแกลแลดังหัวข้อ 2.2.4 พบว่าสีสกัด 100 mg/L มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร เป็น 0.6393 ซึ่งคิดเป็นปริมาณมอรินร้อยละ 17 (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 แสดงการหาปริมาณมอรินในสีสกัดจากแก่นแกลแล

3.1.5 การเปรียบเทียบวิธีการย้อมสีมอรินบนเส้นไหม

จากการศึกษาวิธีการย้อมสีมอรินที่ความเข้มข้นเท่ากันคือ 30 mg/L บนเส้นไหม 4 วิธีคือ 1) ไม่มีสารช่วยติดสี 2) ใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อม (pre-mordanting) 3) ใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม (simultaneous mordanting) และ 4) ใช้สารช่วยติดสีหลังย้อม (post-mordanting) พบว่าเมื่อไม่เติมสารช่วยติดสีจะมีปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมน้อยมากแต่เมื่อใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อมในปริมาณ 95 mg/L จะปริมาณสีบนเส้นไหมน้อยกว่าเมื่อใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อมในปริมาณ 190 mg/L แต่ถ้าใช้สารช่วยติดสีขณะย้อมเพียง 95 mg/L พบว่าปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหม มีค่าใกล้เคียงกันกับกรณีที่ใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อมในปริมาณ 190 mg/L ดังนั้นในการศึกษาการย้อมสีมอรินบนเส้นไหมครั้งนี้จึงเลือกวิธีการใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม เพื่อให้ได้ปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมสูงสุดและใช้ปริมาณสารช่วยติดสีน้อยที่สุด (รูปที่ 3.5) สำหรับผลของการใช้สารช่วยติดสีหลังย้อม พบว่าปริมาณสีที่ติดบนเส้นไหมมีค่าใกล้เคียงกับการย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติดสี



รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบวิธีการย้อมสีมอริน เมื่อไม่มีสารช่วยติดสีและมีสารช่วยติดสีเมื่อใช้สารช่วยติดสีก่อนย้อม (pre-mordanting) ในปริมาณต่างกันและการใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม (simultaneous mordanting)

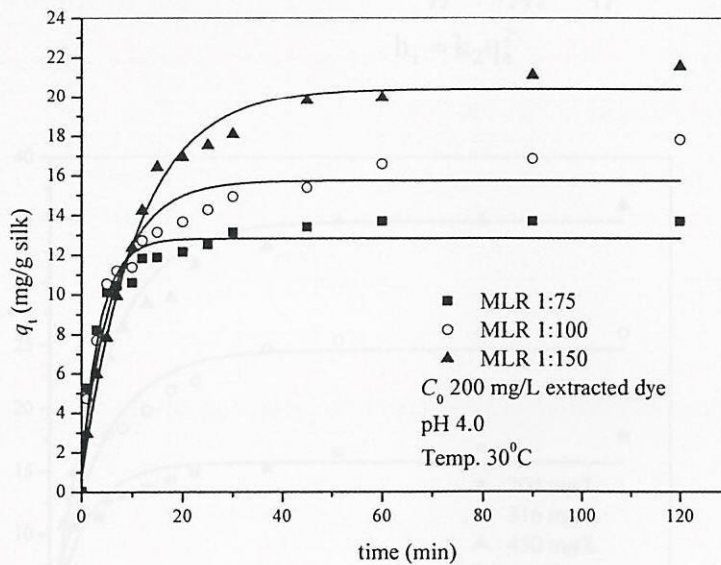
3.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยมอรินและสีสกัดจากแก่นแกลด

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการย้อม ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีและสารช่วยติดสี pH ของสารละลายสี อัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (Material to Liquor Ratio; MLR) เวลาที่ใช้ในการย้อม และอุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ทำการหา

เงื่อนไขที่เหมาะสมในการย้อมไหมด้วยมอรินแล้วจึงนำเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดไปประยุกต์ใช้กับสีสกัดจากแก่นแกลดดังนี้

3.2.1 ผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR)

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR) ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีสกัดเริ่มต้น 200 mg/L pH 4.0 และอุณหภูมิ 30°C (รูปที่ 3.6) พบว่าปริมาณสีที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของสารละลายสีที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากที่ปริมาตรของสารละลายสีสูงกว่าเส้นไหมจะมีความสามารถในการกระจายตัวได้ดีกว่า และทำให้สารละลายสีถูกดูดซับที่ผิวของเส้นไหมได้ดีกว่าที่ MLR ต่ำกว่า ตารางที่ 3.1 แสดงค่าคงที่อัตราของสมการ pseudo first-order และ pseudo second-order พบว่าข้อมูลจากสมการ pseudo second-order แสดงค่า linear regression coefficients, $R^2 > 0.98$ และพบว่าค่าความจุของการดูดซับ (adsorption capacity values, $q_{e,cal}$) สำหรับสมการ pseudo second-order มีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากการทดลองมากกว่าสมการ pseudo first-order



รูปที่ 3.6 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR) ต่อการดูดซับสารสีและสีสกัดบนเส้นไหม

จากรูปที่ 3.6 พบว่า MLR 1:150 มีปริมาณสีที่ถูกดูดซับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ MLR 1:100 และ 1:75 แต่อย่างไรก็ตามเพื่อลดปริมาณของน้ำสีที่เหลือจากการย้อม ในการศึกษาผลของควาเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสี และอุณหภูมิจึงเลือกใช้ MLR 1:100

3.2.2 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายและเวลาสัมผัส

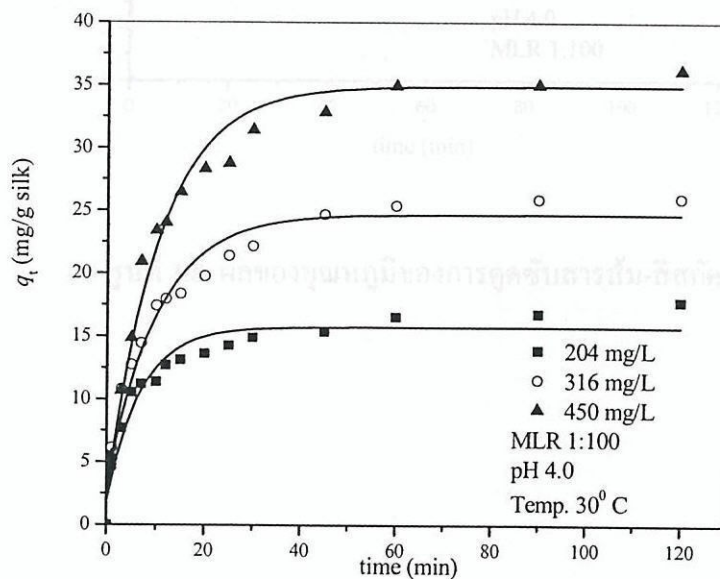
การศึกษาผลของเวลาสัมผัส และความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายแสดงในรูปที่ 3.7 พบว่าค่าความจุการดูดซับ ($q_{e,exp}$) เพิ่มขึ้นจาก 17.8-38.2 mg/g เส้นไหม เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก 200-450 mg/L ที่ MLR 1:100 พีเอช 4.0 และอุณหภูมิ 30°C ระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลคือ 60 นาที และจากตารางที่ 3.1 พบว่าค่าคงที่อัตราของสมการ pseudo second-order แสดงค่า linear regression coefficients, R^2 สูงกว่าสมการ pseudo first-order และพบว่าค่าความจุของการดูดซับ (adsorption capacity values, $q_{e,cal}$) สำหรับสมการ pseudo second-order มีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากการทดลองมากกว่าสมการ pseudo first-order นอกจากนี้ยังพบว่าสำหรับสมการ pseudo second-order ค่าคงที่อัตราลดลงเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าคงที่อัตราเริ่มต้น (initial adsorption rate, h_i) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น

$$\text{สมการ pseudo first-order} \quad \ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$$

$$\text{สมการ pseudo second-order} \quad \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

โดย

$$h_i = k_2 q_e^2$$

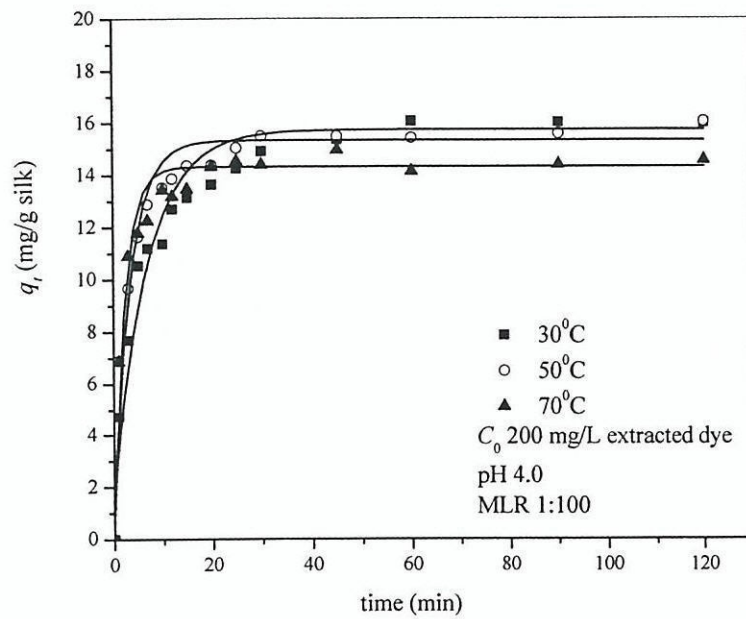


รูปที่ 3.7 ผลของเวลาสัมผัสและความเข้มข้นเริ่มต้นของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหม

3.2.3 ผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหมที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย 200 mg/L พีเอช 4.0 MLR 1:100 ในช่วงอุณหภูมิ 30-70 °C (รูปที่ 3.8) พบว่าเมื่อ

อุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าคงที่อัตราเริ่มต้น (initial adsorption rate, h_i) เพิ่มขึ้นด้วย และพบว่าก่อนปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุล เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่เมื่อหลังสมดุลพบว่าปริมาณการดูดซับลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่าปฏิกิริยาการดูดซับสีบนเส้นไหมเป็นแบบคายความร้อน และจากตารางที่ 3.1 พบว่าค่าคงที่อัตราของสมการ pseudo second-order แสดงค่า linear regression coefficients, R^2 สูงกว่าสมการ pseudo first-order แสดงว่ากระบวนการดูดซับเป็นไปตามกลไกของ pseudo second-order model



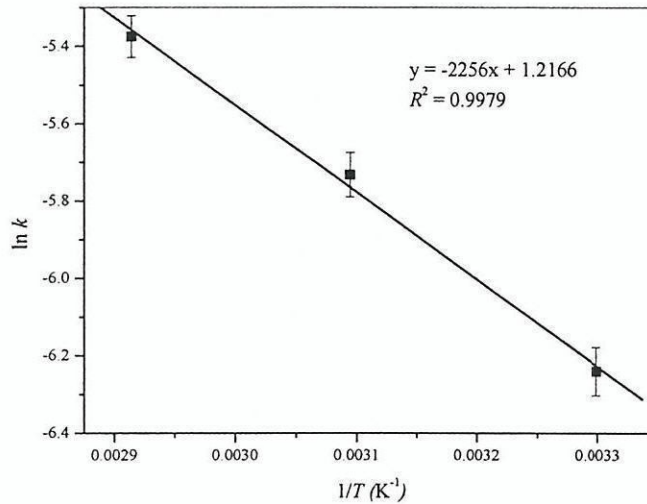
รูปที่ 3.8 ผลของอุณหภูมิของการดูดซับสารสี-สีสกัดบนเส้นไหม

ตาราง 3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าคงที่อัตราของสมการ pseudo first-order และ pseudo second-order ค่า $q_{e,cal}$ และ $q_{e,exp}$ ที่ MLR ความเข้มข้นเริ่มต้น และ อุณหภูมิต่างๆ กันของการดูดซับสารสี-สียักคอบนเส้นไหม

พารามิเตอร์	$q_{e,exp}$ (mg/g silk)	First-order kinetic model			Second-order kinetic model			
		k_1	$q_{e,cal}$ (mg/g silk)	R^2	k_2	h_1	$q_{e,cal}$ (mg/g silk)	R^2
<i>MLR: ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) 200 mg/L; พีเอช 4.0; อุณหภูมิ 30°C</i>								
1:75	13.68	0.0784	6.46	0.9320	0.0351	6.56	13.68	0.9975
1:100	17.80	0.0460	10.41	0.9103	0.0199	5.14	16.08	0.9968
1:150	24.00	0.0454	19.17	0.9185	0.0050	2.78	23.58	0.9862
<i>ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L): MLR 1:100; พีเอช 4.0; อุณหภูมิ 30°C</i>								
200	17.80	0.0460	10.41	0.9103	0.0199	5.14	16.08	0.9968
316	26.02	0.0531	17.32	0.9616	0.0094	5.76	24.75	0.9946
450	38.20	0.0484	37.75	0.9744	0.0040	5.67	37.74	0.9932
<i>อุณหภูมิ 30°C: ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) 200 mg/L ; พีเอช 4.0; MLR 1:100</i>								
30	17.80	0.0460	10.41	0.9103	0.0199	5.14	16.08	0.9968
50	16.45	0.0697	7.18	0.9205	0.0330	8.65	16.18	0.9988
70	15.56	0.0648	5.64	0.8616	0.0472	10.81	15.13	0.9991

3.2.4 พลังงานกระตุ้น (E_a) ของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหม

พลังงานกระตุ้น (E_a) ของการดูดซับสามารถคำนวณได้จากสมการอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) ค่า E_a สามารถคำนวณได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln k$ และ $1/T$ ดังรูปที่ 3.9 และค่า E_a ของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหมเท่ากับ 18.73 kJ/mol (ตาราง 3.2)



รูปที่ 3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln k$ และ $1/T$

ตาราง 3.2 แสดงพลังงานกระตุ้น (E_a) ของการดูดซับสารส้มและสีสกัดบนเส้นไหม

อุณหภูมิ (°C)	k_2 (g silk/mg second)	E_a (kJ/mol)	R^2
30	0.0199		
50	0.0330	18.73	0.9959
70	0.0472		

3.2.5 เทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม

เพื่อสนับสนุนกระบวนการดูดซับแบบคายความร้อน (exothermic process) ของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม ค่าพลังงานอิสระของกิบส์ (ΔG°) เอนทัลปี (ΔH°) และเอนโทรปี (ΔS°) ของการดูดซับสามารถคำนวณได้จากสมการ $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ ค่าที่ได้แสดงในตาราง 3.3 พบว่าค่า ΔH° ที่ได้เป็นลบแสดงว่ากระบวนการดูดซับเป็นแบบคายความร้อน ส่วน ΔG° มีค่าเป็นลบแสดงว่ากระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองได้ (spontaneous process)

ตาราง 3.3 เทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับสารส้ม-สีสกัดบนเส้นไหม

อุณหภูมิ (°C)	$\ln K_c$	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (J/mol K)	R^2
30	8.87	-22.35			
50	8.50	-22.84	-14.16	-30.75	0.9995
70	8.21	-23.15			

3.3 การย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกลแลแบบขยายสเกลในชุมชน

จากการทดลองเปรียบเทียบวิธีการย้อมสีผงสำเร็จรูปจากแก่นแกลแล โดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี โดยมีเงื่อนไขของการเติมสารช่วยติดสี คือ pre-mordanting, simultaneous mordanting และ post-mordanting แล้วทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง ผลการทดสอบแสดงในตาราง 3.4 ซึ่งพบว่าวิธีการเติมสารช่วยติดสีทั้ง 3 แบบ ดังกล่าว ค่าความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง มีค่าไม่แตกต่างกัน

ตาราง 3.4 ผลทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง

เงื่อนไขการเติมสารช่วยติดสี	ความคงทนของสีต่อการซัก*			ความคงทนของสีต่อแสง**
	สีเปลี่ยนจากระดับเดิม	สีตกติดผ้าขาว		
		ฝ้าย	ไหม	
Pre-mordanting	4	3-4	4	2-3
Simultaneous mordanting	4	3-4	3-4	2-3
Post-mordanting	4	3-4	4	2-3

หมายเหตุ * ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C01 : 1998(E)

** ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994(E)

บทที่ 4

บทสรุป

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการดูดซับของสีสกัดจากแก่นแกลบบนเส้นไหม พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าความจุของการดูดซับที่เหมาะสมที่สุดคือ สารละลายสีมีพีเอช 4 อัตราส่วนของเส้นไหมต่อสารละลายสี (MLR) เท่ากับ 1:100 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลาในการย้อม 60 นาทีและ จากการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายสีเริ่มต้นเพิ่มขึ้นค่าความจุของการดูดซับสีจะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าค่าคงที่อัตราการดูดซับเริ่มต้น (k_1) ของสีบนเส้นไหมสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการย้อมเพิ่มขึ้น และยังพบว่าการดูดซับสีบนเส้นไหมเป็นแบบ pseudo second-order พลังงานก่อกัมมันต์ของการดูดซับมีค่าเท่ากับ 18.73 kJ/mol พลังงานอิสระกิบส์ (ΔG°) และ เอนทัลปี (ΔH°) ของการดูดซับมีค่าเท่ากับ -22.84 และ -14.16 kJ/mol ตามลำดับ และเอนโทรปี (ΔS°) มีค่าเท่ากับ -30.75 J/mol K

การนำผลการศึกษาไปทดลองใช้กับกลุ่มแม่บ้าน 3 กลุ่ม ในจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ ในระดับครัวเรือน โดยเมื่อใช้ไหมหนัก 1 กิโลกรัม ค่า MLR 1:100 ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

บรรณานุกรม

1. Moeyes, M. (1993). Natural dyeing in Thailand. White Lotus: Thailand.
2. Lemmens, R.H.M.J., and Wulijarni-Soetjipto, N. (1992). Plant resources of South-East Asia 3: Dye and tannin-producing plants. Bogor Indonesia: Prosea
3. Dechsree, S. 1998. Isolation of active components against herpes simplex virus from *Maclura cochinchinensis* (Lour.) Corner heartwood. [MS Thesis in Pharmacy (Pharmacognosy)] Bangkok; Faculty of Graduate studies, Mahidol University.
4. Murti, V.V.S., Seshadri, T. R., and Sivakumaran, S. (1972). Cudranixanthone and butyrospermol acetate from the roots of *Cudrania javanensis*. Phytochemistry. 11. 2089-2092.
5. Sun, N. J., Chang, C. J., and Cassady, J. M. (1988). A cytotoxic isoflavone from *Cudrania cochinchinensis*. Phytochemistry. 27. 3. 951-952.
6. Chang, C. H., Lin, C. C., Kawata, Y., Hattori, M., and Namba, T. (1989). Prenylated xanthenes from *Cudrania cochinchinensis*. Phytochemistry. 28. 10. 2823-2826.
7. Chang, C. H., Lin, C. C., Hattori, M., and Namba, T. (1989). Four prenylated xanthenes from *Cudrania cochinchinensis*. Phytochemistry. 28. 2. 595-598.
8. Hou, A. J., Fukai, T., Shimazaki, M., Sakagami, H., Sun, H. D., and Nomura, T. (2001). Benzophenones and xanthenes with isoprenoid groups from *Cudrania cochinchinensis*. J. Nat. Prod. 64. 65-70.
9. Fukai, T., Yonekawa, M., Hou, A. J., Nomura, T., Sun, H. D., and Uno, J. (2003). Antifungal agents from the roots of *Cudrania cochinchinensis* against *Candida*, *Cryptococcus*, and *Aspergillus* species. J. Nat. Prod. 66. 1118-1120.
10. Cristea, D., Barea, I. and Vilarem, G. (2003). Dyes and Pigments. 57. 267-272.
11. Smith, G. J., Thomsen, S. J., Markham, K. R., Andary, C. and Cardon, D. (2000). Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 136. 87-91.
12. Orska-Gawrys, J., Surowiec, I., Kehl, J., Rejniak, H., Urbaniak-Walczak, K. and Trojanowicz, M. (2003). Journal of Chromatography A. 989. 239-248.
13. Kongkachuichay, P., Shitangkoon, A. and Chinwongamorn, N. (2003). Dyes and Pigments 53. 179-185.

14. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., Rattanaphani, V. (2005) Dyes and Pigments 64(3), 231-241.
15. Rattanaphani, S., Chairat, M., Bremner, J. B., Rattanaphani, V. (2007) Dyes and Pigments 72(1), 88-96.
16. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., Rattanaphani, V. (2008) Dyes and Pigments 76(2), 435-439.
17. Bechtold, T., Turcanu, A., Ganglberger, E. and Geissler, S. (2003). Journal of Cleaner Production. 11. 499-509.
18. Angelini, L. G., Bertoli, A., Rolandelli, S. and Pistelli, L. (2003). Industrial Crops and Products. 17. 199-207.

ภาคผนวก

รูปที่ ๑๐๖. ภาพถ่ายของพื้นที่ที่มีการกัดเซาะรุนแรงบริเวณริมถนนสาย ๓๐๖ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดการย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกลด ที่ชุมชนบ้านห้วยทราย

ต.หนองมะนาว อ.คง จ. นครราชสีมา



ภาคผนวก ข

ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดการย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแกล่ กลุ่มชนบ้านหนองหอย

ต. กุดชุมแสง อ. หนองบัวแดง จ. ชัยภูมิ



ภาคผนวก ค

ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดการย้อมไหมด้วยสีสกัดจากแก่นแก่แล กลุ่มชนบ้านนาชุมแสง

ต. กุดชุมแสง อ.หนองบัวแดง จ. ชัยภูมิ



ภาคผนวก ง

ประวัติของหัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ผลงานจากโครงการวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ ดังนี้

รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 37-30-0013

เอกสารแนบ 1. Septhum, C., J. Morgan, L. Hick, J. B. Bremner, S. Rattanaphani, and V. Rattanaphani. (2007). Detection of Al(III) and Ga(III) Complexes with Morin by Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Sciences*. 23. 10. 1209-1214

เอกสารแนบ 2. Septhum, C., S. Rattanaphani, J.B. Bremner,, and V. Rattanaphani. (2009). An Adsorption Study of Alum-morin Dyeing onto Silk Yarn. *Fibers and Polymers*, 10(4): 481-487.

ปริญญาตรี 2511 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

Coordination compounds, สารประกอบพิกเมนต์, อุตสาหกรรมสิ่งทอ

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

1. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2008) Adsorption kinetic study of lac dyeing on cotton. *Dyes and Pigments*. 439-435 (2)76
2. Septhum, C., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2007) An adsorption study of Al(III) ions onto chitosan. *Journal of Hazardous Materials*. (2-1)148-191-135
3. Septhum, C., Morgan, J., Hick, L., Bremner, J. B., Rattanaphani, S., and Rattanaphani, V. (2007) Detection of Al(III) and Ga(III) Complexes with Morin by Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Sciences*. 1214-1209 (23)
4. Rattanaphani, S., Chairat, M., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2007) An adsorption and thermodynamic study of lac dyeing on cotton pretreated with chitosan. *Dyes and Pigments*. 96-88 (1)72
5. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2005) An adsorption and kinetic study of lac dyeing on silk. *Dyes and Pigments*. 74-711 (3)64

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติของหัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร รัตนพานี (Associate Professor Dr. Vichitr Rattanaphani)
รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 37-30-0013
ที่อยู่ สาขาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224254 โทรสาร 044-224185
E-mail address vichitr@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก 2516 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยแอตแลนติก อังกฤษ

ปริญญาตรี 2511 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Coordination compounds, สารประกอบคีบูก, คุณภาพน้ำ, สิ่งแวดล้อม

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

1. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2008) Adsorption kinetic study of lac dyeing on cotton. Dyes and Pigments, .439-435 :(2)76
2. Septhum, C., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2007) An adsorption study of Al(III) ions onto chitosan. Journal of Hazardous Materials, :(2-1)148 .191-185
3. Septhum, C., Morgan, J., Hick, L., Bremner, J. B., Rattanaphani, S., and Rattanaphani, V. (2007) Detection of Al(III) and Ga(III) Complexes with Morin by Electrospray Ionization Mass Spectrometry. Analytical Sciences, .1214-1209 :23
4. Rattanaphani, S., Chairat, M., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2007) An adsorption and thermodynamic study of lac dyeing on cotton pretreated with chitosan. Dyes and Pigments, .96-88 :(1)72
5. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2005) An adsorption and kinetic study of lac dyeing on silk. Dyes and Pigments, .241-231 :(3)64

ประวัติของผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวณีย์ รัตนพานี (Associate Professor Dr. Saowanee Ratthanaphani)

รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38-30-0050

ที่อยู่ สาขาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224254 โทรสาร 044-224185

E-mail address saowanee@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก 2516 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยอีสตัน อังกฤษ

ปริญญาตรี 2513 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Chemical Kinetics, molecular adsorption, สิ่งแวดล้อม, สารตัวนำยิ่งยวด

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

1. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2008). Adsorption kinetic study of lac dyeing on cotton. *Dyes and Pigments*, 76(2): 435-439.
2. Septhum, C., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2007). An adsorption study of Al(III) ions onto chitosan. *Journal of Hazardous Materials*, 148(1-2): 185-191.
3. Septhum, C., Morgan, J., Hick, L., Bremner, J. B., Rattanaphani, S., and Rattanaphani, V. (2007). Detection of Al(III) and Ga(III) Complexes with Morin by Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Sciences*, 23: 1209-1214.
4. Rattanaphani, S., Chairat, M., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2007). An adsorption and thermodynamic study of lac dyeing on cotton pretreated with chitosan. *Dyes and Pigments*, 72(1): 88-96.
5. Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J. B., and Rattanaphani, V. (2005). An adsorption and kinetic study of lac dyeing on silk. *Dyes and Pigments*, 64(3): 231-241.

ประวัติของผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. สายสุนีย์ เหลี้ยวเรืองรัตน์ (Associate Professor Saisunee Liawruangrath)

รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38300044

ที่อยู่ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

โทรศัพท์ 053-944341-5 ต่อ 126 โทรสาร 053-892277

E-mail address saislwrn@chiangmai.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก 2523 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม อังกฤษ

ปริญญาโท 2519 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม อังกฤษ

ปริญญาตรี 2513 สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

New Ceramics, Environmental, Flow Injection Analysis, Natural Product Chemistry
ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

1. Thongchai, W., Liawruangrath, B., and Liawruangrath, S. (2009). Flow injection analysis of total curcuminoids in turmeric and total antioxidant capacity using 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay. *Food Chemistry*, 112(2): 494-499.
2. Chuesaard, T., Wonganan, T., Wongchanapiboon, T., and Liawruangrath, S. (2009). Reversed flow injection spectrophotometric determination of chlorate. *Talanta*, 79(4): 1181-1187.
3. Kruanetr, S., Tengjaroenkul, U., Liawruangrath, B., and Liawruangrath, S. (2008). A cleaner and simple spectrophotometric micro-fluidic procedure for copper determination using nitroso-R salt as chromogenic agent. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 70(5): 1134-1140.
4. Kruanetr, S., Liawruangrath, S., and Youngvises, N. (2007). A simple and green analytical method for determination of iron based on micro flow analysis. *Talanta*, 73(1): 46-53.
5. Thanasarakhan, W., Liawruangrath, S., Wangkarn, S., and Liawruangrath, B. (2007). Sequential injection spectrophotometric determination of zinc (II) in pharmaceuticals based on zinc(II)-PAN in non-ionic surfactant medium. *Talanta*, 71(5): 1849-1855.